

Energia solar em elétrica

Experimentação Remota Móvel
para Educação Básica

Conversão de Energia Solar em Energia elétrica

Material de apoio didático ao experimento Energia Solar em Elétrica: Experimentação Remota Móvel para Educação Básica: Conversão de Energia Solar em Energia Elétrica de Heck, Carine; SILVA, Juarez B.; COELHO, Karine dos Santos; ALVES, João Bosco Mota; CRISTIANO, Marta Adriana da S.; BILESSIMO, Simone M. S.; NICOLETE, Priscila C. está licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.



Este manual, cada capítulo e suas imagens estão licenciados sob a licença Creative Commons -Atribuição-NãoComercial-Sem Derivados 4.0 Internacional. Uma cópia desta licença pode ser visualizada em <http://creativecommons.org.nz/licences/licences-explained/>. Ela define que este manual é livre para reprodução e distribuição porém sempre deve ser citado o autor. Não deve ser usado para fins comerciais ou financeiro e não é permitido qualquer trabalho derivado. Se você quiser fazer algum dos itens citados como não permitidos, favor entrar em contato com os organizadores do manual.

O download em edição eletrônica desta obra pode ser encontrado em <http://www.rexlab.ufsc.br>.

Material de apoio didático ao experimento Energia Solar em Elétrica: Experimentação Remota Móvel para Educação Básica: Conversão de Energia Solar em Energia Elétrica / obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida pelo Laboratório de Experimentação Remota (RExLab).

Araranguá – SC, Brasil, 2015

Elaboração de conteúdos

Carine Heck

Licenciada em física pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

João Bosco da Mota Alves

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Juarez Bento da Silva

Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Karine dos Santos Coelho

Mestre em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Marta Adriana da Silva Cristiano

Mestre em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Priscila Cadorin Nicolete

Bacharela em Tecnologias da Informação e da Comunicação pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Simone Meister Sommer Biléssimo

Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Edição

Carine Heck e Karine dos Santos Coelho

Design Gráfico

Isabela Nardi da Silva

Sumário Geral

Prefácio.....	4
Fontes de Energia.....	6
Fontes de Energia.....	6
Energia Solar Fotovoltaica.....	9
Semicondutor.....	14
Banda de Valência e Banda de Condução.....	14
Semicondutores intrínsecos.....	16
Semicondutores extrínsecos.....	16
Semicondutores extrínsecos p-n.....	17
Painéis Solares Fotovoltaicos.....	18
Tipos de Células.....	22
Silício Amorfo.....	23
Silício Monocristalino.....	24
Silício Policristalino.....	24
Panorama Mundial.....	31
Panorama da Energia Fotovoltaica no Brasil.....	33
Aplicações.....	36
Bibliografia Consultada.....	39
Exercícios.....	41
Plano de Aula.....	50

Prefácio

O que é experimentação remota? Remota, significa a distância. Experimentação remota, portanto, significa realização de um experimento a distância, manipular um equipamento a partir de qualquer lugar onde haja acesso à Internet, por exemplo. A partir deste conceito, foi criado em 1997, na Universidade Federal de Santa Catarina, o Laboratório de Experimentação Remota (RExLab, sigla oriunda da expressão em inglês - Remote Experimentation Lab), visando explorar seu potencial.

Que aspectos deveriam ser avaliados? Atender a necessidade de apropriação social da ciência e da tecnologia, popularizando conhecimentos científicos e tecnológicos, estimulando jovens nas carreiras científico-tecnológicas e buscar iniciativas que integrem a educação científica ao processo educacional promovendo a melhoria/atualização/modernização do ensino em todos os seus níveis, enfatizando ações e atividades que valorizassem e estimulassem a criatividade, a experimentação científico-tecnológica e a interdisciplinaridade.

Primeira fase (1997-2002). Foram criados alguns experimentos que indicaram com clareza a necessidade de desenvolvimento de recursos, como o Micro-Servidor WEB, visando ampliar o desenvolvimento de mais experimentos para uma gama cada vez mais ampla de aplicações. Nesta fase, dissertações de mestrado e publicações de artigos possibilitaram a internacionalização do REXLAB, através do projeto REXNET, financiado pela Comunidade Europeia, envolvendo 6 países (Brasil, Chile, México, Portugal, Escócia e Alemanha), com o mesmo objetivo de avaliar tais aspectos acima tratados, mas agora a nível internacional.

Segunda fase (2002-2007). O projeto REXNET é, em suma, uma rede internacional de REXLAB's envolvendo hoje dezenas de universidades em vários países da América Latina, Europa e África, com as quais o REXLAB/UFSC mantém intensa parceria, incluindo intercâmbio de docentes e discentes. A REXNET possibilitou ao REXLAB alçar voos mais altos, destacando-se estudos para a elaboração de um projeto que veio a ser denominado Integração Tecnológica na Educação Básica, uma vez constatada a necessidade de melhoria nos primeiros níveis educacionais no Brasil.

Terceira fase (2007-...). Na medida do desenvolvimento de novas TIC's (Tecnologias da Informação e da Comunicação), novos desafios apresentaram-se e, imediatamente, foram incorporados ao REXLAB e a todos os seus projetos. O destaque nesta fase foi a exploração dos dispositivos móveis como elementos básicos para a Integração Tecnológica na Educação Básica que ora é o principal projeto do REXLAB. Um conjunto de experimentos foram implementados para tal. E, para dar conta de sua utilização a contento com as expectativas da equipe, foi elaborado um **caderno didático** de apoio ao experimento para cada um deles utilizados no âmbito deste projeto, onde teoria e prática **passeiam de mãos dadas**.

De olho no futuro do Brasil. Portanto, a Experimentação Remota é uma área de pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico que visa ampliar a capacidade humana para além de seus limites, utilizando os recursos da Internet e de outros meios capazes de prover acesso remoto, possibilitando o compartilhamento de recursos de um modo geral, com custos compatíveis com um país de dimensão continental que ainda não resolveu graves problemas, como miséria e educação básica indigente. **É a esperança de toda a equipe do REXLAB.**

Araranguá, agosto de 2015.

João Bosco da Mota Alves

Fontes de Energia

Fontes de Energia

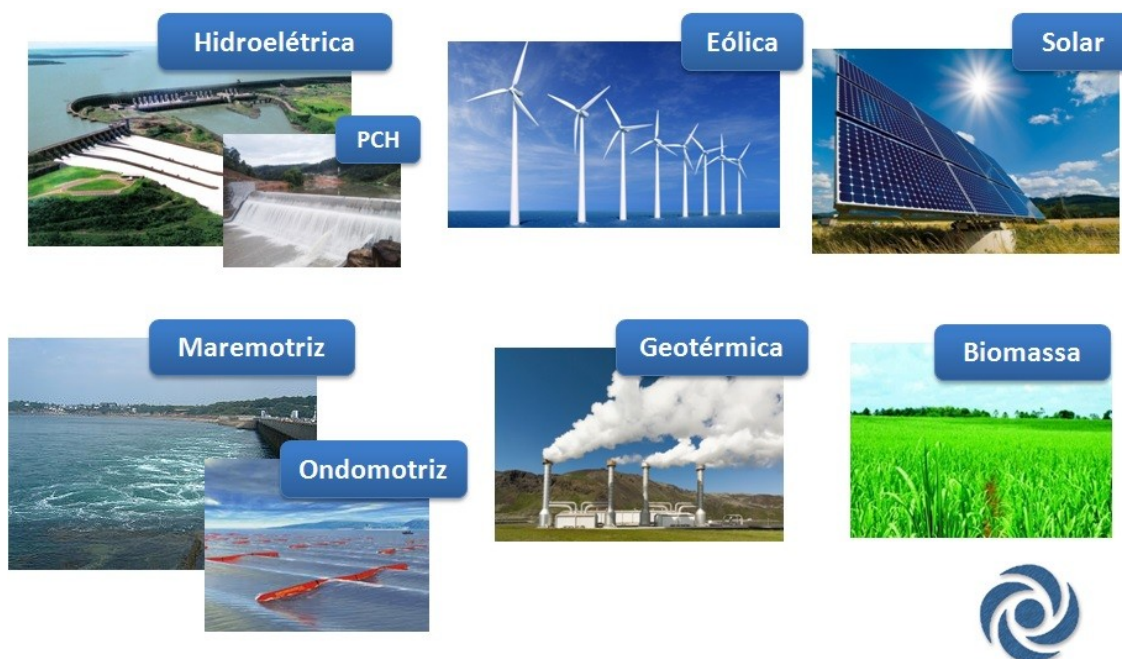


Figura 1 - Fonte: <http://www.neosolar.com.br/images/saiba-mais/energias-renovaveis.jpg>

Atualmente, 82% da energia consumida no mundo procedem de fontes não renováveis como: carvão, petróleo e gás natural. Os recursos energéticos não renováveis são retirados do subsolo e sua formação necessita de períodos muito longo que ultrapassa a escala temporal humana, por isso é considerado limitado, ou seja, não renovável. Esses recursos não renováveis quando extraídos e consumidos causam grande impacto ao meio ambiente, um desses impactos é o aquecimento global causada pela emissão de CO_2 provocando grandes mudanças no clima do planeta.

As consequências naturais provocadas pelas alterações climáticas são as elevadas quantidades de chuvas em curtos períodos em determinadas regiões, o aumento significativo da temperatura, o derretimento das calotas polares, o

aumento no nível dos oceanos, o baixo nível de água nos reservatórios, etc. Todos esses acontecimentos em relação ao clima podem trazer muitos prejuízos em vários setores principalmente na agricultura e na econômica.



Figura 2



Figura 3 - Fonte: http://domtotal.com/img/noticias/2015-05/894475_211319.jpg

Com o crescimento das preocupações, por parte da sociedade, no que diz respeito aos aspectos relacionados com a sustentabilidade das atuais fontes de energia muito se tem debatido e incentivado cada vez mais as formas de energia limpas e renováveis. Muitas iniciativas em diversos países visam aumentar a participação das energias ditas renováveis e perenes em suas matrizes energéticas.

Os recursos energéticos perenes são fontes de energia inesgotável. Exemplos: sol (energia solar fotovoltaica); vento (energia eólica); água (energia

hidráulica, hídrica, das marés, das correntes oceânicas e das ondas); Terra (energia geotérmica).



Figura 4 - Energia biomassa, solar e eólica



Figura 5 – Energia das correntes oceânicas. Fonte: <http://3.bp.blogspot.com/-JuLvkRjqcd0/TrvEq6rPRI/AAAAAAAAACc/3INZgU7N5kk/s400/2.jpg>

Os recursos energéticos renováveis são recursos que uma vez utilizado pelo homem são repostos novamente pela natureza em uma escala de tempo biológico. Exemplos: **Biomassa** → recursos de florestas como madeira, folhas secas, etc; recursos da agroindústria como: (biocombustível) etanol, biodiesel,

bagaço da cana de açúcar, etc; recursos derivados de resíduos humanos, animais ou urbanos como o biogás.



Figura 6 - Recursos energéticos da cana-de-açúcar. Fonte: <http://www.fragmaq.com.br/es/wp-content/uploads/2013/10/img38.jpg>

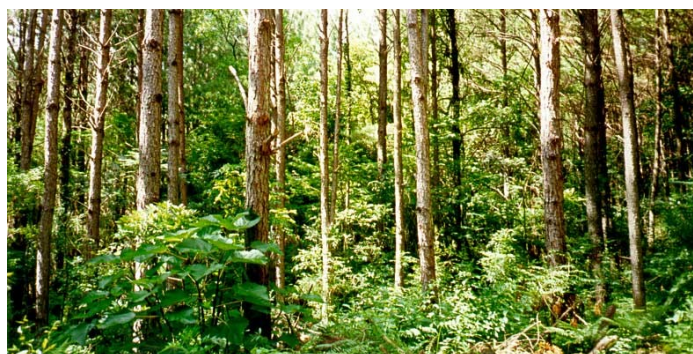


Figura 7 - Recursos energéticos de florestas. Fonte: <http://www.renabio.org.br/imagens/foto-renabio.jpg>

Entretanto para reduzir a emissão de CO₂ para a atmosfera espera-se substituir em 50% o uso das fontes de energia não renováveis por fontes de energia renováveis e perenes num prazo de 100 anos.

Energia Solar Fotovoltaica

Pensar em energia solar, nos remete a, dupla manifestação desta, luz e calor, que são naturalmente reconhecidas. Ambas são muito importantes para a vida do planeta terra. É necessário à existência de luz solar para realização da

fotossíntese, pois sem ela não haveria o reino vegetal nem o reino animal. “O calor tempera o clima e evapora as águas do mar, que, livres do conteúdo salino, são devolvidas ao planeta em forma de chuva” (CRESESB, 1999).

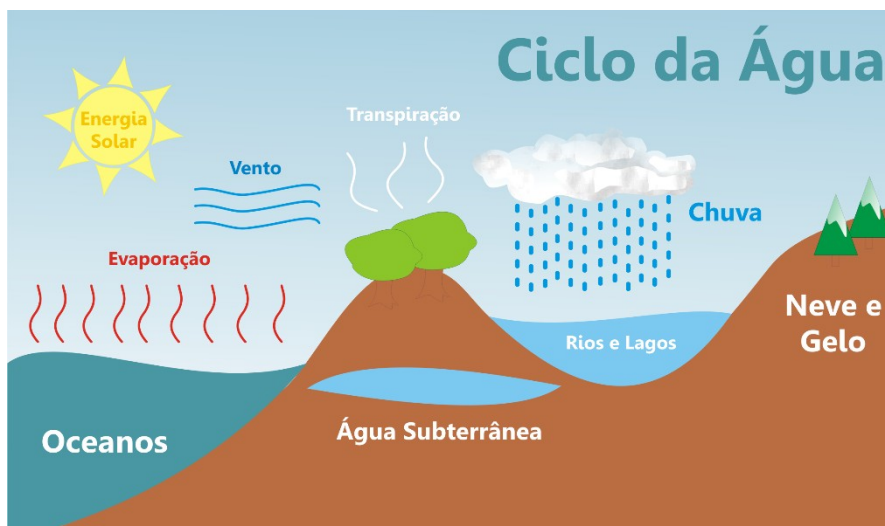


Figura 8

Este sistema de purificação das águas é um dos responsáveis pela existência dos animais, das plantas e dos seres humanos no planeta terra. Desde as civilizações mais antigas o sol era considerado como um deus. Sua existência é responsável pela vida na Terra. Sem ele a maior parte das espécies que habitam o planeta não existiria.

O aproveitamento da energia solar é inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz e sem sombra de dúvidas, uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentarmos os desafios deste mundo em que vivemos. Estima-se que a energia irradiada pelo Sol que chega a Terra seja da ordem de $1,5 \times 10^{18}$ kWh por ano, essa energia equivale a 10 mil vezes o consumo mundial de energia.

A energia elétrica obtida a partir de fontes de energia fotovoltaica é produzida a partir de luz solar, e essa produção acontece mesmo em dias chuvosos e nublados, depende da quantidade de radiação solar que chega até a superfície terrestre. Portanto quanto maior for essa radiação solar maior será a quantidade de eletricidade produzida.

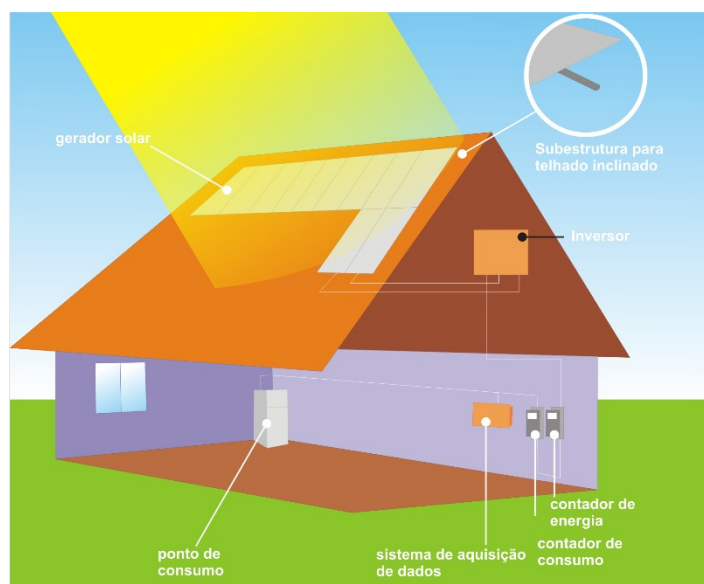


Figura 9 - Painel solar em uma residência

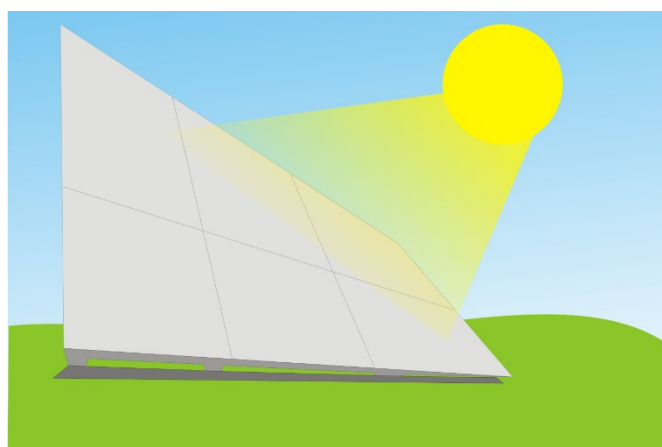


Figura 10 - Modelo de painel solar

O processo de conversão da energia solar em energia elétrica utiliza células fotovoltaicas, essas células normalmente são feitas de silício ou outro material semicondutor. Os elétrons do material semicondutor entram em movimento quando sobre o mesmo incide a radiação eletromagnética vinda do sol (UV-VIS). Nesse processo ocorre a transformação de energia solar em energia fotovoltaica como mostrado na figura 2.0.

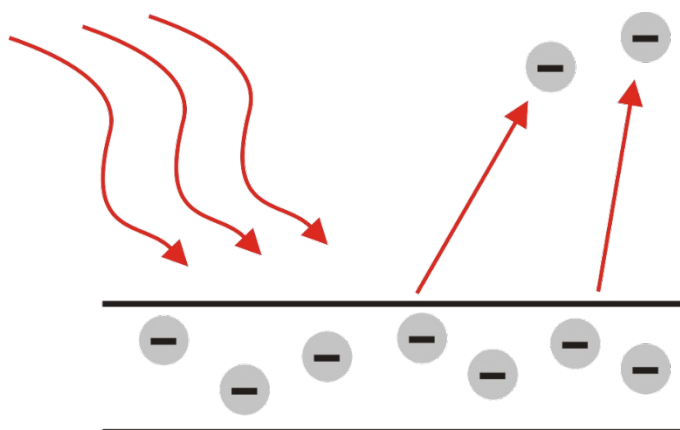


Figura 11 -Energia solar arrancando elétrons de célula fotovoltaica

O efeito fotovoltaico, foi relatado pela primeira vez por Alexandre Edmond Becquerel, em 1839. Já em 1876 foi concebido o primeiro aparato fotovoltaico resultado de estudos das estruturas de estado sólido, pelo professor de filosofia natural William Grylls Adams do King College de Londres, junto com seu aluno Richard Evans Day. Esta foi a primeira célula fotovoltaica de selênio construída. Em 1953 acidentalmente construíram a primeira célula fotovoltaica de silício por Gerald Pearson, numa fábrica de eletrônica. Mas somente em 1956 que se iniciou a produção em escala industrial, seguindo o desenvolvimento da microeletrônica.



Figura 12 - Alexander Edmond Becquerel. Fonte:<http://revistamadretierra.com/2014/01/energia-limpia-para-el-planeta/>

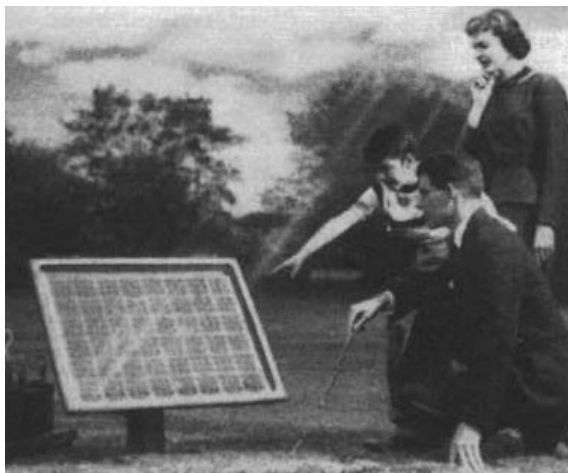


Figura 13 - William Grylls Adams. Fonte: <http://revistamadretierra.com/2014/01/energia-limpa-para-el-planeta/>



Figura 14 - Richard Evans Day. Fonte: <http://revistamadretierra.com/2014/01/energia-limpa-para-el-planeta/>

Vantagens e Desvantagens da Energia Solar Fotovoltaica

Vantagens: Manutenção Mínima; Não polui; Custo Benefício em aumento; Investimentos pequenos em linhas de transmissão; Alto Potencial em países tropicais; Redução na demanda de energia em locais longe dos centros de produção; Longa durabilidade dos equipamentos.

Desvantagens: Alto consumo de energia na fabricação das células fotovoltaicas; Preços elevados; Produção de energia depende das condições Climáticas; Produção nula a noite; Pouca produção quando tempo esta nublado;

Deficiência no armazenamento da energia; Médias e altas latitudes – baixíssima produção no inverno.

Semicondutor

Um semicondutor é uma substância que apresenta comportamento condutor ou isolante. Esse comportamento do semicondutor depende de fatores que o influenciam, como: pressão, radiação incidente, temperatura e outros.

O silício é o segundo material mais abundante na crosta terrestre, perdendo para o oxigênio que é o primeiro. Entretanto o silício está sempre misturado a outros materiais, necessitando eliminar estas impurezas é realizado neste material um processo de purificação que extremamente trabalhoso e de alto custo.

Os materiais semicondutores são muito utilizados em eletrônica, que estão presente na maioria dos aparelhos que utilizam energia elétrica como por exemplo um computador.

Um exemplo de material semicondutor é o silício que apresenta baixa condutividade elétrica, no entanto quando sua temperatura é elevada sua condutividade elétrica aumenta.

Banda de Valência e Banda de Condução

Banda de valência e banda de condução e a diferenças de energia entre as duas nos três tipos diferentes de materiais. Esta distinção condiciona a condutividade elétrica dos materiais.

Para melhor compreensão do efeito fotovoltaico é necessário entender o comportamento das partículas presente num átomo. Mas para simplificar, é necessário saber que os semicondutores têm a banda de valência completamente cheia e a banda de condução vazia.

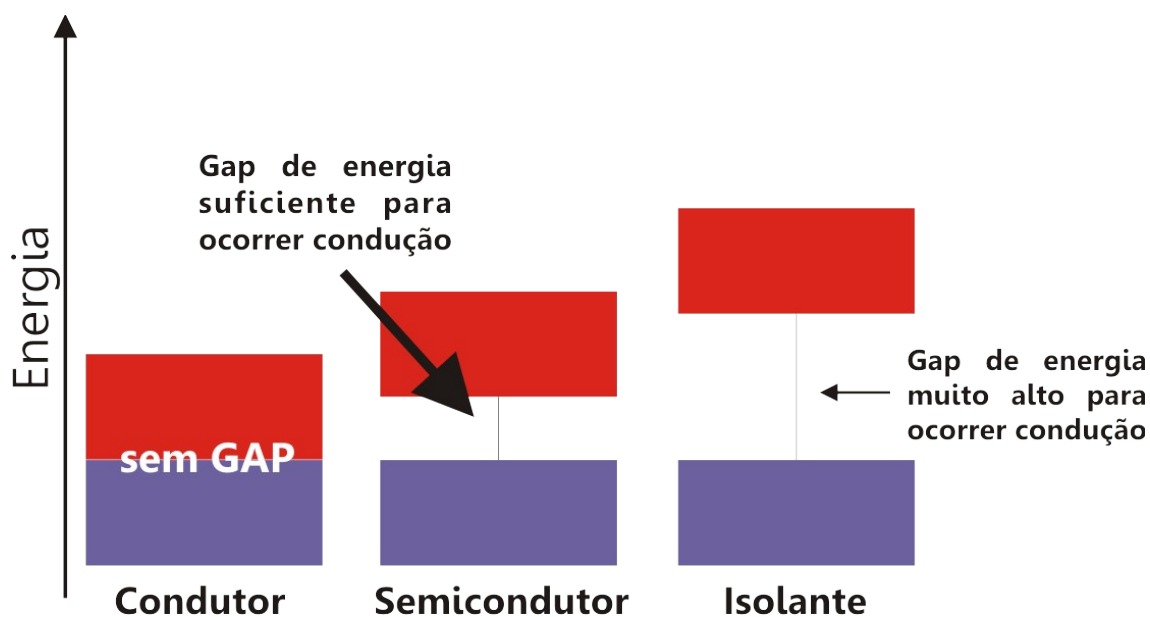


Figura 15 - Nível de energia entre os materiais. Azul representa a banda de valência e vermelho, banda de condução.

A probabilidade de um elétron da banda de valência pular para a banda de condução é proporcional à largura do “Band-Gap”.

Por condições naturais os elétrons de valência podem obter energia cinética e assim quebrar ligações para alcançar seu estado livre. Esse processo ocorre quando ao “receber fótons de radiação eletromagnética com frequência dentro do espectro da luz visível, os elétrons da banda de valência podem saltar pra banda de condução, gerando no interior da estrutura cristalina do semicondutor uma corrente elétrica” (CALAFERRO, 2012). Quando o elétron salta para a banda de condução deixa uma lacuna ou buraco que é preenchido por outro elétron, esse processo de preenchimento de elétron é denominado efeito da recombinação, fazendo com que o cristal fique **eletricamente** neutro.

Todo semicondutor puro é chamado de semicondutor intrínseco. Para aproveitar o movimento que os elétrons realizam dentro no interior do material para gerar uma corrente elétrica é preciso adicionar impurezas a ele, este processo é chamado de dopagem.

Semicondutores intrínsecos

O semicondutor intrínseco é encontrado na natureza na sua forma mais pura, uma vez que a quantidade de portadores carga positiva é igual à quantidade de portadores de carga negativa. Para gerar energia é necessário inserir átomos de impurezas na estrutura do silício para melhorar suas propriedades condutoras.

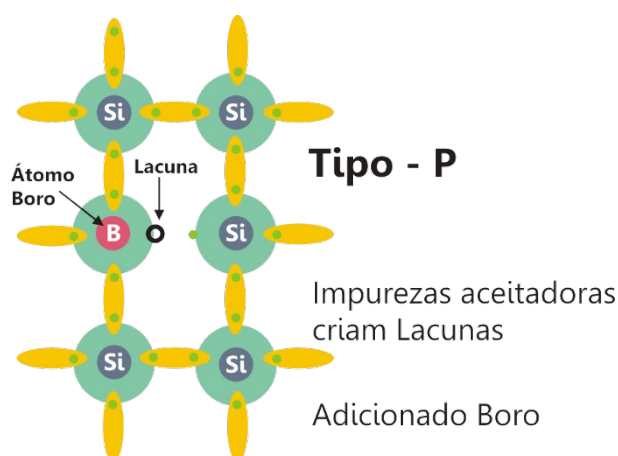


Figura 16 - Estrutura cristalina tetraédrica do silício

Semicondutores extrínsecos

Semicondutores extrínsecos são materiais dopados, são formados a partir da adição de átomos de impurezas a um material semicondutor intrínseco, melhorando as propriedades condutoras. Esse processo de adicionar impurezas a um material semicondutor é chamado de processo de dopagem.

A dopagem é feita com:

Um elemento pentavalente (fósforo) com excesso de um elétron que não faz parte de ligações covalentes. Assim temos um semicondutor de tipo N. Veja figura 5.

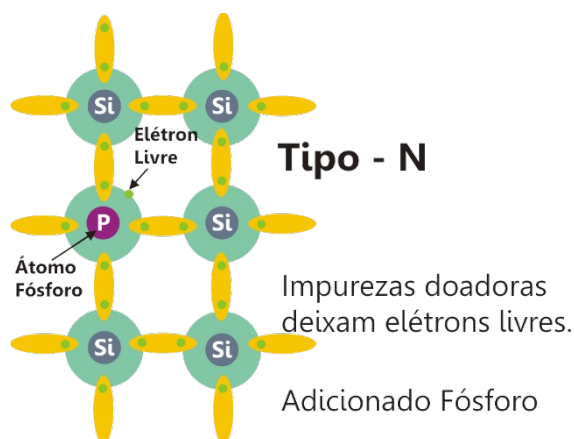


Figura 17 -Semicondutor do tipo N

Com um elemento trivalente (boro) com falta de um elétron, portanto um elétron do Si não forma ligação covalente criando buracos ou lacunas eletrônicas. Assim temos um semicondutor de tipo P. Veja figura H.

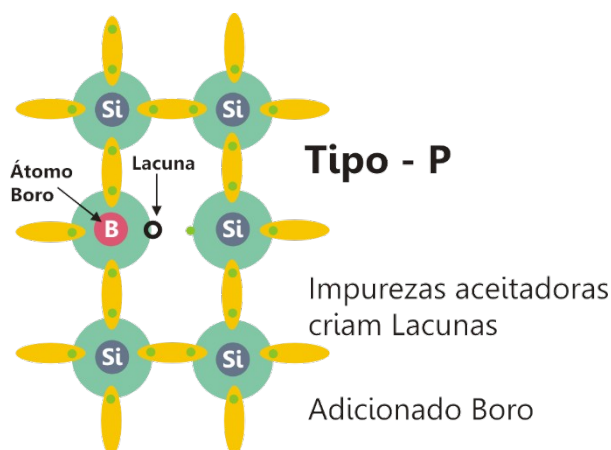


Figura 18 - Semicondutor do tipo P

Semicondutores extrínsecos p-n

As células fotovoltaicas são formadas pela união de duas lâminas de silício, uma dopada com boro e a outra dopada com fósforo. Incide sobre a camada p fótons com energia adequada que liberam elétrons do silício, os quais atravessam a camada de semicondutor e vão para a camada n, não podendo mais voltar. Esta camada n adquire uma diferença de potencial em relação à camada p. Cria-se um movimento de lacunas ou buracos na camada p. Inicia-se uma corrente elétrica contínua quando conectados por um fio condutor a

camada p a camada n. A corrente contínua gerada pode ser convertida em alterna através de um aparelho chamado INVERSOR.

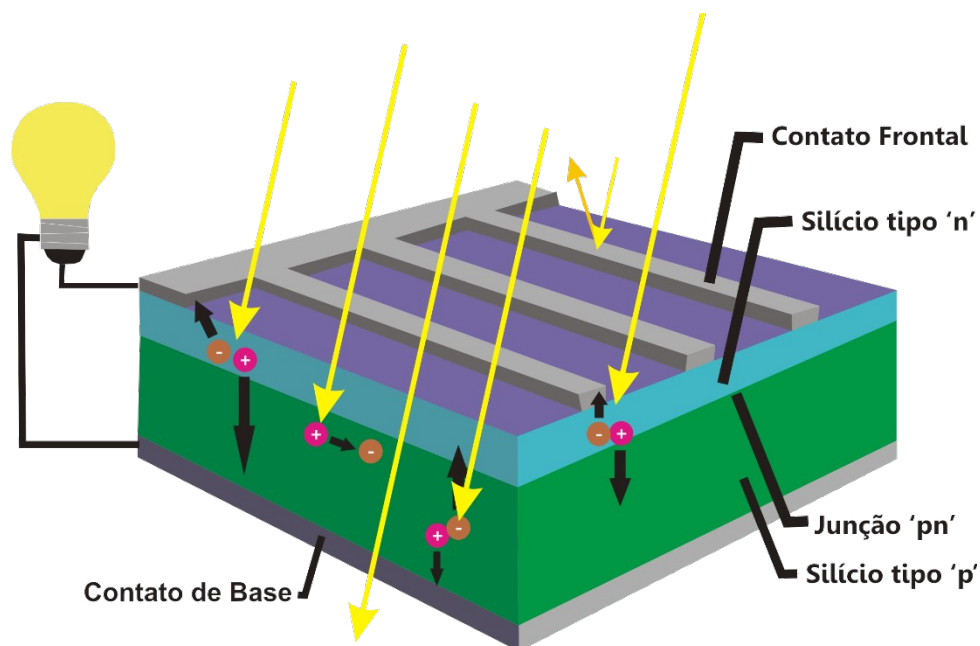


Figura 19 -Junção de duas lâminas de silício tipo p e tipo n

Painéis Solares Fotovoltaicos

Os painéis solares fotovoltaicos são formados por conjuntos de módulo e estes módulos são formados por um conjunto de células que transformam a energia solar em energia elétrica a partir da luz que incide sobre as células. As células fotovoltaicas são fabricadas em tamanhos e formatos diferentes. São conectadas uma a uma para formar um módulo, estes são combinados e ligados formando um arranjo fotovoltaico. Esses arranjos por sua vez podem ter diferentes tamanhos e diferentes potências.

“A tecnologia fotovoltaica utiliza células com camadas de material semicondutor tetravalente (silício), justapostas, uma com dopagem de átomos trivalentes (boro), camada tipo p, outra com dopagem de átomos pentavalentes (fósforo), camada tipo n, formando uma junção pn” (ALVES, 2008). O movimento das cargas dentro do material forma um campo elétrico. Observe figura a figura 2.9.

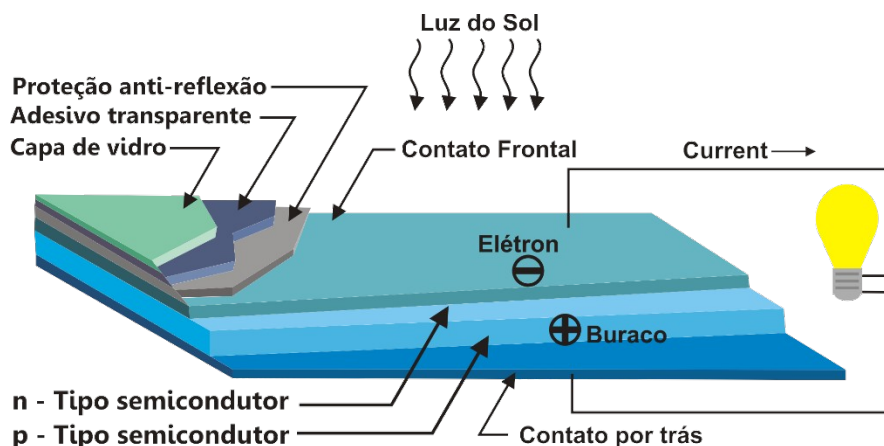


Figura 20 - Composição de uma célula fotovoltaica

O efeito fotovoltaico é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção de luz. O efeito fotovoltaico dá-se em materiais da natureza denominados semicondutores que se caracterizam pela presença de bandas de energia onde é permitida a presença de elétrons (banda de valência) e de outra onde totalmente “vazia” (banda de condução). Conforme fig. 3.0.

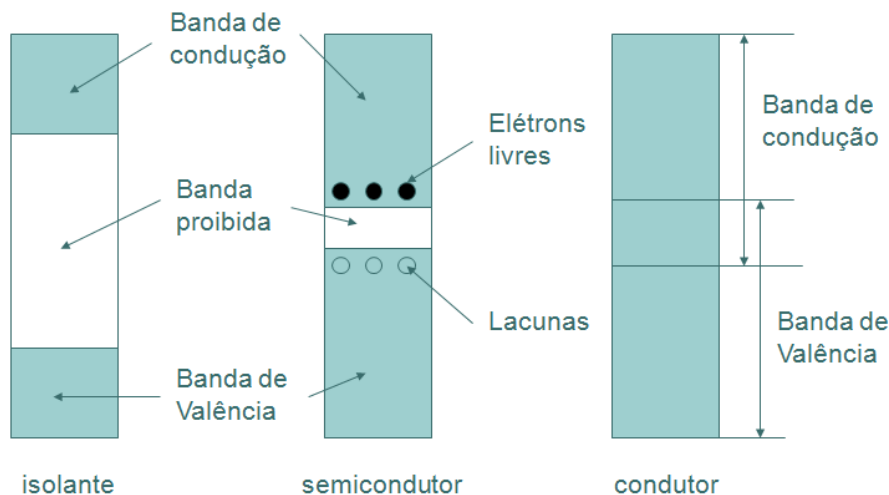


Figura 21 - Bandas de Valência e Bandas de Condução

O silício é o semicondutor mais utilizado na construção de células fotovoltaicas. Uma das características do silício é que possui quatro elétrons em sua última camada que se liga a outros elétrons de átomos vizinhos, que por sua vez formam uma rede cristalina. Ao adicionarem-se átomos de fósforo, por

exemplo, com cinco elétrons de ligação, com excesso de um elétron que não poderá ser emparelhado, este elétron sobrando estará ligado a seu átomo de origem muito fracamente. Portanto para que este elétron desemparelhado fique livre necessitará de pouca energia, pulando para a banda de condução. “Diz-se assim, que o fósforo é um dopante doador de elétrons e denomina-se dopante n ou impureza n” (CRESESB, 1999). Conforme figura 3.1.

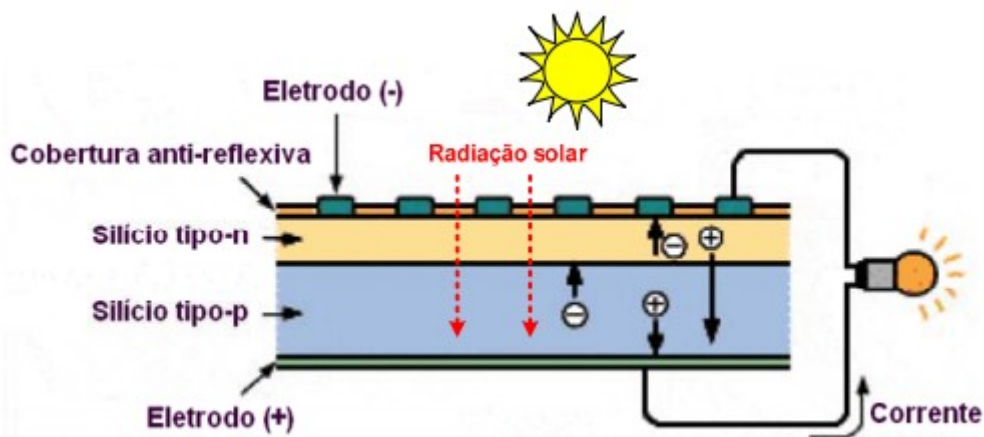


Figura 22 -Formação células fotovoltaicas dopadas

Entretanto se adicionarmos átomos de boro com três ligações ocorrerá uma falta de um elétron, que por sua vez não completará as ligações com os átomos de silício da rede cristalina. “Esta falta de elétron é denominada buraco ou lacuna e ocorre que, com pouca energia térmica, um elétron de um sítio vizinho pode passar a esta posição, fazendo com que o buraco se desloque. Diz-se, portanto, que o boro é um aceitador de elétrons ou um dopante p” (CRESESB, 1999).

A energia térmica gerada pelo sol é suficiente, para que os elétrons em excesso dos átomos do fósforo estejam livres, e os buracos ou lacunas deixados pelos átomos de boro também se desloquem.

“Se, partindo de um silício puro, forem introduzidos átomos de boro em uma metade e de fósforo na outra, será formado o que se chama junção pn, vide Figura 2” (CRESESB, 1999). Nesta junção os elétrons livres que estão no lado n saltam para o lado p onde os buracos do lado p aprisionam os elétrons vindos

do lado n, ocorrendo neste caso um amontoado de elétrons no lado p. Isso faz com que o lado p torne-se eletricamente negativo e o lado n eletricamente positivo. Portanto origina-se um campo elétrico permanente devido ao aprisionamento das cargas, este campo impede o salto de mais elétrons do lado n para o lado p. Uma barreira é formada pelo campo elétrico bloqueando os elétrons livres remanescentes no lado n, neste momento diz-se que o processo alcança o equilíbrio. A variação do campo elétrico é visto na figura 2 na direção perpendicular à junção pn como descreve o documento CRESESB (1999). No entanto, se esta junção pn, vista na figura 3.2 ser “exposta a fótons com energia maior que o gap, ocorrerá a geração de pares elétron-lacuna; se isto acontecer na região onde o campo elétrico é diferente de zero, as cargas serão aceleradas, gerando assim, uma corrente através da junção” (CRESESB, 1999). O movimento de cargas neste processo gera a uma diferença de potencial ao qual damos o nome de Efeito Fotovoltaico. Ocorrerá uma movimentação de elétrons se conectarmos as duas extremidades do silício por um fio, como mostrado na figura 3. Todo este processo “é a base do funcionamento das células fotovoltaicas” (CRESESB, 1999).

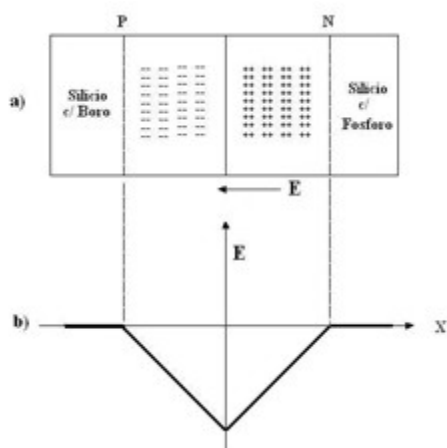


Figura 23 - Campo elétrico perpendicular à junção pn

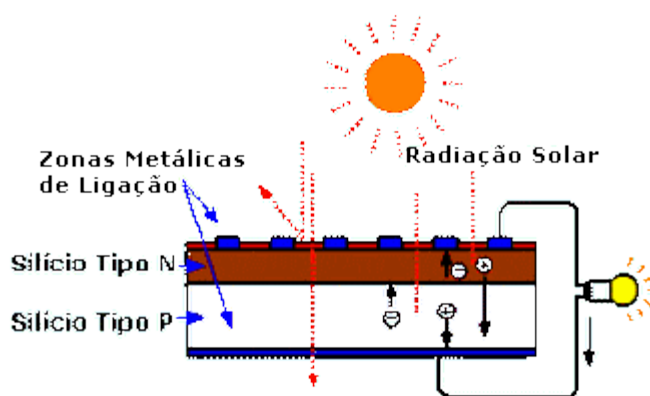


Figura 24 - Corrente elétrica entre células do tipo p e n

Tipos de Células

O silício (Si) é o material mais utilizado na fabricação de células fotovoltaicas, podendo ser constituído de cristais: amorfos, monocristalinos e policristalinos. Observe a figura 3.4 que mostra a estrutura cristalina dos cristais: amorfos, monocristalinos e policristalinos e na fig 3.5 exemplos de células de cada material.

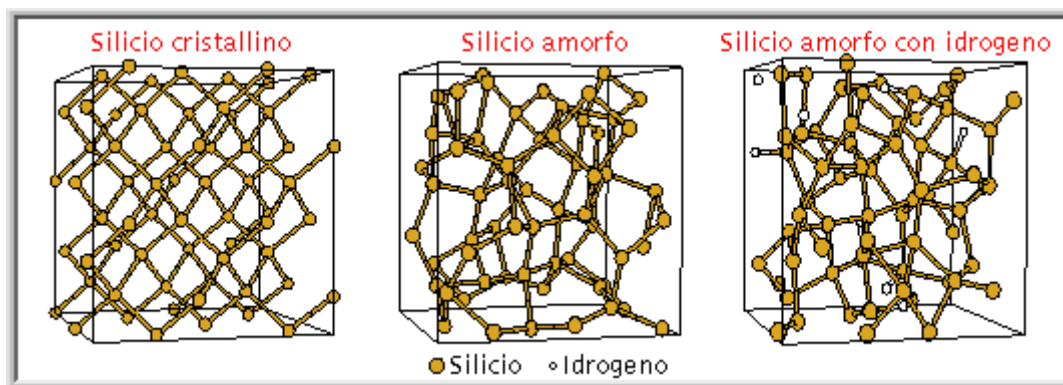


Figura 25 - Estrutura cristalina dos cristais: amorfos, monocristalinos e policristalinos

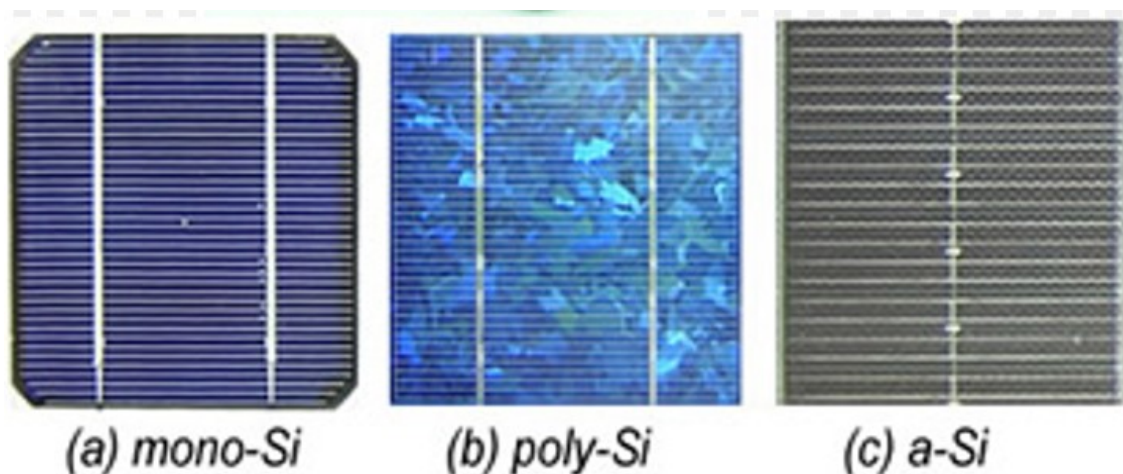


Figura 26 - Diferentes tipos de células de silício

Silício Amorfo

A estrutura cristalina do silício amorfo apresenta um alto grau de desordem na estrutura de seus átomos. Isso é o que diferencia das demais estruturas cristalinas. Este material tem se mostrado vantajoso tanto da fabricação das células fotovoltaica quanto nas propriedades elétrica. “Por apresentar uma absorção da radiação solar na faixa do visível e podendo ser fabricado mediante deposição de diversos tipos de substratos, o silício amorfo vem se mostrando uma forte tecnologia para sistemas fotovoltaicos de baixo custo” (CRESESB, 1999). Uma das vantagens de se produzir células fotovoltaicas com o silício amorfo é que o processo fabricação é simples e barato e o consumo de energia na produção é pequeno. No entanto, também apresenta algumas desvantagens como: “baixa eficiência de conversão comparada às células mono e policristalinas de silício; as células são afetadas por um processo de degradação logo nos primeiros meses de operação, reduzindo assim a eficiência ao longo da vida útil” (CRESESB, 1999) . A figura 3.6 mostra a estrutura cristalina do silício amorfo.

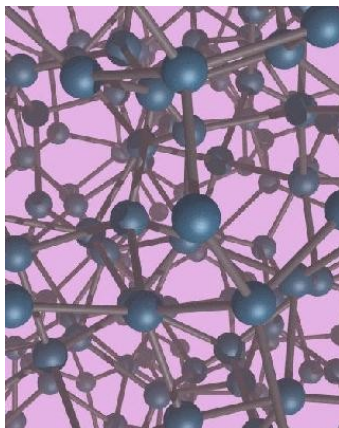


Figura 27 - Estrutura cristalina do silício amorfo

Silício Monocristalino

Na fabricação de células fotovoltaicas o silício monocristalino é o mais utilizado, sua comercialização como conversora de energia solar em energia elétrica e toda tecnologia de fabricação destas células é um processo básico muito bem formado. Para o funcionamento das células fotovoltaicas é necessário de um grau de impureza do silício na faixa de 99,9999%, ou seja, é necessário dopar o material.

O silício é dopado fundindo-o juntamente com quantidade pequena do material boro que é do tipo p. Em seguida é extraído deste material fundido um cilindro grande do silício monocristalino dopado. Depois da extração este cilindro é fatiado em camadas finas de aproximadamente 300 μ m. “Após o corte e limpeza de impurezas das fatias, deve-se introduzir impurezas do tipo N de forma a obter a junção. Este processo é feito através da difusão controlada onde as fatias de silício são expostas a vapor de fósforo em um forno onde a temperatura varia entre 800 a 1000o C” (CRESESB, 1999). As células de silício monocristalino são as que apresentam maior eficiência energética em relação a outras células que tem o silício como material base.

Silício Policristalino

O processo de fabricação das células de silício policristalinas é mais vantajoso que o das células de silícios monocristalinas pois requer menos custo e a preparação dessas células é menos rigoroso. Entretanto a eficiência energética é um pouco baixa quando comparado com as células de silício monocristalinas. O processo de pureza do silício usadas na fabricação das células de silício policristalino é semelhante ao do Silício monocristalino. As técnicas de fabricação das células policristalinas são iguais a as das células monocristalinas, porém a fabricação das células policristalinas requer um controle menos rigoroso. “Podem ser preparadas pelo corte de um lingote, de fitas ou depositando um filme num substrato, tanto por transporte de vapor como por imersão. Nestes dois últimos casos só o silício policristalino pode ser obtido. Cada técnica produz cristais com características específicas, incluindo tamanho, morfologia e concentração de impurezas” (CRESESB, 1999).

Os três principais tipos de sistemas de energia solar

Energia solar térmica

Energia obtida através de coletores solares. São utilizados em casas, empresas e hotéis para aquecimento de água. São sistemas simples e econômicos com a função de transferir o calor da radiação solar para aquecimento da água.

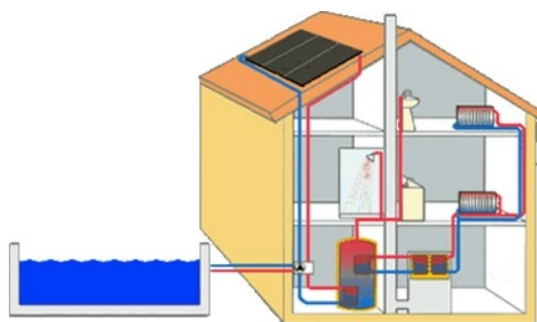


Figura 28 - Modelo de um sistema utilizando energia térmica através de coletor solar em uma residência.

Energia solar fotovoltaica

São sistemas que utilizam células fotovoltaicas para transformar energia solar em energia elétrica.

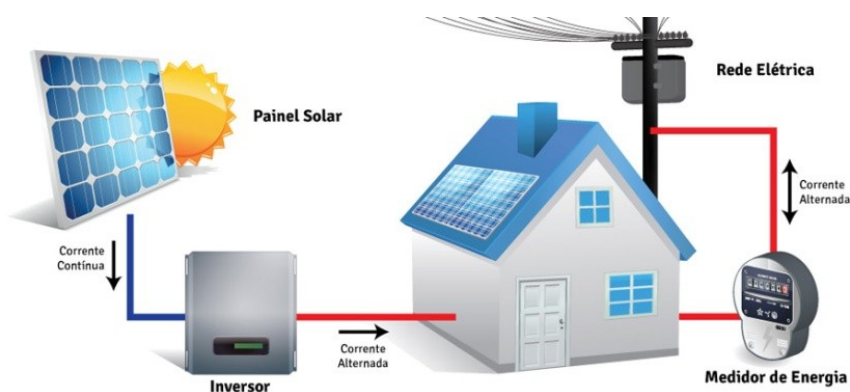


Figura 29 - Modelo de sistema que utiliza painel fotovoltaico que é um conjunto de células que converte a energia solar para transformar em energia elétrica.

Energia termossolar ou energia solar concentrada

São sistemas de espelhos que concentram energia solar e só depois transformam em energia elétrica. É pouco difundido pois tem alto custo e alta complexidade de instalação.



Figura 30 - Modelo de uma usina termossolar. Fonte: http://2.bp.blogspot.com/-eCDL95P_LbE/UTK-v9HyP1/AAAAAAAAAMU/o9UsTrXPda8/s320/Energ%C3%ADa-solar-t%C3%A9rmica+02.jpg

Os sistemas fotovoltaicos podem ser de diversos tipos:

Conectados à rede: Considerado o mais popular, normalmente é instalado sobre o telhado de casas, empresas e escritórios. Necessita de um inversor, para transformar a energia em corrente contínua para corrente alternada. O local possui acesso à rede elétrica. Toda energia produzida é mais disponibilizada na rede. Pretende reduzir parcial ou totalmente o seu consumo.

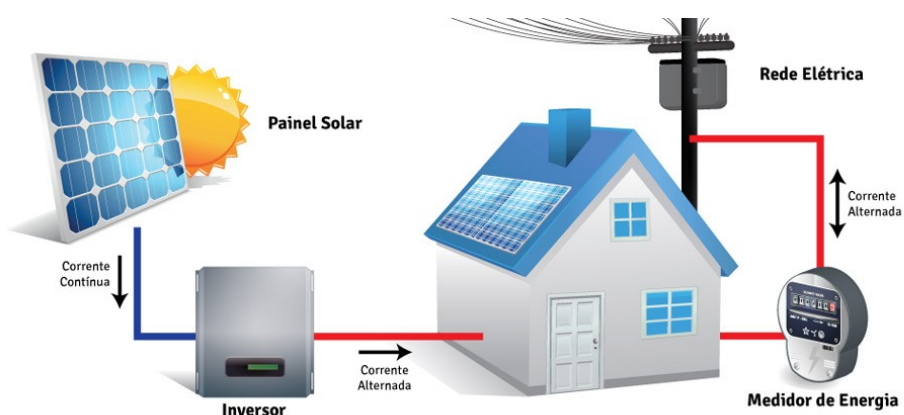


Figura 31 - Modelo de sistema que utiliza tanto energia elétrica da rede como energia gerada pelas células fotovoltaicas (conectado à rede).

Isolados: O local é remoto e não possui acesso à rede elétrica. Exemplo: zonas rurais, neste caso a energia fotovoltaica é a única fonte de eletricidade e é necessário algum armazenamento, como baterias. Esses sistemas atendem residências individualmente ou pode ser instalado em pequenas redes para atender uma pequena comunidade.. Pretende gerar e utilizar energia elétrica no local.



Figura 32 - Modelo de sistema que utiliza somente a energia gerada pelas células fotovoltaicas (sistema isolado).

Fig. 4.1

Fonte: http://www.neosolar.com.br/images/saiba-mais/energia_solar_fotovoltaica-off-grid.jpg

Híbridos: Esse sistema de geração de energia fotovoltaica funciona em conjunto com geradores eólico ou diesel, entre outros. São sistemas mais complexos, podem estar conectados a rede, isolados ou ter o apoio da rede.

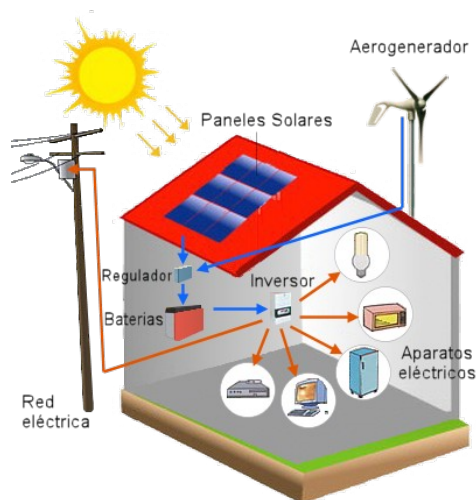


Figura 33 - Modelo de sistema que utiliza várias fontes de energia alternativa para gerar energia elétrica (Sistema Híbrido).

Usinas solares: São sistemas conectados à rede, produzem energia elétrica em mais quantidade em um único ponto. A capacidade da usina varia de centenas de quilowatts a megawatts. Instalações como essas geralmente ficam sobre

grandes edifícios industriais ou no solo em locais próximo a indústrias que demandam grande quantidade de energia.

A Gemasolar, primeira usina do mundo capaz de produzir energia solar 24 horas por dia, foi instalada este mês na região de Sevilha, que fica na Espanha, pela Torresol Energia.



Figura 34 - Exemplo de uma usina solar - Gemasolar - Espanha. Fonte: <http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/imagens/primeira-usina-de-energia-solar-24-horas-ja-esta-funcionando.jpg>

Aplicado em bens de consumo: Uma grande variedade de equipamentos elétricos utilizam células fotovoltaicas como: relógios, calculadoras, brinquedos, carregadores de bateria. Também se utiliza células fotovoltaicas para sistemas de irrigação, , postes públicos; sinalização em rodovias ou telefones públicos.



Figura 35 - Exemplos de aplicações em bem de consumo como calculadoras, relógios e brinquedos.

Diferença entre célula, módulo e painel fotovoltaico

Célula fotovoltaica ou célula solar: “conversor de energia solar elementar, desenvolvido para realizar a conversão direta da energia solar em energia elétrica” (IZIDORO; ORSI; CORDEIRO, 2014);

Módulo fotovoltaico: estrutura única formada por um aglomerado de células solares, conectadas eletricamente com finalidade de gerar energia;

Painel fotovoltaico: unidade constituída por um ou mais módulos conectados eletricamente, formando uma única estrutura.

Arranjo fotovoltaico: combinação de um ou mais painéis fotovoltaicos interligados de modo a garantir saída única de corrente elétrica;

Sistema fotovoltaico: “é o conjunto de elementos necessários para geração de energia solar. Além do arranjo fotovoltaico, são necessários equipamentos de controle, supervisão, proteção, condicionamento e, certas vezes, armazenamento de energia. Bem como a fiação, estrutura e suporte da instalação” (IZIDORO; ORSI; CORDEIRO, 2014). A Figura 4.5 ilustra a diferença entre módulo, painel e célula fotovoltaica.



Figura 36 - Diferença entre célula, módulo e painel fotovoltaico. Fonte: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3064/1/CT_COELE_2014_1_08.pdf

Panorama Mundial

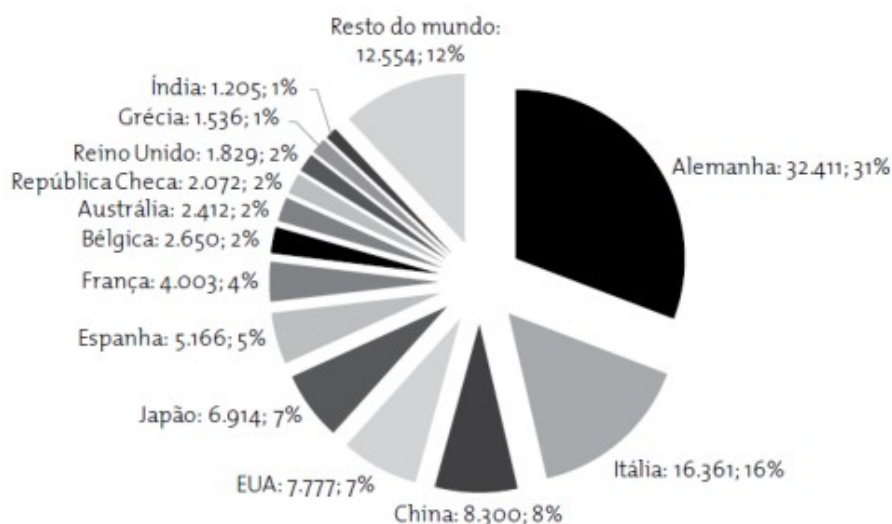


Figura 37 - Fonte: Esposito & Fuchs (2013).

Gráfico 2. Principais empresas fabricantes de painéis fotovoltaicos no mundo.

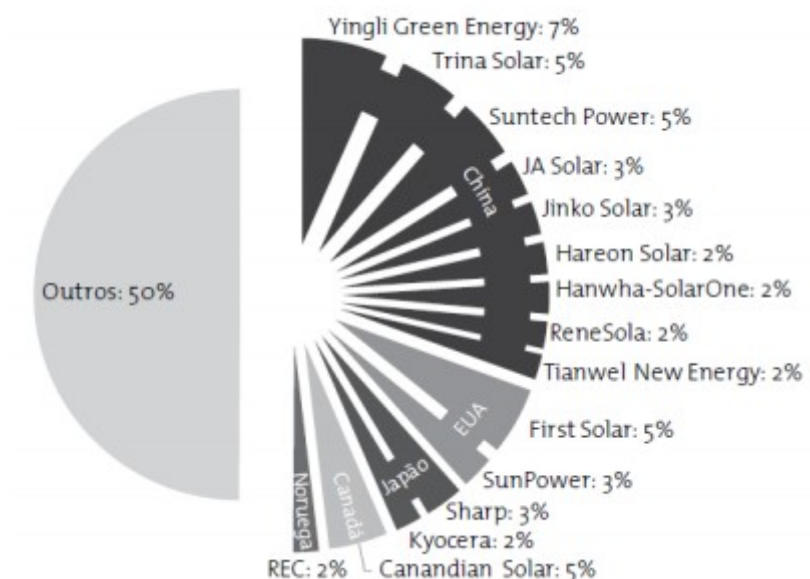
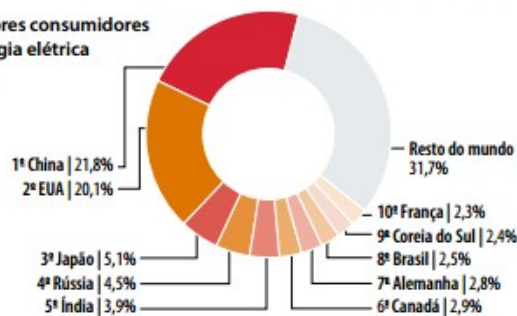


Figura 38 - Fonte: Esposito & Fuchs (2013).

Panorama mundial da energia elétrica

China e EUA lideram consumo, ainda baseado em combustíveis fósseis

Os maiores consumidores de energia elétrica (2011)



Geração de energia elétrica mundial por fonte (%)

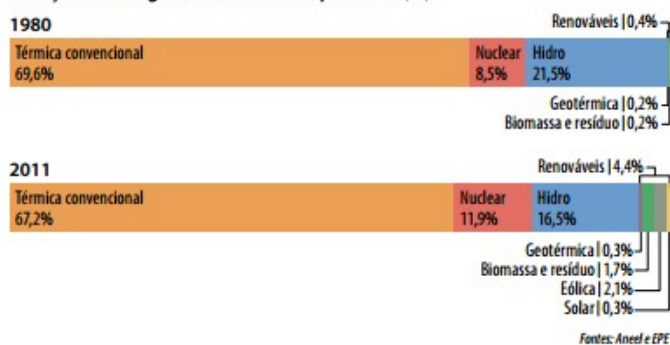


Figura 39 - Fonte: Aneel e EPE.

Panorama da Energia Fotovoltaica no Brasil

Segundo o Ministério de Minas e Energia o Brasil mudará o cenário de geração de energia solar. Cerca de 700 mil consumidores tanto residências como comerciais até o ano de 2024 terão em seus telhados instalados painéis fotovoltaicos que converteram a energia solar em energia elétrica. A energia produzida será utilizada para o consumo das residências e comércios e o excedente será vendido para a distribuidora. Esta será uma nova forma de reduzir a conta de luz. Também de acordo o secretário executivo do Ministério de Minas e Energia Luís Eduardo Barata alguns projetos estão em curso. Estes projetos visam ampliar a matriz energética solar brasileira como a implantação de flutuadores na superfície dos reservatórios das hidrelétricas como as colocadas em Balbina e Sobradinho.

A Eletrosul, em parceria com a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e o Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas da América Latina (Ideal), lançaram o Projeto Megawatt Solar. Este projeto pretende instalar no prédio-sede da Eletrosul e no estacionamento painéis solares fotovoltaicos que possibilitará a auto suficiência energética. A energia gerada será em média de 1,2 Gwh o que equivale ao consumo de 400 residências anualmente.

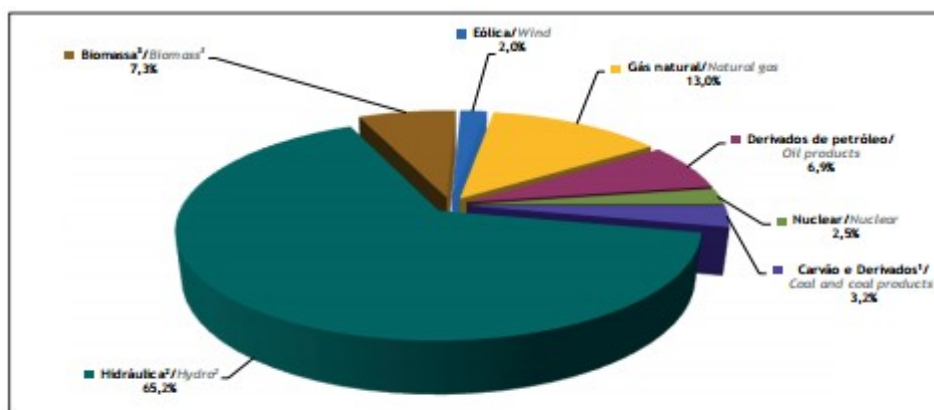
O Brasil é o país com a maior participação de energia renovável na matriz de geração elétrica entre os países do Brics, que inclui Rússia, Índia, China e África do Sul, lembrando que não inclui aqui importações.

Segundo o relatório De acordo com o relatório “Energia no Bloco dos Brics” (agosto de 2015), as fontes renováveis representaram 73% da geração de energia elétrica do País, em 2014. Nos demais países do grupo “ (agosto de 2015) “, este percentual varia de 2% (no caso da África do Sul) a 22%, na China. Os combustíveis fósseis acabam ficando com papel secundário como complementação da energia renovável da matriz energética brasileira, com 22% de participação. Enquanto a África, China e Índia tem na sua matriz energética

participação de 75% dos combustíveis fósseis , e a Rússia com 66%. Lembrando que estes combustíveis fósseis são os principais emissores de CO₂. Vale destacar que no Brasil, a oferta interna de energia conta com 39% de energias renováveis, quase três vezes o indicador mundial.

Atualmente, no Brasil a contribuição da energia solar na matriz energética é de 0,2%. O presidente da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Mauricio Tolmasquim, informa que estudos indicam que os painéis fotovoltaicos instalados nas residências podem gerar cerca de 5 mil MW médios no ano de 2050, resultante de uma potência instalada de 33 mil MW. O governo contribuirá com medidas de incentivo para a instalação de painéis fotovoltaicos em residências como a isenção do ICMS para famílias que geram a própria energia. No ano de 2050 de acordo com projeções da EPE, o Brasil poderá contar com 78 mil MWp de potência instalada em energia solar. Destes 78 mil MWp instalados 33 mil MW são de residências, 29 mil MWp do setor comercial, 13 mil MWp gerados nas indústrias e 3 mil MWp oriundos do poder público.

Outro projeto que está atendendo moradores das reservas extrativistas (Resex) Verde para Sempre, situado no município de Porto de Moz (PA) é o projeto Luz para Todos, onde 1422 famílias utilizam painéis fotovoltaicos para gerarem sua própria energia. As comunidades ribeirinhas nos estados do Maranhão, Amazonas, Acre e Pará utilizam destes benefícios. Este Programa Luz para Todos já beneficiou em todo o Brasil 3.032.753 famílias. As fontes renováveis representaram 73% da geração de energia elétrica do Brasil, sendo nos demais países, percentual varia de 2% a 22% de acordo com o Portal Brasil 2015.



Notas/ Notes:

¹ Inclui gás de coquearia/ Includes coke oven gas

² Inclui importação de eletricidade/ Includes electricity imports

³ Inclui lenha, bagaço de cana, lúvia e outras recuperações/ Includes firewood, sugarcane bagasse, black-liquor and other primary sources

Figura 40 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte. Fonte: BEN 2015.

Empreendimentos em Operação							
Tipo	Capacidade Instalada			%	Total		
	N.º de Usinas	(kW)			N.º de Usinas	(kW)	%
Hidro		1.127	87.392.135	63,02	1.127	87.392.135	63,02
Gás	Natural	116	12.535.890	9,04	157	14.303.313	10,32
	Processo	41	1.767.423	1,27			
Petróleo	Óleo Diesel	1.173	3.576.064	2,58	1.206	7.659.677	5,52
	Óleo Residual	33	4.083.613	2,94			
Biomassa	Bagaço de Cana	383	9.667.771	6,97	484	11.991.718	8,65
	Licor Negro	17	1.785.022	1,29			
	Madeira	53	437.635	0,32			
	Biogás	22	64.857	0,05			
	Casca de Arroz	9	36.433	0,03			
Nuclear		2	1.990.000	1,44	2	1.990.000	1,44
Carvão Mineral	Carvão Mineral	13	3.389.465	2,44	13	3.389.465	2,44
Eólica		177	3.751.933	2,71	177	3.751.933	2,71
Fotovoltaica		161	11.271	0	161	11.271	0
Importação	Paraguai		5.650.000	5,46		8.170.000	5,89
	Argentina		2.250.000	2,17			
	Venezuela		200.000	0,19			
	Uruguai		70.000	0,07			
Total		3.329	138.663.862	100	3.329	138.663.862	100

Tabela 1 – Fonte: Aneel/2014.

Aplicações

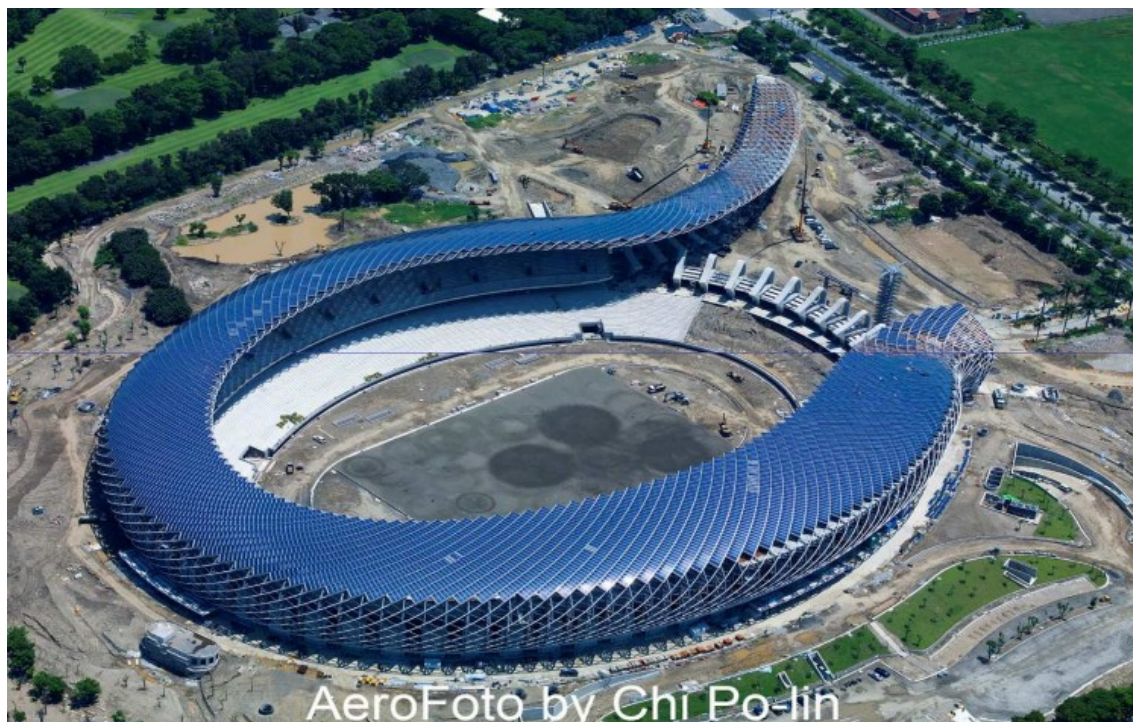


Figura 41 - Taiwan – Estádio de futebol – 14 mil m² de teto – 8.844 painéis – 3300 luzes - cidade de Kaohsiung.
Fonte: <http://portaltagit.ne10.uol.com.br/arquitetura/wp-content/uploads/sites/14/2014/06/taiwan.jpg>



Figura 42 - Usina em Tubarão, no sul de Santa Catarina, tem 19.424 painéis solares - capacidade instalada de 3MWp – 10 hectares. Fonte: <http://www.cdl-bc.com.br/portal/noticias/maior-usina-solar-do-pais-entra-em-operacao-em-sc/>



Figura 43 - ODYSSEUS – tecnologia NASA/USA – monitorar clima e “telecomunicações”. Fonte: <http://revistamadretierra.com/2014/01/energia-limpa-para-el-planeta/>



Figura 44 -Maior barco movido exclusivamente a energia solar do mundo, o Turanor PlanetSolar navega pelo rio Sena, perto de Paris. (Foto: Benoit Tessier/Reuters). Fonte: <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2013/09/maior-barco-movido-energia-solar-do-mundo-navega-pelo-rio-sena.html>

Fig. 11.



Figura 45 - Casa Inteligente construída pela Panasonic em Fujisawa no Japão. Fonte: <http://www.pratil.com.br/blog/2014/12/cidade-inteligente-no-japao-e-inaugurada/>

Referências Bibliográficas

ALVES, Alceu Ferreira. DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE POSICIONAMENTO AUTOMÁTICO PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS. 2008. 152 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bla/33004064021P7/2008/alves_af_dr_botfca.pdf>. Acesso em: 08 set. 2015.

CALAFERRO, Luis; CALAFERRO, José. **Energia Solar: Como Funciona?** – O Efeito Fotovoltaico. 2012. BlueSol Educacional. Disponível em: <<http://www.bluesol.com/energia-solar/energia-solar-como-funciona-tipos-de-celulas-fotovoltaicas/>>. Acesso em: 09 set. 2015.

CRESESB - Centro de Referência Para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA (Rio Janeiro).. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cresesb, 1999. 206 p. Disponível em:

<http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2004.pdf>. Acesso em: 10 set. 2015.

Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Balço Energético Nacional 2015: Ano base 2014**. Rio de Janeiro: Epe, 2015. 292 p. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2015.

ESPOSITO, Alexandre Siciliano; FUCHS, Paulo Gustavo. Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil. Revista do BNDES, v. 40, dez/2013, pp. 85-114. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/rev4003.pdf. Acesso em 10 de setembro de 2015.

IZIDORO, Bruna Caroline; ORSI, Gustavo Cardoso; CORDEIRO, Leandro Ricardo. **ESTUDO DO PANORAMA NACIONAL PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE APÓS A RESOLUÇÃO 482/2012 DA ANEEL**. 2014. 174 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Eletrotécnica, Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3064/1/CT_COELE_2014_1_08.pdf>. Acesso em: 11 set. 2015.

Ministério de Minas e Energia (MME). **Governo prepara salto da energia solar em residências e empresas**. 2015. Assessoria de Comunicação Social do MME. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 16 set. 2015.

Ministério de Minas e Energia (MME). **Decreto facilita o Luz para Todos em áreas isoladas**. 2015. Assessoria de Comunicação Social do MME. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 16 set. 2015.

Portal Brasil. **Brasil tem energia elétrica mais renovável dos Brics:** Energia no Bloco. 2015. Todo o conteúdo deste site está publicado sob a licença Creative Commons CC BY ND 3.0 Brasil CC BY ND 3.0 Brasil. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2015/09/brasil-tem-energia-eletrica-mais-renovavel-dos-brics>>. Acesso em: 16 set. 2015.

Ministério de Minas e Energia (MME). **Energia solar vai atender moradores de Reserva Extrativista no Pará.** 2015. Assessoria de Comunicação Social do MME. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/>>. Acesso em: 16 set. 2015.

SOL, América do. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: Os diversos tipos de sistemas fotovoltaicos. 2015. Disponível em: <http://www.americadosol.org/energia_fotovoltaica/sistemas-fotovoltaicos/>. Acesso em: 10 set. 2015.

Exercícios

Conversão de Energia Solar em Elétrica

1. (CEFET-PR) dentre as citadas assinale a alternativa que contenha apenas as fontes de energia renováveis mais utilizadas no Brasil:

- a) Solar, hidrelétrica e eólica.
- b) Hidráulica, lenha e biomassa.
- c) Hidráulica, xisto e solar.
- d) Petróleo, solar e lenha.
- e) Álcool, eólica e solar.

2. Em relação as células fotoelétricas, é incorreto:

Escolher uma resposta.

- a) Corrente gerada é contínua.
- b) O Calor afeta diretamente a eficiência de células fotovoltaica
- c) O material utilizado altera a eficiência das células.
- d) São utilizadas em satélites
- e) Nda

3. Ao incidir luz sobre células fotovoltaicas

Escolher uma resposta.

- a) o aquecimento provoca uma diferença de potencial (ddP).
- b) é criado um campo magnético idêntico aos ímãs de geradores.
- c) os elétrons que circulam livremente entre os átomos, geram uma corrente elétrica
- d) a energia luminosa é transformada em energia térmica.
- e) nda

4. Qual dispositivo abaixo é comum encontrarmos células fotoelétricas?

Escolher uma resposta.

- a) Osciloscópios
- b) Leitores Biométricos
- c) Lasers
- d) Calculadoras
- e) Nda

5. A energia solar é uma fonte de energia limpa, pois não polui o meio ambiente. O Brasil é considerado um país com clima favorável para geração de energia utilizando o sol como fonte, porém ainda ela é pouco utilizada. Assinale a(s) alternativa(s) correta(s) que justifica esse fator de realidade para o Brasil.

- a) alta concentração de nuvens sobre o Brasil.
- b) custo elevado dos investimentos na aquisição de células fotovoltaicas.
- c) baixa capacidade de armazenamento de energia.
- d) excesso de água, não necessitando de outras fontes de energia.
- e) nda.

6. (Enem 2002) **Em usinas hidrelétricas, a queda d'água move turbinas que acionam geradores. Em usinas eólicas, os geradores são acionados por hélices movidas pelo vento. Na conversão direta solar-elétrica são células fotovoltaicas que produzem tensão elétrica. Além de todos produzirem eletricidade, esses processos têm em comum o fato de:**

- a) não provocarem impacto ambiental.
- b) independerem de condições climáticas.
- c) a energia gerada poder ser armazenada.
- d) utilizarem fontes de energia renováveis.
- e) dependerem das reservas de combustíveis fósseis.

7. A Energia solar pode ser considerada uma fonte de energia limpa, ou seja, não polui o meio ambiente. Assinale a alternativa que corresponde a essa afirmativa.

- a) Toda a produção de energia elétrica pelos raios de sol emite poluentes na atmosfera.
- b) Na conversão de energia solar em energia elétrica não há queima de combustíveis, nem emissão de CO₂ para a atmosfera.
- c) Para a instalação de placas fotovoltaicas ocorre morte de animais e plantações em função da área terrestre necessária.
- d) A energia gerada pelo sol ocasiona transformações imediatas na atmosfera, como alteração na camada de ozônio.
- e) O uso do silício como material para construir as células fotovoltaicas provoca doenças graves como o câncer no ser humano.

8. (FGV/2006) “As usinas de energia solar responderão por 2,5% das necessidades globais de eletricidade até 2025 e 16% em 2040, diz o relatório da associação europeia do setor e do Greenpeace. Hoje, elas representam 0,05% da matriz energética. A taxa de expansão anual do setor tem sido de 35%.”

Jornal O Estado de S. Paulo, 07/09/2006

Assinale a alternativa que melhor explique esse enunciado:

- a) Essa tendência de expansão explica-se pelo fato de o Sol representar fonte inesgotável de energia, cuja transformação em eletricidade exige um processo simples e de baixo custo, se comparado com a hidreletricidade.
- b) A transformação de energia solar (de radiação) em elétrica difundiu-se muito no Brasil para uso doméstico, especialmente após a crise do apagão, em 2001.
- c) O desenvolvimento da geração de energia elétrica a partir da solar ainda é incipiente no Brasil, pois envolve um processo caro e complexo se comparado à hidreletricidade, relativamente barata e abundante.

d) A tropicalidade do Brasil permite vislumbrar, a médio prazo, um quadro de substituição da energia hidrelétrica por energia solar, sobretudo nas áreas metropolitanas costeiras.

e) A expansão do uso de energia solar apontado pelo enunciado favorece, especialmente, os países subdesenvolvidos que ocupam, em sua maioria, as faixas intertropicais do planeta.

9. Assinale a(s) alternativa(s) incorreta(s) em relação as consequências naturais provocadas pelas alterações climáticas.

- a. Diminuição do nível das águas dos reservatórios.
- b. Aumento do nível do oceano.
- c. Elevadas quantidades de chuvas em curtos períodos em determinadas regiões.
- d. Aumento da temperatura média do planeta.
- e. Aumento significativo das calotas polares.

10. Enumere a primeira coluna a partir da segunda, classificando corretamente os recursos energéticos de fontes perenes e os recursos energéticos de fontes renováveis.

Coluna 1

Coluna 2

() Energia Solar fotovoltaica
perenes

(1) Recursos energéticos de fontes

() Energia hidrelétrica
renováveis

(2) Recursos energéticos de fontes

() Energia eólica

() Biomassa

() Energia proveniente das correntes oceânicas

() Energia Geotérmica

11. Complete a frase de acordo com o conceito utilizando os termos: recurso energético perene e recurso energético renovável.

1. Os _____ são recursos que uma vez utilizado pelo homem são repostos novamente pela natureza em uma escala de tempo biológico.

2. Os _____ são fontes de energia inesgotável

12. Enumere a primeira coluna a partir da segunda, classificando corretamente os diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos.

Coluna 1

() Os painéis fotovoltaicos são instalados nos telhados das casas e prédios, com acesso a rede elétrica, pode gerar energia para o consumo próprio e ainda distribuir na rede elétrica.

() Para obter energia elétrica são utilizados vários recursos energéticos como vento, sol, petróleo, água, etc.

() Células solares são utilizados em equipamentos eletrônicos como brinquedos, calculadoras, relógios, etc.

() A energia elétrica é obtida através de espelhos que convergem a radiação solar para um único ponto só depois é feita a conversão.

() Os painéis fotovoltaicos são instalados em lugares remotos onde a energia elétrica não chega. Toda a energia é utilizada pela residência ou outros e não existe uma rede elétrica.

Coluna 2

- (1)Híbrido
- (2)Conectado a rede
- (3)Isolado
- (4)Aplicação em bens de consumo
- (5)Usina solar

13. Preencha as lacunas das questões abaixo com as palavras indicadas abaixo:

Célula fotovoltaica; Módulo fotovoltaico; Painel fotovoltaico; Arranjo fotovoltaico; Sistema fotovoltaico.

- a)_____ unidade constituída por um ou mais módulos conectados eletricamente, formando uma única estrutura.
- b)_____ é o conjunto de elementos necessários para geração de energia solar.
- c)_____ estrutura única formada por um aglomerado de células solares, conectadas eletricamente com finalidade de gerar energia.
- d)_____ conversor de energia solar elementar, desenvolvido para realizar a conversão direta da energia solar em energia elétrica.
- e)_____ combinação de um ou mais painéis fotovoltaicos interligados de modo a garantir saída única de corrente elétrica;

14. Com base nas informações sobre o silício estudados em sala de aula, assinale as proposições corretas.

- 1. O silício puro é chamado de semicondutor intrínseco.
- 2. Para melhorar as propriedades condutoras do silício é necessário adicionar impurezas a sua estrutura cristalina como um átomo de fósforo ou boro.

4. Silício é o segundo material mais abundante encontrado na superfície da terra.

8. O silício pode ser constituído por cristais amorfos, monocristalinos e policristalinos.

16. O silício dopado é chamado de semicondutor extrínseco.

32. O silício é o material mais utilizado para fabricação de células fotovoltaica.

64. O silício não é considerado um semicondutor.

15. Com relação a energia solar fotovoltaica assinale as proposições corretas.

1. Energia solar fotovoltaica é considerada uma fonte de energia renovável.

2. A energia elétrica obtida a partir de fontes de energia fotovoltaica é produzida a partir de luz solar, e essa produção acontece mesmo em dias chuvosos e nublados, depende da quantidade de radiação solar que chega até a superfície terrestre.

4. Uma das desvantagens da energia solar fotovoltaica é a poluição que ela causa no meio ambiente.

8. Os painéis solares fotovoltaicos são formados por conjuntos de módulo e estes módulos são formados por um conjunto de células que transformam a energia solar em energia elétrica a partir da luz que incide sobre as células.

16. O efeito fotovoltaico, foi relatado pela primeira vez por Alexandre Edmond Becquerel, em 1849.

32. O aproveitamento da energia solar é inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz e sem sombra de dúvidas, uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentarmos os desafios deste mundo em que vivemos.

64. O Brasil não tem condições climáticas para gerar energia elétrica através da energia solar.

Respostas:

1) B

2) B

3) C

4) D

5) B, C

6) D

7) B

8) C

9) E

10) 2, 2, 2, 1, 2, 2

11) recurso energético perene; recurso energético renovável

12) 2, 1, 4, 5, 3

13) painel fotovoltaico, sistema fotovoltaico, módulo fotovoltaico, célula fotovoltaica, arranjo fotovoltaico.

14) somatório 63

15) somatório 43

Plano de Aula

Conversão de Energia Solar em Energia Elétrica

Tema: Conversão de Energia Solar em Energia elétrica

Professor: Carine Heck e Karine S. Coelho

Disciplina: Física

Série, Nível: 2º ano do Ensino Médio

Números de aulas: 05 horas aulas

Justificativa: Atualmente a uma grande preocupação com a busca de novas fontes de energia que não poluem o meio ambiente. A energia Solar fotovoltaica é uma das soluções encontradas, uma vez que ela é abundante da natureza e apresenta-se como uma das mais importantes alternativas de auxílio ao Sistema Integrado Nacional (SIN) para o problema de geração de energia. É necessário que os estudantes tenham conhecimento da importância desse sistema de energia e como ela pode trazer benefícios para o planeta. Além de obter o conhecimento de como funciona uma célula fotovoltaica, ou seja, como é produzida a energia elétrica, suas vantagens e desvantagens. Para que este processo aconteça é necessário relacionar todo o conteúdo teórico estudado em sala de aula com atividades práticas. As atividades práticas e a demonstração tem um papel muito importante na aprendizagem, principalmente nas disciplinas de ciências exatas e da natureza. A utilização das tecnologias pode auxiliar na aplicação deste tipo de atividade criando uma experiência mais rica e próxima da realidade do aluno. Desse modo, propõe-se a utilização do modelo TPACK para o ensino da propagação de calor por condução e irradiação, tornando a aprendizagem mais efetiva e próxima do cotidiano do aluno.

Objetivo geral: O aluno será capaz de compreender o processo de conversão de energia solar em energia elétrica com o auxílio da experimentação remota móvel utilizando o modelo TPACK.

Objetivos específicos:

- a. Identificar as fontes de energia perene, renovável e não renovável.
- b. Identificar as diferenças entre energia perene, renovável e não renovável.
- c. Identificar a composição da matriz energética mundial e brasileira e sua relação com a produção e o consumo de energia.
- d. Auxiliar os alunos na construção de conceitos teóricos sobre energia solar fotovoltaica.
- e. Mostrar exemplos de aplicações de energia fotovoltaica no cotidiano do

- aluno.
- f. Conhecer as vantagens e desvantagens em relação ao impacto social e ambiental da energia solar fotovoltaica.
 - g. Verificar o potencial energético fotovoltaico no Brasil e no mundo.
 - h. Compreender o funcionamento de célula fotovoltaica.
 - i. Conscientizar os alunos sobre o consumo de energia elétrica.

Conhecimentos:

a. Conteúdo (C):

- I. Fonte de Energia;
- II. Energia Solar Fotovoltaica;
- III. Semicondutor;
- IV. Painéis Solares Fotovoltaicos;

b. Pedagógico (P):

- I. Aula expositiva;
- II. Simulador;
- III. Atividades de Fixação;
- IV. Experimentação Remota.

c. Tecnológico (T):

- I. Experimento remoto sobre conversão de energia solar fotovoltaica em energia elétrica;
- II. Dispositivos móveis;
- III. Acesso à internet;
- IV. Ambiente Virtual de Aprendizagem - Moodle;

a. Tecnológico Pedagógico (TPK):

- I. Utilização do Moodle nas atividades de fixação, com a aplicação de questionários.
- II. Efetuar a atividade prática da disciplina através da experimentação remota utilizando computadores do laboratório ou dispositivos móveis.

Articulando os conhecimentos na aula:

1. Pedagógico do Conteúdo (PCK):

O professor abordará algumas questões para possibilitar um debate em sala de aula sobre os temas tratados. Nesse debate os alunos poderão sanar dúvidas e também discutir sobre seus conceitos prévios e os conceitos apresentados pelo professor. Analisar o comportamento desse aluno diante de uma ruptura de conhecimento aquele trazido por ele de seu cotidiano e o representados nos livros didáticos.

Estas questões abordarão conteúdos interdisciplinares de modo a tornar a aula mais interativa, levando a uma abordagem que relacionará o conteúdo estudado com o dia a dia do aluno. São exemplos de questões:

- I. O são fontes de energias perenes, renovável e não renovável?
- II. Porque é necessário buscar outras fontes de energia? Estas fontes de energia tem que ser renovável ou não renovável?
- III. Porque o Brasil é colocado como um país favorável a utilização de energia fotovoltaica?
- IV. Qual a diferença entre energia fotovoltaica, energia térmica e termossolar?
- V. Porque precisamos urgentemente de fontes de energia renovável e perene?
- VI. Qual a diferença entre painel , módulo e célula fotovoltaica?
- VII. Que tipo de material é utilizado na construção de células fotovoltaicas?
- VIII. O que é um semicondutor?

2. Tecnológico do Conteúdo (TCK):

Utilização e observação do experimento remoto sobre conversão de energia solar em energia elétrica, disponível em: <http://www.rexlab.ufsc.br/>

Figura 1 : Acesso ao experimento remoto utilizando dispositivos móveis – depois colocar a figura do experimento.

Acessar o ambiente e efetuar os seguintes procedimentos:

- 1) Observe o experimento. O que acontece ao ligarmos a lâmpada? Por que isto acontece?
- 2) Porque o aerogerador entre em movimento?

3. Tecnológico-Pedagógico do Conteúdo (TPACK):

- a. Durante a demonstração dos experimentos ocorrerão perguntas sobre a observação contínua do experimento:
 - I. Como os conceitos abordados podem ser observados na experiência?
 - II. Quais outras experiências do cotidiano utilizam os mesmos conceitos?
- b. Após o experimento, os alunos acessarão o Moodle a partir de computadores convencionais do laboratório de computação ou de dispositivos móveis e responderão às atividades de fixação.

Figura 9: Acesso ao experimento remoto utilizando computadores conectados a Internet – colocar figura quando experimento ficar pronto

Bibliografia Consultada

ALVES, Alceu Ferreira. DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE POSICIONAMENTO AUTOMÁTICO PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS. 2008. 152 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2008. Disponível em:

<http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bla/33004064021P7/2008/alves_af_dr_botfca.pdf>. Acesso em: 08 set. 2015.

CALAFERRO, Luis; CALAFERRO, José. **Energia Solar: Como Funciona? – O Efeito Fotovoltaico**. 2012. BlueSol Educacional. Disponível em: <<http://www.blue-sol.com/energia-solar/energia-solar-como-funciona-tipos-de-celulas-fotovoltaicas/>>. Acesso em: 09 set. 2015.

CRESESB - Centro de Referência Para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA (Rio Janeiro).. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cresesb, 1999. 206 p. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2004.pdf>. Acesso em: 10 set. 2015.

Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Balço Energético Nacional 2015: Ano base 2014**. Rio de Janeiro: Epe, 2015. 292 p. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2015.

ESPOSITO, Alexandre Siciliano; FUCHS, Paulo Gustavo. Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil. Revista do BNDES, v. 40, dez/2013, pp. 85-114. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/c_onhecimento/revista/rev4003.pdf. Acesso em 10 de setembro de 2015.

IZIDORO, Bruna Caroline; ORSI, Gustavo Cardoso; CORDEIRO, Leandro Ricardo. **ESTUDO DO PANORAMA NACIONAL PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE APÓS A RESOLUÇÃO 482/2012 DA ANEEL**. 2014. 174 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Eletrotécnica, Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em:

<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3064/1/CT_COELE_2014_1_08.pdf>. Acesso em: 11 set. 2015.

Ministério de Minas e Energia (MME). **Governo prepara salto da energia solar em residências e empresas.** 2015. Assessoria de Comunicação Social do MME. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 16 set. 2015.

Ministério de Minas e Energia (MME). **Decreto facilita o Luz para Todos em áreas isoladas.** 2015. Assessoria de Comunicação Social do MME. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 16 set. 2015.

Portal Brasil. **Brasil tem energia elétrica mais renovável dos Brics:** Energia no Bloco. 2015. Todo o conteúdo deste site está publicado sob a licença Creative Commons CC BY ND 3.0 Brasil CC BY ND 3.0 Brasil. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2015/09/brasil-tem-energia-eletrica-mais-renovavel-dos-brics>>. Acesso em: 16 set. 2015.

Ministério de Minas e Energia (MME). **Energia solar vai atender moradores de Reserva Extrativista no Pará.** 2015. Assessoria de Comunicação Social do MME. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/>>. Acesso em: 16 set. 2015.

SOL, América do. **SISTEMAS FOTOVOLTAICOS:** Os diversos tipos de sistemas fotovoltaicos. 2015. Disponível em: <http://www.americadosol.org/energia_fotovoltaica/sistemas-fotovoltaicos/>. Acesso em: 10 set. 2015.



rexlabs

LABORATÓRIO DE EXPERIMENTAÇÃO REMOTA

Realizado por:



Fomento:



Contato

Rua Gov. Jorge Lacerda,
3201, bairro Mato Alto
Araranguá - SC

<http://rexlab.ufsc.br>

Juarez Bento da Silva
juarez.silva@ufsc.br
Coordenador

Simone M. Sommer Biléssimo
simone.bilessimo@ufsc.br
Coordenadora adjunta