



## Células solares

Porque desperdiçamos tempo perfurando petróleo e cavando carvão quando há uma gigantesca central elétrica no céu acima de nós, enviando energia limpa e ininterrupta de graça? O Sol, uma bola incandescente de energia nuclear, tem combustível suficiente para conduzir nosso Sistema Solar por mais cinco bilhões de anos - e os painéis solares podem transformar essa energia em um suprimento conveniente e ilimitado de eletricidade.

A energia solar pode parecer estranha ou futurista, mas já é bastante comum. Você pode ter um relógio de quartzo movido a energia solar no pulso ou uma calculadora de bolso movida a energia solar. Muitas pessoas têm luzes movidas a energia solar em seu jardim. Naves espaciais e satélites geralmente têm painéis solares também. A agência espacial norte-americana NASA até desenvolveu um avião movido a energia solar! Como o aquecimento global continua a ameaçar nosso meio ambiente, parece haver pouca dúvida de que a energia solar se tornará uma forma ainda mais importante de energia renovável no futuro. Mas como exatamente isso funciona?

Foto: o avião Pathfinder movido a energia solar da NASA. A superfície da asa superior é coberta com painéis solares leves que alimentam as hélices do avião. Imagem cortesia do NASA Armstrong Flight Research Center.

### Responsáveis

Antônio Pereira de Souza Júnior **Cel:** +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva **Cel:** +55 12 98118-9378

**Tel:** +55 12 3206-2397 **Skype:** antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

### Data

20/05/2019

## Quanta energia podemos obter do Sol?



*Foto: A quantidade de energia que podemos capturar da luz solar é mínima no nascer e no pôr do sol e no máximo ao meio-dia, quando o Sol está diretamente acima da superfície.*

A energia solar é incrível. Em média, cada metro quadrado da superfície da Terra recebe 164 watts de energia solar (um número que explicaremos com mais detalhes daqui a pouco). Em outras palavras, você poderia suportar um candeeiro de mesa realmente poderoso (150 watts) em cada metro quadrado da superfície da Terra e iluminar todo o planeta com a energia do Sol! Ou, em outras palavras, se cobríssemos apenas 1% do deserto do Saara com painéis solares, poderíamos gerar eletricidade suficiente para abastecer todo o mundo. Essa é a coisa boa da energia solar: há muito disso - muito mais do que poderíamos usar.

Mas há um lado negativo também. A energia que o Sol envia chega à Terra como uma mistura de luz e calor. Ambas são incrivelmente importantes - a luz faz as plantas crescerem, fornecendo-nos alimento, enquanto o calor nos mantém aquecidos o suficiente para sobreviver - mas não podemos usar a luz ou o calor do Sol diretamente para dirigir uma televisão ou um carro. Temos que encontrar uma maneira de converter a energia solar em outras formas de energia que podemos usar mais facilmente, como a eletricidade. E é exatamente isso que as células solares fazem.

### Responsáveis

Antônio Pereira de Souza Júnior **Cel:** +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva **Cel:** +55 12 98118-9378

**Tel:** +55 12 3206-2397 **Skype:** antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

### Data

20/05/2019

## O que são células solares?

Uma **célula solar** é um dispositivo eletrônico que captura a luz solar e a transforma diretamente em eletricidade. É do tamanho da palma de um adulto, de forma octogonal e de preto azulado colorido. As células solares são frequentemente agrupadas para formar unidades maiores chamadas **módulos solares**, elas próprias acopladas a unidades ainda maiores conhecidas como **painéis solares** (as lajes pretas ou azuis que você vê nas casas das pessoas - normalmente com centenas de células solares individuais por teto) ou picado em chips (para fornecer energia para pequenos equipamentos, como calculadoras de bolso e relógios digitais).



Foto: O telhado desta casa é coberto com 16 painéis solares, cada um composto por uma rede de  $10 \times 6 = 60$  pequenas células solares. Em um bom dia, provavelmente gera cerca de 4 quilowatts de eletricidade.

Assim como as células de uma bateria, as células de um painel solar são projetadas para gerar eletricidade; mas onde as células de uma bateria produzem eletricidade a partir de produtos químicos, as células de um painel solar geram energia capturando a luz do sol. Às vezes são chamadas de células **fotovoltaicas** porque usam a luz do sol.

FOTO – Palavra de origem grega que significa luz.

VOLTAÍCA – É uma referência ao pioneiro da eletricidade o italiano Alessandro Volta, (1745 – 1827).

FOTOVOLTAÍCA, luz para produzir Eletricidade.

### Responsáveis

Antônio Pereira de Souza Júnior Cel: +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva Cel: +55 12 98118-9378

Tel: +55 12 3206-2397 Skype: antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

### Data

20/05/2019

Podemos pensar que a luz é feita de partículas minúsculas chamadas **fótons** , então um raio de sol é como uma mangueira de fogo amarelo brilhante que dispara trilhões de trilhões de fótons em nosso caminho. Insira uma célula solar em seu caminho e ela captura esses fótons energéticos e os converte em um fluxo de elétrons - uma corrente elétrica. Cada célula gera alguns volts de eletricidade, então o trabalho de um painel solar é combinar a energia produzida por muitas células para produzir uma quantidade útil de corrente elétrica e tensão. Praticamente todas as células solares de hoje são feitas de fatias de **silício** (um dos elementos químicos mais comuns na Terra, encontrado na areia), embora, como veremos em breve, uma variedade de outros materiais possa ser usada também (ou em vez disso). Quando a luz do sol brilha em uma célula solar, a energia que ela carrega dispara elétrons do silício. Estes podem ser forçados a fluir em torno de um circuito elétrico e alimentar qualquer coisa que funcione com eletricidade. Essa é uma explicação bem simplificada! Agora vamos dar uma olhada mais de perto ...

## Como as células solares são feitas?



Foto: Uma única célula solar. Foto de Rick Mitchell, cortesia do Departamento de Energia dos EUA / Laboratório Nacional de Energia Renovável (DOE / NREL) .

O silício é o material de que são feitos os transistores (minúsculos interruptores) nos microchips - e as células solares funcionam de maneira semelhante. O silício é um tipo de material chamado **semicondutor**. Alguns materiais, principalmente os metais , permitem que a eletricidade flua através deles com muita facilidade; eles são chamados de condutores. Outros materiais, como plásticos e madeira , não deixam a eletricidade fluir através deles; eles são chamados isolantes. Semicondutores como o silício não são

### Responsáveis

Antônio Pereira de Souza Júnior Cel: +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva Cel: +55 12 98118-9378

Tel: +55 12 3206-2397 Skype: antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

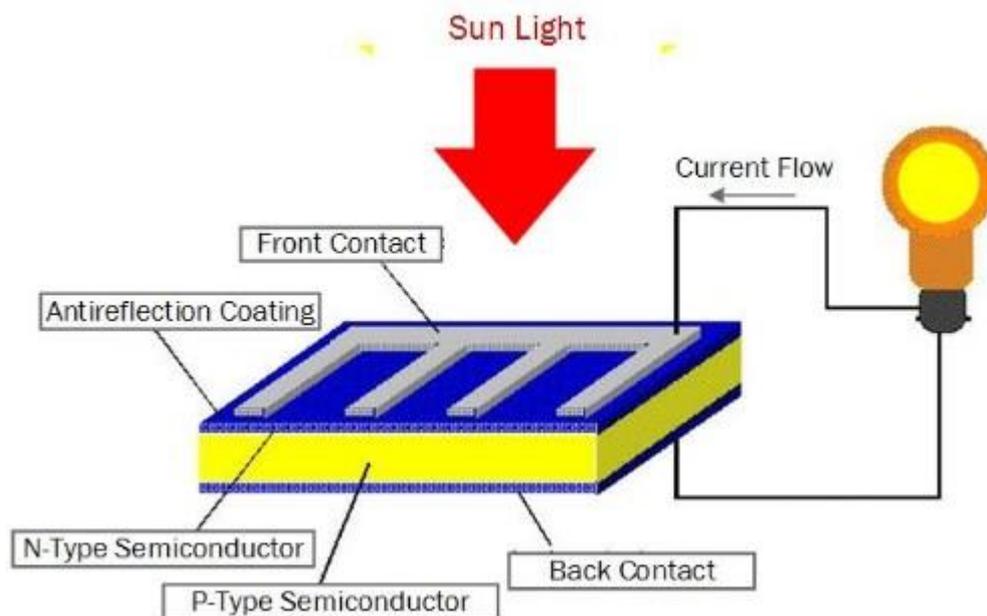
### Data

20/05/2019

condutores nem isolantes: eles normalmente não conduzem eletricidade, mas sob certas circunstâncias nós podemos fazê-lo.

Uma célula solar é um sanduíche de duas camadas diferentes de silício que foram especialmente tratadas ou **dopadas**, de modo que elas deixarão a eletricidade fluir através delas de uma maneira particular. A camada inferior é dopada por isso tem pouquíssimos elétrons. É chamado de silício do tipo **p** ou **tipo** positivo (porque os elétrons são carregados negativamente e essa camada tem muito poucos deles). A camada superior é dopada de maneira oposta para dar elétrons um pouco demais. É chamado silício do tipo **n** ou negativo.

O efeito fotovoltaico (PV) refere-se aos fenômenos físicos e químicos que resultam em um potencial elétrico em alguns materiais quando a luz os atinge. Este efeito foi descoberto em 1839 pelo físico francês A.E . Becquerel (1820-1891).



Geração de eletricidade com base no efeito fotovoltaico

Os painéis solares feitos de matrizes de células fotovoltaicas. Como ilustrado acima, uma célula típica é feita com bolachas de silício tipo-N e tipo-P. Quando o sol brilha na célula, um potencial elétrico se desenvolve nos contatos da frente e de trás. Esse potencial faz com que uma corrente flua em um fio conectado entre os contatos.

**Responsáveis**

Antônio Pereira de Souza Júnior Cel: +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva Cel: +55 12 98118-9378

Tel: +55 12 3206-2397 Skype: antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

**Data**

20/05/2019

## Como a célula solar transforma fótons em elétrons?

As células fotovoltaicas, ou abreviadamente PVs, são coisas mágicas que convertem a energia da luz, geralmente do sol em energia elétrica. As células solares são feitas de materiais semicondutores como o silício (Si), o segundo material mais abundante do mundo depois do oxigênio, que é usado para converter os fótons da luz solar em elétrons.

Este processo de conversão tão eficaz como é, não produz resíduos nocivos ou emissões para o meio ambiente, tornando-o limpo, verde e eficaz para a geração de energia. Então uma célula fotovoltaica, também conhecida como “célula solar”, é um dispositivo semicondutor que gera eletricidade CC - Corrente contínua” quando a luz incide sobre ela.

A célula solar transforma os fótons de luz em elétrons pelo que é chamado de efeito “fotovoltaico” (foto significa luz e voltaico significa eletricidade). No efeito fotovoltaico, os raios de fótons na luz do sol atingem a superfície do material semicondutor de silício liberando elétrons livres dos átomos de materiais.

Há uma variedade de materiais diferentes dos quais uma célula solar pode ser feita e todos convertem radiação solar em corrente contínua (CC).



A célula solar transforma ftons em elétrons

A célula solar fotovoltaica é geralmente feita de cristais de silício modificados, como o silício cristalino e amorfo, ou outros materiais semicondutores, que absorvem e convertem a luz solar em eletricidade. Certos produtos químicos de dopagem são adicionados à composição de silício para ajudar a estabelecer um caminho para os elétrons liberados fluírem. Isso cria um fluxo de elétrons chamado corrente DC.

### Responsáveis

Antônio Pereira de Souza Júnior Cel: +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva Cel: +55 12 98118-9378

Tel: +55 12 3206-2397 Skype: antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

### Data

20/05/2019

Os semicondutores são materiais não metálicos, como germânio e silício, cujas características elétricas se situam em algum lugar entre os de um condutor, que oferecem muito pouca resistência ao fluxo de corrente elétrica, e um isolante que bloqueia o fluxo de corrente elétrica quase completamente. Daí o termo "semicondutor". O material à base de silício é chamado de semicondutor, porque o dispositivo conduz elétrons em uma direção apenas de negativo para positivo.

O silício cristalino tem sido o principal material usado para fabricar células solares fotovoltaicas das últimas décadas com silício policristalino e silício amorfo liderando o caminho. O recente aumento no interesse em energia solar doméstica e células fotovoltaicas avançou muito a tecnologia de película fina solar com telureto de cádmio (CdTe) e sulfeto de cobre (CuS) e índio (In) sendo agora usados nas aplicações de energia renovável doméstica.

As células fotovoltaicas consistem, em essência, de uma junção entre duas camadas finas de materiais semicondutores diferentes. Uma camada de silício é tratada com uma substância para criar um excesso de elétrons. Isso se torna a camada semicondutora negativa ou do tipo "N". A outra camada é tratada para criar uma deficiência de elétrons e se torna a camada semicondutora positiva ou do tipo "P".

Os semicondutores do tipo N são feitos de silício cristalino que foi "dopado" com pequenas quantidades de um átomo de impureza geralmente o fósforo (P) de tal maneira que o material dopado possui um excedente de elétrons livres, daí o termo semicondutor do tipo negativo. Os semicondutores do tipo P também são feitos de silício cristalino, mas são dopados com quantidades muito pequenas de um átomo de impureza diferente geralmente o boro (B), o que faz com que o material tenha um déficit de elétrons livres. Esses elétrons "ausentes" na rede semicondutora são carinhosamente chamados de "buracos" e como a ausência de um elétron carregado negativamente pode ser considerada equivalente a uma partícula carregada positivamente, o silício dopado dessa maneira é conhecido como um semicondutor do tipo positivo.

Quando esses materiais semicondutores diferentes são montados em conjunto com os condutores, o arranjo torna-se um semicondutor de junção PN sensível à luz que configura um campo elétrico na região da junção e que conhecemos comumente como uma célula solar fotovoltaica. Assim, quando semelhantes células solares ou PVs são combinadas em painéis solares, isso resulta em uma capacidade de geração de eletricidade muito maior.

**Responsáveis**

Antônio Pereira de Souza Júnior Cel: +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva Cel: +55 12 98118-9378

Tel: +55 12 3206-2397 Skype: antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

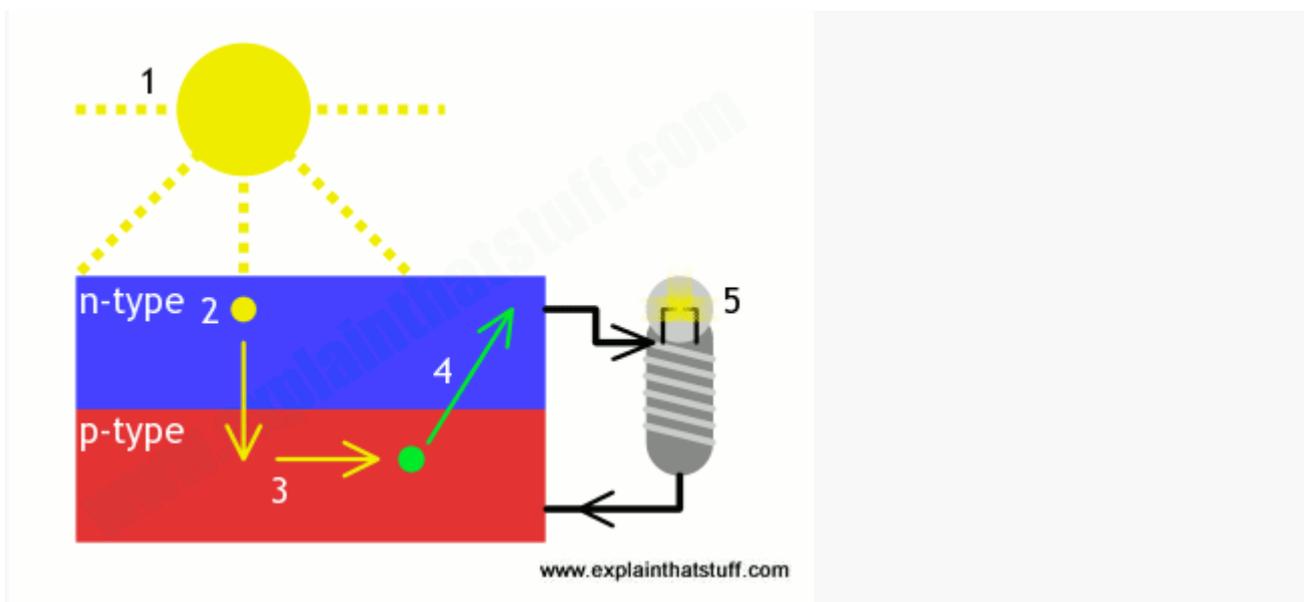
Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

**Data**

20/05/2019

Quando colocamos uma camada de silício tipo-n em uma camada de silício tipo-p, é criada uma barreira na **junção** dos dois materiais (a importante fronteira onde os dois tipos de silício se encontram). Nenhum elétron pode atravessar a barreira, portanto, mesmo se conectarmos este sanduíche de silício a uma lanterna, nenhuma corrente irá fluir: a lâmpada não acenderá. Mas se iluminarmos o sanduíche, algo extraordinário acontece. Podemos pensar na luz como um fluxo de "partículas de luz" energéticas chamadas **fótons**. Quando os fótons entram em nosso sanduíche, eles entregam sua energia aos átomos do silício. A energia que entra libera elétrons da camada inferior do tipo p, de modo que eles saltam pela barreira até a camada do tipo n acima e fluem ao redor do circuito. Quanto mais luz brilha, mais elétrons pulam e mais corrente flui.

Isto é o que queremos dizer com fotovoltaica - tomada de luz - e é um tipo do que os cientistas chamam de efeito fotoelétrico .



Simple célula solar de junção única.

Uma célula solar é um sanduíche de silício tipo-n (azul) e silício tipo-p (vermelho). Ele gera eletricidade usando a luz solar para fazer os elétrons saltarem através da junção entre os diferentes sabores de silício:

1. Quando a luz do sol brilha na célula, os fótons (partículas de luz) bombardeiam a superfície superior.
2. Os fótons (bolhas amarelas) levam sua energia através da célula.

**Responsáveis**

Antônio Pereira de Souza Júnior **Cel:** +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva **Cel:** +55 12 98118-9378

**Tel:** +55 12 3206-2397 **Skype:** antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

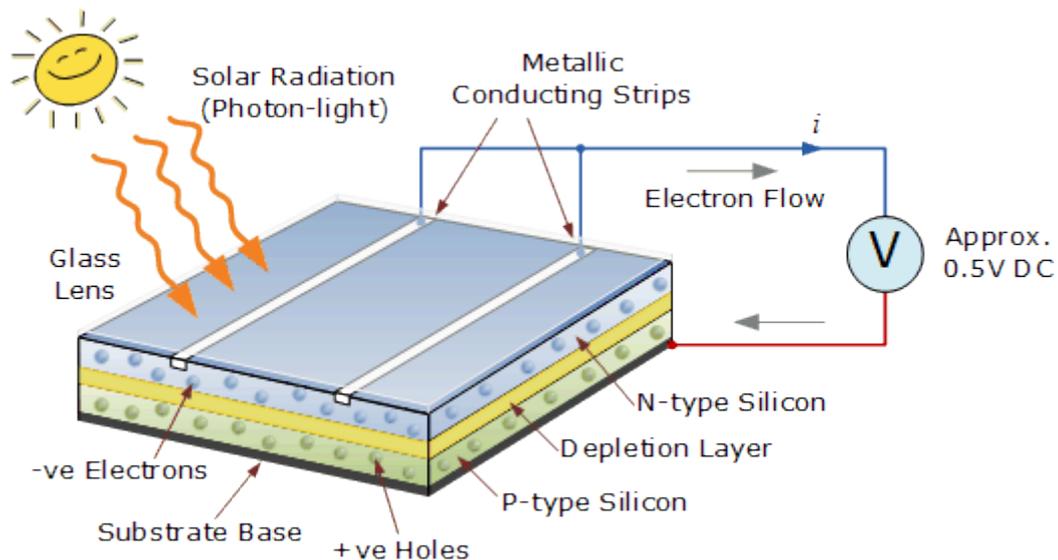
Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

**Data**

20/05/2019

3. Os fótons dão sua energia aos elétrons (bolhas verdes) na camada inferior do tipo p.
4. Os elétrons usam essa energia para atravessar a barreira na camada superior do tipo n e escapar para o circuito.
5. Fluindo ao redor do circuito, os elétrons fazem a lâmpada acender.

## Construção de células solares fotovoltaicas



A luz solar que atua como combustível transporta energia para a célula fotovoltaica. Quando uma partícula de fótons da luz solar atinge a superfície da célula solar de silício ou as estruturas dopadas feitas de silício-fósforo ou silício-boro, os fótons da luz solar absorvida soltam e desalojam os elétrons dos átomos de silício da célula transferindo a luz. Energia e excitá-los. Essa excitação dos elétrons faz com que eles sejam liberados de seu átomo-mãe e se movam para um nível de valência mais alto. Como há bilhões de fótons atingindo a célula a cada segundo, há muitos elétrons à solta.

Eventualmente, o elétron excitado é expulso do átomo, permitindo que ele vagueie livremente ao redor do material semiconductor. Como um lado da junção PN tem uma “falta de elétrons” (buracos) enquanto o outro lado da junção tem um “excesso de elétrons”, esses elétrons livres se movem através da junção, criando e preenchendo buracos na célula. É esse movimento de elétrons e buracos que gera eletricidade e, enquanto houver luz batendo na célula, haverá elétrons fluindo para fora da célula. O processo físico no qual

### Responsáveis

Antônio Pereira de Souza Júnior Cel: +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva Cel: +55 12 98118-9378

Tel: +55 12 3206-2397 Skype: antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

### Data

20/05/2019

uma célula fotovoltaica converte a luz solar em eletricidade é conhecido como *efeito fotovoltaico*.

Os elétrons liberados pela interação da luz solar com o material semicondutor criam um fluxo de elétrons à medida que os elétrons livres se movem juntos em torno de um circuito externo. A geração de energia elétrica requer tensão e corrente. Assim, para produzir energia, a célula fotovoltaica deve gerar tensão, bem como a corrente fornecida pelo fluxo de elétrons.

A tensão das células é fornecida pelo campo elétrico interno configurado pela junção PN, que pode ser considerada como uma pequena bateria, produzindo uma tensão de saída fixa de cerca de 0,5 a 0,6 volts. Uma única célula fotovoltaica de silício produz tipicamente uma corrente elétrica de cerca de 3 amperes, com uma única célula solar fotovoltaica produzindo até 1,5 watts de potência. Dependendo dos materiais semicondutores usados, algumas células fotovoltaicas podem produzir mais energia do que isso e outras menos. Então, 36 células conectadas em série têm tensão e energia suficientes para carregar baterias de 12 volts ou operar bombas e motores.

A luz solar é limpa, fácil de usar e está disponível em todo o mundo e, como é do sol, continuará disponível gratuitamente por muitos milhões de anos. A energia solar é limpa, verde e eficaz e com os eficientes painéis solares ou células fotovoltaicas de hoje facilmente disponíveis no mercado, os proprietários podem ter energia livre e limpa por muitos anos, com o único custo envolvido sendo o custo de um painel solar em si, tornando a energia solar uma escolha ideal como parte de um sistema de energia renovável em casa.

As células fotovoltaicas convertem um tipo de energia (luz solar) em outra (fluxo de elétrons). A conversão da luz solar em eletricidade também é muito ecológica, pois não produz poluição ou resíduos, sem poluição do ar ou da água, e é completamente silenciosa, tornando-a ideal para um futuro mais verde. Fotovoltaica é muito modular. Você pode instalar um sistema fotovoltaico pequeno ou tão grande quanto necessário. As células fotovoltaicas mais simples fornecem relógios e calculadoras, enquanto painéis solares e matrizes maiores e mais complexos podem ser usados para iluminar casas e fornece energia para a rede elétrica.

Quando colocamos uma camada de silício tipo-n em uma camada de silício tipo-p, é criada uma barreira na **junção** dos dois materiais (a importante fronteira onde os dois tipos de silício se encontram). Nenhum elétron pode atravessar a barreira, portanto, mesmo se conectarmos este sanduíche de

**Responsáveis**

Antônio Pereira de Souza Júnior Cel: +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva Cel: +55 12 98118-9378

Tel: +55 12 3206-2397 Skype: antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

**Data**

20/05/2019

silício a uma lanterna, nenhuma corrente irá fluir: a lâmpada não acenderá. Mas se iluminarmos o sanduíche, algo extraordinário acontece. Podemos pensar na luz como um fluxo de "partículas de luz" energéticas chamadas **fótons**. Quando os fótons entram em nosso sanduíche, eles entregam sua energia aos átomos do silício. A energia que entra libera elétrons da camada inferior do tipo p, de modo que eles saltam pela barreira até a camada do tipo n acima e fluem ao redor do circuito. Quanto mais luz brilha, mais elétrons pulam e mais corrente flui.

## Quão eficientes são as células solares?

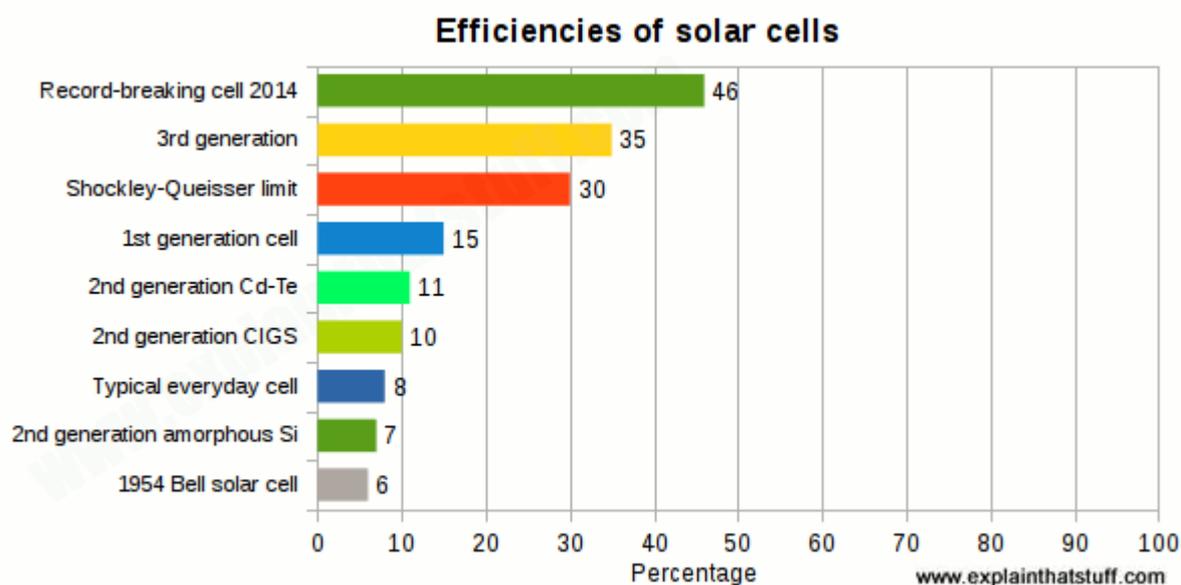


Gráfico: Eficiências das células solares comparadas: A primeira célula solar raspou em apenas 6% de eficiência; o mais eficiente que foi produzido até hoje gerenciou 46% em condições de laboratório. A maioria das células são de primeira geração, que conseguem administrar cerca de 15% na teoria e provavelmente 8% na prática.

Uma regra básica da física chamada lei da conservação da energia diz que não podemos criar magicamente energia ou fazê-la desaparecer no ar; tudo o que podemos fazer é convertê-lo de uma forma para outra. Isso significa que uma célula solar não pode produzir mais energia elétrica do que recebe a cada segundo como luz. Na prática, como veremos em breve, a maioria das células converte cerca de 10 a 20% da energia que recebe em eletricidade. Uma típica célula solar de silício de junção única tem uma eficiência máxima teórica de cerca de 30%, conhecida como **limite Shockley-Queisser**. Isso é essencialmente porque a luz solar contém uma ampla mistura de fótons de diferentes comprimentos de onda e energias, e qualquer célula solar de junção

### Responsáveis

Antônio Pereira de Souza Júnior **Cel:** +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva **Cel:** +55 12 98118-9378

**Tel:** +55 12 3206-2397 **Skype:** antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

### Data

20/05/2019

única será otimizada para capturar fótons somente dentro de uma certa faixa de frequência, desperdiçando o resto. Alguns dos fótons que atingem uma célula solar não têm energia *suficiente* para eliminar os elétrons, então são efetivamente desperdiçados, enquanto outros têm muita energia e o excesso também é desperdiçado. As melhores e mais avançadas células laboratoriais podem administrar 46% de eficiência em condições absolutamente perfeitas, usando múltiplas junções para captar fótons de diferentes energias. Os painéis solares domésticos do mundo real podem atingir uma eficiência de cerca de 15%, dar um ponto percentual aqui ou ali, e é improvável que isso melhore muito. As células solares de junção única de primeira geração não vão se aproximar dos 30% de eficiência do limite Shockley-Queisser, independentemente do registro de 46% no laboratório. Todos os tipos de fatores do mundo real vão comer na eficiência nominal, incluindo a construção dos painéis, como eles estão posicionados e inclinados, se estão sempre na sombra, quão limpos você os mantém, quão quentes eles ficam (aumentando as temperaturas tendem a diminuir sua eficiência), e se eles são ventilados (permitindo que o ar circule por baixo) para mantê-los frescos.

**Responsáveis**Antônio Pereira de Souza Júnior **Cel:** +55 11 99478-6728Ubirajara Silva **Cel:** +55 12 98118-9378**Tel:** +55 12 3206-2397 **Skype:** antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

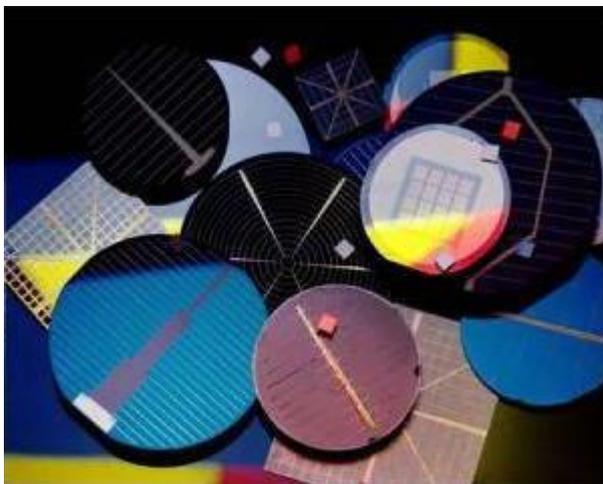
**Data**

20/05/2019

## Tipos de células solares fotovoltaicas

A maioria das células solares que você vê nos telhados das pessoas hoje são essencialmente apenas sanduíches de silicônio, especialmente tratados ("dopados") para torná-los melhores condutores elétricos. Os cientistas se referem a essas células solares clássicas como de primeira geração, em grande parte para diferenciá-las de duas tecnologias diferentes e mais modernas, conhecidas como segunda e terceira geração. Então qual a diferença?

### Primeira geração



*Foto: Uma coleção colorida de células solares de primeira geração. Imagem cortesia do Centro de Pesquisas da NASA Glenn (NASA-GRC).*

Cerca de 90% das células solares do mundo são feitas de bolachas de silício cristalino (abreviado c-Si), fatiadas de lingotes grandes, que são cultivadas em laboratórios superficiais, em um processo que pode levar até um mês para ser concluído. Os lingotes tomam a forma de **monocristais** (**monocristalinos** ou mono-Si) ou contêm múltiplos cristais (**policristalinos**, multi-Si ou poli c-Si). As células solares de primeira geração funcionam como mostramos na caixa acima: elas usam uma junção única e simples entre as camadas de silício do tipo n e do tipo p, que são cortadas em lingotes separados. Assim, um lingote do tipo n seria feito aquecendo pedaços de silício com pequenas quantidades de fósforo, antimônio ou arsênio como dopante, enquanto um lingote do tipo p usaria o boro como dopante. Fatias de silício tipo-p e tipo-p são então fundidas para fazer a junção. Mais alguns sinos e assobios são adicionados (como um

#### Responsáveis

Antônio Pereira de Souza Júnior Cel: +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva Cel: +55 12 98118-9378

Tel: +55 12 3206-2397 Skype: antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

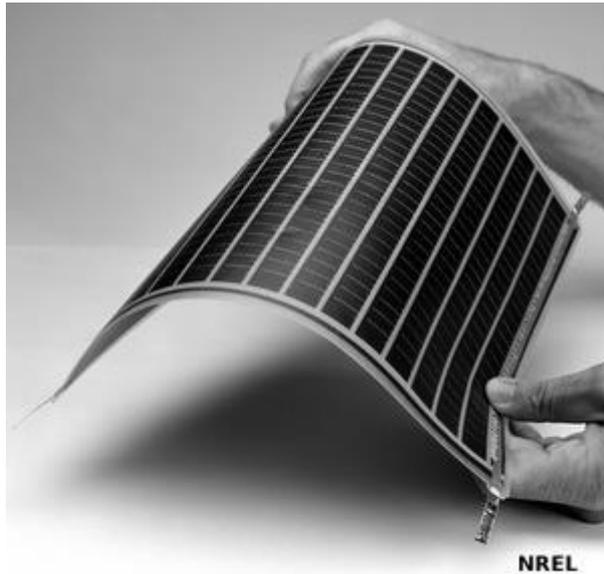
Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

#### Data

20/05/2019

revestimento antirreflexo, que melhora a absorção de luz e dá às células fotovoltaicas sua característica cor azul, vidro protetor na frente e um suporte de plástico, e conexões de metal para que a célula possa ser conectada a um circuito) mas uma simples junção pn é a essência da maioria das células solares.

## Segunda geração



*Foto: Um "painel" solar de segunda geração de filme fino. O filme gerador de energia é feito de silício amorfo, preso a um suporte de plástico fino, flexível e relativamente barato (o "substrato").*

As células solares clássicas são wafers relativamente finos - geralmente uma fração de milímetro de profundidade (cerca de 200 micrômetros, 200 $\mu$ m ou mais). Mas eles são *placas* absolutas em comparação com células de segunda geração, popularmente conhecidas como **células solares de filme fino** (TPSC) ou fotovoltaicos de película fina (TFPV), que são cerca de 100 vezes mais finos novamente (vários micrômetros ou milionésimos de um metro de profundidade). Embora a maioria ainda seja feita de silício (uma forma diferente conhecida como silício amorfo, a-Si, em que átomos são dispostos aleatoriamente em vez de precisamente ordenados em uma estrutura cristalina regular), alguns são feitos de outros materiais, notavelmente o telureto de cádmio (Cd) -Te) e disseleneto de cobre e índio-gálio (CIGS). Por serem extremamente finos, leves e flexíveis, as células solares de segunda geração podem ser laminadas em janelas, claraboias, telhas e todos os tipos de "substratos" (materiais de apoio),

### Responsáveis

Antônio Pereira de Souza Júnior Cel: +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva Cel: +55 12 98118-9378

Tel: +55 12 3206-2397 Skype: antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

### Data

20/05/2019

incluindo metais , vidro e polímeros (plásticos).. O que as células de segunda geração ganham em flexibilidade sacrificam sua eficiência: as células solares clássicas de primeira geração ainda as superam. Assim, enquanto uma célula de primeira geração pode atingir uma eficiência de 15 a 20%, o silício amorfo luta para ficar acima de 7%, as melhores células Cd-Te só conseguem cerca de 11% e as células CIGS não de 7 a 12 por cento. Essa é uma das razões pelas quais, apesar de suas vantagens práticas, as células de segunda geração fizeram até agora relativamente pouco impacto no mercado solar.

## Terceira geração

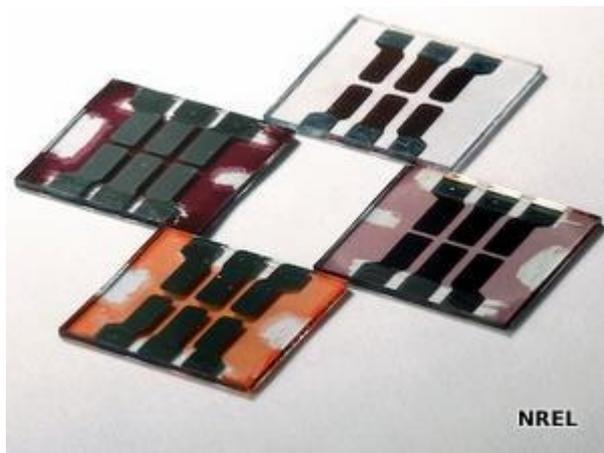


Foto: Células solares plásticas de terceira geração produzidas por pesquisadores do Laboratório Nacional de Energia Renovável.

As tecnologias mais recentes combinam os melhores recursos das células de primeira e segunda geração. Como as células de primeira geração, elas prometem eficiências relativamente altas (30% ou mais). Como as células de segunda geração, é mais provável que sejam feitas de materiais que não sejam silício "simples", como silício amorfo, polímeros orgânicos (fotovoltaicos orgânicos, OPVs), cristais de perovskita e apresentam múltiplas junções (feitas de várias camadas de diferentes materiais semicondutores). Idealmente, isso os tornaria mais baratos, mais eficientes e mais práticos do que as células de primeira ou segunda geração.

### Responsáveis

Antônio Pereira de Souza Júnior **Cel:** +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva **Cel:** +55 12 98118-9378

**Tel:** +55 12 3206-2397 **Skype:** antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

### Data

20/05/2019

## Quanta energia podemos fazer com as células solares?

*"A energia solar total que atinge a superfície da Terra pode atender às necessidades de energia global existentes 10.000 vezes."*

**Associação Europeia da Indústria Fotovoltaica / Greenpeace, 2011 .**

Em teoria, uma quantidade enorme. Vamos esquecer as células solares no momento e considerar apenas a luz solar pura. Até 1000 watts de energia solar bruta atingem cada metro quadrado da Terra apontando diretamente para o Sol (que é o poder teórico da luz solar direta do meio-dia num dia sem nuvens - com os raios solares disparando perpendicularmente à superfície da Terra e proporcionando iluminação máxima ou **insolação**, como é tecnicamente conhecido). Na prática, depois de corrigirmos a inclinação do planeta e a hora do dia, o melhor que conseguiremos é talvez de 100 a 250 watts por metro quadrado em latitudes típicas do norte (mesmo em dias sem nuvens). Isso se traduz em cerca de 2-6 kWh por dia (dependendo se você está em uma região do norte como o Canadá ou a Escócia ou em algum lugar mais obrigatório, como o Arizona ou o México). Multiplicar para a produção de um ano inteiro nos dá algo entre 700 e 2500 kWh por metro quadrado (700 a 2500 unidades de eletricidade). As regiões mais quentes têm claramente um potencial solar muito maior: o Oriente Médio, por exemplo, recebe cerca de 50 a 100% mais energia solar útil por ano do que a Europa.

Infelizmente, as células solares típicas são apenas cerca de 15% eficientes, então só podemos capturar uma fração dessa energia teórica. É por isso que os painéis solares precisam ser tão grandes: a quantidade de energia que você pode fazer está, obviamente, diretamente relacionada à quantidade de área que você pode cobrir com as células. Uma única célula solar (aproximadamente do tamanho de um disco compacto) pode gerar cerca de 3 a 4,5 watts; um módulo solar típico feito de uma matriz de cerca de 40 células (5 linhas de 8 células) poderia produzir cerca de 100 a 300 watts; vários painéis solares, cada um com cerca de 3 a 4 módulos, poderiam gerar um máximo absoluto de vários quilowatts (provavelmente apenas o suficiente para atender às necessidades de pico de energia de uma residência).

### Responsáveis

Antônio Pereira de Souza Júnior **Cel:** +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva **Cel:** +55 12 98118-9378

**Tel:** +55 12 3206-2397 **Skype:** antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

### Data

20/05/2019

## E quanto a fazendas solares?



Foto: O vasto Projeto Gerador Solar Alamosa, de 91 hectares, no Colorado, gera até 30 megawatts de energia solar usando três truques de astúcia. Primeiro, há um grande número de painéis fotovoltaicos (500 deles, cada um capaz de produzir 60kW). Cada painel é montado em um conjunto rotativo separado para rastrear o Sol pelo céu. E cada um tem várias lentes Fresnel montadas na parte superior para concentrar os raios do Sol em suas células solares. Foto por Dennis Schroeder cortesia de NREL

Mas suponha que queremos fazer quantidades realmente *grandes* de energia solar. Para gerar tanta eletricidade quanto uma grande turbina eólica (com uma potência de pico de dois ou três megawatts), você precisa de cerca de 500 a 1000 telhados solares. E para competir com um grande carvão ou usina nuclear (avaliado em giga watts, o que significa mil megawatts ou bilhões de watts), você precisaria de 1000 vezes mais - o equivalente a cerca de 2000 turbinas eólicas ou talvez um milhão de telhados solares. (Essas comparações assumem que nossas energias solares e eólicas estão produzindo a produção máxima.) Mesmo que as células solares sejam fontes de energia limpas e eficientes, uma coisa que elas não podem afirmar ser no momento é o uso eficiente da terra. Mesmo aquelas enormes fazendas solares agora surgindo em todo o lugar produzem apenas quantidades modestas de energia (normalmente cerca de 20 megawatts, ou cerca de 1% tanto quanto uma grande usina de carvão ou nuclear de 2 giga watts). A empresa britânica de energia renovável Ecotricity estimou que são necessários cerca de 22.000 painéis em um terreno de 12 hectares para gerar 4,2 megawatts de energia, aproximadamente o equivalente a dois grandes aéro geradores e o suficiente para abastecer 1.200 residências.

### Responsáveis

Antônio Pereira de Souza Júnior Cel: +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva Cel: +55 12 98118-9378

Tel: +55 12 3206-2397 Skype: antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

### Data

20/05/2019

## Poder para as pessoas



Foto: Uma [turbina micro-eólica](#) e um painel solar trabalham juntos para alimentar um banco de baterias que mantêm o sinal de alerta de construção da estrada iluminado dia e noite. O painel solar está montado, voltado para o céu, sobre a "tampa" amarela lisa que você pode ver em cima da tela.

Algumas pessoas estão preocupadas que as fazendas solares devorarão as terras de que precisamos para a agricultura e a produção de alimentos *reais*. Preocupar-se com a tomada de terras deixa de lado um ponto crucial se estivermos falando sobre colocar painéis solares nos telhados *domésticos*. Os ambientalistas argumentariam que o verdadeiro ponto da energia solar não é criar grandes estações de energia solar centralizadas (para que poderosas usinas continuem vendendo eletricidade a pessoas sem poder com alto lucro), mas para deslocar usinas de energia sujas, ineficientes e centralizadas, permitindo as pessoas a fazerem o poder no próprio lugar onde o usam. Isso elimina a ineficiência da geração de energia a partir de combustíveis fósseis, a poluição do ar e as emissões de dióxido de carbono eles fazem, e também eliminam a ineficiência de transmitir energia do ponto de geração ao ponto de uso através de linhas aéreas ou subterrâneas. Mesmo se você tiver que cobrir todo o seu telhado com painéis solares (ou laminar células solares de película fina em todas as suas janelas), se você pudesse atender a todas as suas necessidades de eletricidade (ou mesmo uma grande fração delas), não importaria: seu telhado é apenas um desperdício de espaço de qualquer maneira. Segundo um relatório de 2011 [PDF] da European Photovoltaic Industry Association e Greenpeace, não há necessidade real de cobrir valiosas terras com painéis solares: cerca de 40% de todos os telhados e 15% das fachadas de edifícios nos países da UE seriam adequados para painéis fotovoltaicos, o que representaria cerca de 40% da demanda total de eletricidade até 2020.

### Responsáveis

Antônio Pereira de Souza Júnior Cel: +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva Cel: +55 12 98118-9378

Tel: +55 12 3206-2397 Skype: antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

### Data

20/05/2019

É importante não esquecer que a energia solar desloca a *geração* de energia até o ponto de *consumo* de energia - e isso tem grandes vantagens práticas. Relógios de pulso e calculadores movidos a energia solar teoricamente não precisam de baterias (na prática, eles têm backups de bateria) e muitos de nós gostaríamos de smartphones movidos a energia solar que nunca precisassem ser carregados. Sinais rodoviários e ferroviários são agora, por vezes, movidos a energia solar; Sinais de manutenção de emergência intermitentes geralmente têm painéis solares instalados para que possam ser instalados nos locais mais remotos. Nos países em desenvolvimento, ricos em luz solar, mas pobres em infraestrutura elétrica, os painéis solares estão acionando bombas de água, cabines telefônicas e geladeiras em hospitais e clínicas de saúde.

## Por que a energia solar não pegou ainda?

A resposta para isso é uma mistura de fatores econômicos, políticos e tecnológicos. Do ponto de vista econômico, na maioria dos países, a eletricidade gerada por painéis solares ainda é mais cara do que a eletricidade produzida pela queima de combustíveis fósseis poluentes e sujos. O mundo tem um enorme investimento em infraestrutura de combustíveis fósseis e, apesar de poderosas companhias petrolíferas terem se envolvido em ramificações de energia solar, elas parecem muito mais interessadas em prolongar a vida útil das reservas de petróleo e gás existentes com tecnologias como o fracking. (fraturamento hidráulico). Politicamente, as empresas de petróleo, gás e carvão são extremamente poderosas e influentes e resistem ao tipo de regulamentação ambiental que favorece as tecnologias renováveis, como a energia solar e eólica. Tecnicamente, como já vimos, as células solares são um "trabalho em progresso" permanente e grande parte do investimento solar do mundo ainda é baseado na tecnologia de primeira geração. Quem sabe, talvez levará várias décadas até que os recentes avanços científicos tornem o caso comercial da energia solar realmente atraente?

Um problema com argumentos desse tipo é que eles pesam apenas fatores econômicos e tecnológicos básicos e deixam de considerar os custos *ambientais* ocultos de coisas como derramamentos de óleo, poluição do ar, destruição da mineração de carvão ou mudanças climáticas - e especialmente os custos futuros. , que são difíceis ou impossíveis de prever. É perfeitamente possível que a crescente conscientização desses problemas acelere a mudança dos combustíveis

### Responsáveis

Antônio Pereira de Souza Júnior Cel: +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva Cel: +55 12 98118-9378

Tel: +55 12 3206-2397 Skype: antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

### Data

20/05/2019

fósseis, mesmo que não haja mais avanços tecnológicos; em outras palavras, pode chegar o momento em que não podemos mais adiar a adoção universal de energia renovável. Em última análise, todos esses fatores estão inter-relacionados. Com uma liderança política convincente, o mundo poderia comprometer-se com uma revolução solar amanhã: a política poderia forçar melhorias tecnológicas que mudariam a economia da energia solar.

E a economia sozinha poderia ser suficiente. O ritmo da tecnologia, as inovações na fabricação e as economias de escala continuam a reduzir o custo das células solares e dos painéis. Somente entre 2008 e 2009, de acordo com o analista de meio ambiente da BBC, Roger Harrabin, os preços caíram cerca de 30%, e o domínio crescente da China na fabricação de painéis solares continuou a derrubá-los desde então. Entre 2010 e 2016, o custo de energia fotovoltaica em larga escala caiu cerca de 10-15% ao ano, de acordo com a US Energy Information Administration; No geral, o preço da mudança para a energia solar despencou cerca de 90% na última década, fortalecendo ainda mais a aderência da China ao mercado. Seis dos dez maiores fabricantes de painéis solares do mundo são agora chineses; em 2016, cerca de dois terços da nova capacidade solar dos EUA vieram da



China, Malásia e Coréia do Sul.

Foto: As células solares não são a única maneira de produzir energia a partir da luz solar - ou mesmo, necessariamente, da melhor maneira. Também podemos usar energia solar térmica (absorção de calor da luz solar para aquecer a água em sua casa), energia solar passiva (projetar um prédio para absorver a luz solar) e coletores solares (mostrados aqui). Nesta versão, 16 espelhos captam a luz solar e a concentram em um motor Stirling (a caixa cinza à direita), que é um produtor de energia extremamente eficiente. Foto de Warren Gretz cortesia de NREL

Espera-se que o ponto de inflexão para a energia solar chegue quando ela puder alcançar algo chamado **paridade de rede**, o que significa que a eletricidade gerada por energia solar que você faz a si mesmo se torna tão

**Responsáveis**

Antônio Pereira de Souza Júnior **Cel:** +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva **Cel:** +55 12 98118-9378

**Tel:** +55 12 3206-2397 **Skype:** antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

**Data**

20/05/2019

barata quanto a energia que você compra da rede. Muitos países europeus esperam alcançar esse marco até 2020. A Solar certamente registrou taxas de crescimento muito expressivas nos últimos anos, mas é importante lembrar que ela ainda representa apenas uma fração da energia mundial total. No Reino Unido, por exemplo, a indústria de energia solar se orgulhava de uma "conquista histórica" em 2014, quando quase dobrou a capacidade total instalada de painéis solares de aproximadamente 2,8 GW para 5 GW. Mas isso ainda representa apenas algumas grandes estações de energia e, *na saída máxima*, apenas 8% da demanda total de eletricidade do Reino Unido, de cerca de 60 GW (levando em conta coisas como nebulosidade, reduziria para cerca de 8%). De acordo com a US Energy Information Administration nos Estados Unidos, onde a tecnologia fotovoltaica foi inventada, a partir de 2017, a energia solar representa apenas 1,3% da geração total de eletricidade do país. Agora, isso representa um aumento de 50% em relação ao ano anterior (quando a cifra foi de 0,9%) e mais de três vezes mais do que em 2014 (quando a energia solar ficou em apenas 0,4%). Mesmo assim, ainda é 25 vezes menor que o carvão e 50 vezes menor que todos os combustíveis fósseis. Em outras palavras, mesmo um aumento de 10 vezes na energia solar dos EUA a veria produzindo menos da metade da eletricidade que o carvão hoje ( $10 \times 1,3 = 13\%$ , comparado a 30,1% para o carvão em 2016). É significativo notar que duas das principais análises anuais de energia do mundo, a BP Statistical Review da World Energy e a Key Energy Statistics da World International Energy, quase não mencionam a energia solar,

Isso mudará em breve? Apenas poderia. De acordo com um estudo de 2016 de pesquisadores da Universidade de Oxford, o custo da energia solar está caindo tão rápido que está em curso para suprir 20% das necessidades mundiais de energia até 2027, o que seria uma mudança a partir de onde estamos hoje com taxa de crescimento muito mais rápida do que qualquer um previu anteriormente. Esse ritmo de crescimento pode continuar? A energia solar poderia realmente fazer diferença na mudança climática antes que seja tarde demais?

**Responsáveis**

Antônio Pereira de Souza Júnior Cel: +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva Cel: +55 12 98118-9378

Tel: +55 12 3206-2397 Skype: antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

**Data**

20/05/2019

## Uma breve história das células solares

- 1839: O físico francês **Alexandre-Edmond Becquerel** (pai do pioneiro da radioatividade Henri Becquerel) descobre que alguns metais são fotoelétricos: eles produzem eletricidade quando expostos à luz.
- 1873: O engenheiro inglês **Willoughby Smith** descobre que o selênio é um fotocondutor particularmente eficaz (mais tarde é usado por Chester Carlson em sua invenção da fotocopiadora).
- 1905: O físico alemão **Albert Einstein** descobre a física do efeito fotoelétrico, uma descoberta que eventualmente lhe renderá um Prêmio Nobel.
- 1916: O físico americano **Robert Millikan** prova experimentalmente a teoria de Einstein.
- 1940: **Russell Ohl**, da Bell Labs, acidentalmente descobre que um semicondutor de junção dopado produzirá uma corrente elétrica quando exposto à luz.
- 1954: Os pesquisadores do Bell Labs, **Daryl Chapin**, **Calvin Fuller** e **Gerald Pearson**, fazem a primeira célula solar de silício fotovoltaica, que é cerca de 6 por cento eficiente (uma versão posterior gerencia 11 por cento). Eles anunciam sua invenção - inicialmente chamada de "bateria solar" - em 25 de abril.
- 1958: Os satélites espaciais Vanguard, Explorer e Sputnik começam a usar células solares.
- 1962: 3600 das baterias solares da Bell são usadas para alimentar a Telstar, o satélite de telecomunicações pioneiro.
- 1997: O governo federal dos EUA anuncia sua iniciativa milionária Solar Roofs - para construir um milhão de telhados movidos a energia solar até 2010.
- 2002: NASA lança seu avião solar Pathfinder Plus.
- 2009: Os cientistas descobrem que os cristais de perovskita têm um grande potencial como materiais fotovoltaicos de terceira geração.
- 2014: Uma colaboração entre cientistas alemães e franceses produz um novo recorde de eficiência de 46% para uma célula solar de quatro junções.
- 2020: Prevê-se que as células solares atinjam a paridade da rede (a eletricidade gerada por energia solar que você produz será tão barata quanto a energia que você compra da rede).

### Responsáveis

Antônio Pereira de Souza Júnior Cel: +55 11 99478-6728

Ubirajara Silva Cel: +55 12 98118-9378

Tel: +55 12 3206-2397 Skype: antoniopsjr [www.ideartecnologia.com.br](http://www.ideartecnologia.com.br)

Rua Itororó, 630, Jdm Paulista, São José dos Campos – SP, CEP: 12216-440

### Data

20/05/2019