



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física



MATERIAL INSTRUCIONAL PARA O ALUNO CONVERTENDO A RADIAÇÃO SOLAR EM ENERGIA ELÉTRICA

Felipe Moreira Correia

Deise Miranda Vianna

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Felipe Moreira Correia, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
Dezembro de 2019

Sumário

Capítulo 1: Introdução.....	3
Capítulo 2: Material do aluno	4
2.1 Dia Zero: Entrega do quadro de vantagens e desvantagens	4
2.1.1 Quadro de Vantagens	4
2.1.2 Quadro de Desvantagens.....	6
2.1.3 Fichas de Desvantagens	9
2.2 1º Dia: Investigação da Radiação Solar utilizando um Forno Solar de Caixa 16	
2.2.1 Vídeo 1: O Brasil e as mudanças climáticas.....	16
2.2.2 Vídeo 2: Crise da Matriz Energética Brasileira - Reportagem do Bom dia Brasil de 24/01/18.....	17
2.3 2º Dia: Investigamos a Radiação Solar usando um Forno Solar de Caixa	17
2.4 3º Dia: Verificamos efeitos radiação Ultravioleta através de um fenômeno similar ao da nossa pele.....	21
2.5 4º Dia: Introduzimos o Efeito Fotoelétrico para explicamos a tecnologia do Painel Solar.....	25
Capítulo 3: Referências Bibliográficas	31

Capítulo 1:

Introdução

Neste material didático, que é direcionado para os estudantes do ensino médio, é apresentado uma sequência de atividades que possuem como objetivo principal ensinar como é feita a conversão da energia solar em energia elétrica, de maneira contextualizada com a realidade do aluno e utilizando materiais de baixo custo para sua fácil reprodução.

Capítulo 2:

Material do aluno

2.1 Dia Zero: Entrega do quadro de vantagens e desvantagens

2.1.1 Quadro de Vantagens

Tipo de Energia	Vantagens	Fontes
Biomassa 	<ol style="list-style-type: none">1. Ao se produzir etanol a partir da cana-de-açúcar, cerca de 28% da cana é transformada em bagaço. Este bagaço é uma biomassa comumente aproveitada nas usinas para a produção de vapor de baixa pressão, que é utilizado em turbinas de contrapressão nos equipamentos de extração (63%) e na geração de eletricidade (37%). (1)2. O Brasil possui condições favoráveis para a produção de energia a partir da biomassa, como a existência de grandes áreas agricultáveis, que podem ser usadas para a produção de biomassa. (1)3. As usinas térmicas movidas a biomassa, por sua vez, foram vendidas a R\$ 198,94/MWh com deságio de 39,53% (2)	(1) https://www.ecycle.com.br/2970-biomassa (2) http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-geracao-a-4-termina-com-desagio-de-59-07-656877?inheritRedirect=false
Eólica 	<ol style="list-style-type: none">1. As eólicas, com 114MW em projetos, tiveram deságio de mais de 70%, com a venda da produção futura por R\$ 67,50 – ante cerca de R\$ 97 no ano passado. (1)2. A energia produzida pelas usinas eólicas chegou a ser responsável por 64% da energia consumida na Região Nordeste, no dia 14 de setembro do ano passado. A ABEEólica estima que o Brasil, cuja capacidade instalada é 12 GW, tenha potencial eólico superior a 500 GW. (1)3. É inesgotável; Não emite gases poluentes nem gera resíduo; (2)	(1) https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2018/04/leilao-de-energia-viabiliza-investimento-de-r-53-bi-em-novas-usinas.shtml (2) https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/
Fóssil 	<ol style="list-style-type: none">1. Os combustíveis fósseis têm um valor muito alto em termos de eficiência energética. Assim, a queima de 1 g de combustíveis fósseis libera enorme quantidade de energia. Os reservatórios de combustíveis fósseis são muito fáceis de localizar. (1)2. Agilidade: as usinas termoeletricas são construídas mais rapidamente do que as hidrelétricas, o que pode significar uma solução em situações de crise; (2)3. A usina termoeletrica pode ser instalada em regiões habitadas, sem causar problemas. Isso contribui diretamente para a redução de custos com linhas e torres de transmissão de energia elétrica; (2)	(1) https://www.manutencaoesuprimentos.com.br/combustiveis-fosseis-vantagens-e-desvantagens/ (2) https://www.fragmaq.com.br/blog/conheca-vantagens-desvantagens-usina-termoeletrica/

<p>Hídrica</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uso de fontes renováveis de energia, uma vez que a água é considerada como uma fonte renovável. Não poluição do ar, já que as hidrelétricas não produzem poluentes para lançar na atmosfera, nem subprodutos tóxicos em suas atividades. (1) 2. As hidrelétricas com grandes reservatórios inundam uma área maior e regulam a vazão da água, para que se gere mais energia. Esses reservatórios ainda apresentam diversas outras vantagens, como a possibilidade de armazenar mais ou menos água para períodos mais secos ou chuvosos. (2) 	<p>(1)https://www.estudopratico.com.br/energia-hidreletrica-vantagens-e-desvantagens/</p> <p>(2) https://jornalggn.com.br/noticia/engenheiros-debaterem-vantagens-de-reservatorios-em-hidreletricas</p>
<p>Nuclear</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. O Brasil ocupa a 5ª posição no ranking mundial de reserva de urânio com as 309 mil toneladas, representado 5,3% do total. (1) 2. As usinas não dependem de condições climáticas para seu funcionamento, como ocorre com usinas eólicas e hidrelétricas, por exemplo. (2) 3. Não utilização de combustíveis fósseis, o que significa que não há emissão dos gases poluentes responsáveis pelo efeito estufa, os quais seriam os causadores do aquecimento global. (2) 4. A competitividade da energia nuclear chama a atenção. Enquanto o megawatt-hora (MWh) de uma usina movida a óleo diesel se aproxima de R\$ 600, nas nucleares ele sai por aproximadamente R\$ 250. Quase um terço do montante. Essa diferença reflete diretamente na conta do consumidor. (3) 	<p>(1)https://pt.wikipedia.org/wiki/Acidente_nuclear_de_Fukushima_I#cite_note-cnn140220-8</p> <p>(2)http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par3_cap8.pdf</p>
<p>Solar</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. O país possui um grande potencial para gerar eletricidade a partir do Sol. Só para se ter uma ideia, no local menos ensolarado no Brasil é possível gerar mais eletricidade solar do que no local mais ensolarado da Alemanha, que é um dos líderes no uso da energia fotovoltaica (FV). Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar, diariamente incide entre 4.444 Wh/m² a 5.483 Wh/m² no país. (2) 2. O sistema fotovoltaico depende exclusivamente de a luz solar, fonte renovável e inesgotável, não há ruídos e poluição, possui mais de 25 anos de vida útil. (1) 3. Por exemplo, um sistema de energia solar fotovoltaico de 3.3 KWp (kilo-watt-pico) no valor de R\$ 25 mil, mais R\$ 6 mil de manutenção no período de 25 anos, é igual a um investimento total de R\$ 31 mil. (3) <ol style="list-style-type: none"> a. Em 25 anos, a energia gerada será de aproximadamente 94 mil KWh. Se dividirmos o valor do investimento pela energia gerada chegaremos ao preço de R\$ 0,31/kWh. Um valor 57,6% mais barato que a tarifa de energia elétrica atual no estado do Rio de Janeiro, que custa R\$ 0,73. (3) 4. Leilão de geração "A-4" termina com deságio de 59,07% (...)Os 29 empreendimentos fotovoltaicos tiveram o preço médio final de R\$ 118,07/MWh representando a contratação de 40.060.620 MWh de energia. (4) 	<p>(1) http://blog.bluesol.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/</p> <p>(2) http://americadosol.org/potencial-solar-no-brasil/</p> <p>(3) https://www.enelx.com.br/blog/2017/01/custo-de-energia-solar-despenca-nos-ultimos-40-anos/</p> <p>(4)http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-geracao-a-4-termina-com-desagio-de-59-07-656877?inheritRedirect=false</p>

2.1.2 Quadro de Desvantagens

Tipo de Energia	Desvantagens	Fontes
<p>Biomassa</p> 	<p>4. Em média, a energia de biomassa perdida para o ambiente em forma de calor representa de 60% a 70% da energia total do combustível. Desse modo, a eficiência do gerador fica em torno de aproximadamente 30% a 40%. (1)</p> <p>5. No entanto, apesar de não ser um combustível fóssil, de acordo com estudo (3), a queima da biomassa é uma das maiores fontes mundiais de gases tóxicos, material particulado e gases do efeito estufa. (1)</p> <p>6. Leilão de geração "A-4" termina com deságio de 59,07% (...) Os dois empreendimentos térmicos a biomassa tiveram o preço médio final de R\$ 198,94/MWh (3)</p>	<p>(1) https://www.ecycle.com.br/2970-biomassa</p> <p>(2)http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-37132004000200015&script=sci_arttext</p> <p>(3)http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-geracao-a-4-termina-com-desagio-de-59-07-656877?inheritRedirect=false</p>
<p>Eólica</p> 	<p>4. A intermitência, ou seja, nem sempre o vento sopra quando a eletricidade é necessária, tornando difícil a integração da sua produção no programa de exploração; (1)</p> <p>5. Provoca um impacto visual considerável, principalmente para os moradores em redor, a instalação dos parques eólicos gera uma grande modificação da paisagem; (1)</p> <p>6. Impacto sobre as aves do local: principalmente pelo choque destas nas pás, efeitos desconhecidos sobre a modificação de seus comportamentos habituais de migração; (1)</p> <p>7. Impacto sonoro: o som do vento bate nas pás produzindo um ruído constante (43dB(A)). As habitações mais próximas deverão estar no mínimo a 200 metros de distância. (1)</p>	<p>(1)https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/</p>
<p>Fóssil</p> 	<p>4. A queima de combustíveis fósseis sempre vai emitir muito dióxido de carbono (CO₂) e mais um pouco de outros gases que causam o efeito estufa. (1)</p> <p>5. Em 1977, a emissão de componentes químicos tóxicos como monóxido de carbono, benzeno, óxidos de enxofre e nitrogênio, hidrocarbonetos e material particulado (partículas de poluentes suspensas no ar) liberados em Cubatão ultrapassava mil toneladas por dia. (2)</p> <p>a. A cidade tinha altos índices de doenças respiratórias e, em 1981, dezenas de crianças nasceram com anencefalia e outras malformações do sistema nervoso. (2)</p> <p>6. Custo final: em geral, a energia elétrica gerada em usinas termoeletricas é mais cara por causa dos combustíveis fósseis e quem paga esta diferença é o consumidor. (3)</p>	<p>(1)http://quantoenergia.escolhas.org/saiba-mais/sobre-energia</p> <p>(2) https://www.bbc.com/portuguese/brasil-39186927</p> <p>(3) https://www.agmaq.com.br/blog/conheca-vantagens-desvantagens-usina-termoeletrica/</p>
<p>Hídrica</p>	<p>3. Expropriações de comunidades, já que em muitas</p>	



ocasiões as áreas nas quais são instaladas as usinas já eram anteriormente ocupadas por comunidades indígenas ou tradicionais. **(1)**

- a. Entre 1975 e 1977, as quase 12 mil famílias de Casa Nova, Remanso, Pilão Arcado e Sento Sé foram obrigadas a deixar suas casas e se mudar para as novas sedes das cidades. Os antigos municípios foram engolidos pelo São Francisco e deram lugar a 34 bilhões de metros cúbicos de água. As famílias foram transferidas para os locais construídos pela Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf). **(1)**
4. Há também uma disputa sobre quanto metano é emitido nos reservatórios. Quando um reservatório é cheio, muita vegetação fica submersa. Na Usina de Tucuruí, árvores inteiras ficaram debaixo d'água porque não houve o cuidado em tirá-las de lá. Com o tempo, essa vegetação apodrece sem oxigênio, gerando o gás metano. Como esse gás tem o potencial de aquecimento global 28 vezes maior do que o dióxido de carbono, o CO₂, um reservatório pode ser um grande emissor e ter um impacto mensurável no aquecimento global. **(2)**
5. O porte da usina também determina as dimensões da rede de transmissão que será necessária para levar a energia até o centro de consumo. No caso das hidrelétricas, quanto maior a usina, mais distante ela tende a estar dos grandes centros. Assim, exige a construção de grandes linhas de transmissão em tensões alta e extra-alta (de 230 kV a 750 kV) que, muitas vezes, atravessam o território de vários Estados. **(3)**
6. Leilão de geração "A-4" termina com deságio de 59,07% (...) Os 4 empreendimentos hidrelétricos tiveram o preço médio final de R\$ 198,12/MWh. **(4)**

(1)<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-12/aparicao-de-ruinas-revela-memorias-de-moradores-de-cidades-inundadas-na-bahia>

(2)<http://quantoenergia.escolhas.org/saiba-mais/sobre-energia>

(3)https://www.ccee.org.br/porta/faces/pages_publico/onde-atuamos/fontes?_adf.ctrl-state=pu809onz5_5&_afLoop=294887941826161#!

(4)http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-geracao-a-4-termina-com-desagio-de-59-07-656877?inheritRedirect=false



5. Acidente nuclear de Fukushima Daiichi foi um desastre nuclear ocorrido na Central Nuclear de Fukushima I em 11 de março de 2011, causado pelo derretimento de três dos seis reatores nucleares da usina. A falha ocorreu quando a usina foi atingida por um tsunami provocado por um maremoto de magnitude 8,7. A usina começou a liberar quantidades significativas de material radioativo em 12 de março. **(1)**
 - a. Em agosto de 2013, uma enorme quantidade de água radioativa foi um dos problemas mais urgentes que afetam o processo de limpeza do local, que deve durar décadas. Houve contínuos vazamentos de água contaminada na usina e alguns no mar. **(1)**
 - b. Embora nenhuma morte por exposição à radiação tenha sido relatada, cerca de 300 mil pessoas foram evacuadas da área.
6. Isto porque toda a cadeia produtiva do urânio – da extração à destinação dos dejetos derivados da

(1)https://pt.wikipedia.org/wiki/Acidente_nuclear_de_Fukushima_I#cite_note-cnn140220-8

(2)http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par3_cap8.pdf

	operação da usina – é permeada pela radioatividade. (2)	
<p>Solar</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. A aquisição e instalação de um sistema fotovoltaico, quer ele seja conectado à rede (On-Grid) ou isolado (Off-Grid), representa um alto investimento inicial, já que sistemas conectados de 1.500 Watts, por exemplo, não saem por menos de R\$ 10.000,00. (1) 2. Trata-se, então, de uma fonte intermitente, ou seja, aquela que não pode ser fornecida continuamente devido a fatores não controláveis. (1) 3. Os painéis solares têm um rendimento de apenas 25%.(2) 	<p>(1) http://blog.bluesol.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/</p> <p>(2) https://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/</p>

Informações Gerais da Conta de Luz

A figura ao lado representa a composição da tarifa energética para cada um dos custos explicitados. Os custos de energia representam atualmente a maior parcela de custos (53,5%), seguido dos custos com Tributos (29,5%). A parcela referente aos custos com distribuição representa 17% dos custos das tarifas.

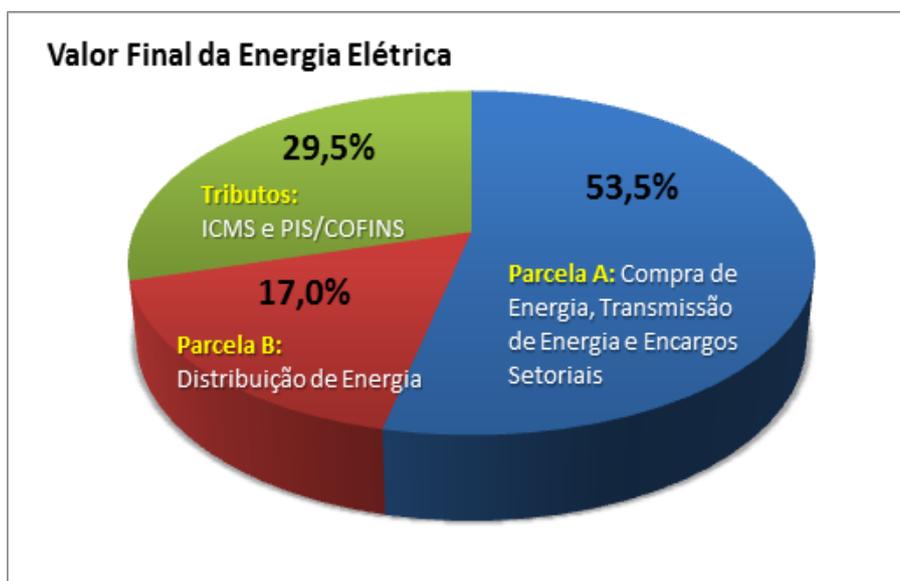


Figura 1 - Impostos sobre a energia elétrica

Fonte: ANAEL - http://www.aneel.gov.br/conteudo-educativo/-/asset_publisher/vE6ahPFxsWHt/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false

A partir de fevereiro de 2016, o sistema passou a ser composto por quatro bandeiras tarifárias: as bandeiras verde, amarela e dois níveis de vermelha. Atualmente, o sistema é válido para todo o país, com exceção do estado de Roraima, que não faz parte do Sistema Interligado Nacional (SIN). As bandeiras são definidas mensalmente e são informadas na própria conta de luz. Se ela estiver na cor verde, a tarifa não sofre nenhum acréscimo. A bandeira amarela, que

até fevereiro deste ano crescia R\$1,50 para cada 100kWh, foi ajustada em R\$2,00 para cada 100kWh consumidos no mês. A bandeira vermelha no patamar 1 acresce R\$3,00 a cada 100 kWh consumidos e a vermelha patamar 2, que também foi reajustada, acresce R\$3,50 a cada 100 kWh (R\$4,50 antes do reajuste). (Shareenergy, 2017)



Figura 2 - Valor das bandeiras tarifárias
Fonte : Shareenergy - <http://shareenergy.com.br/custo-da-energia-eletrica/>

2.1.3 Fichas de Desvantagens

ENERGIA FÓSSIL

A queima de combustíveis fósseis sempre vai emitir muito dióxido de carbono (CO₂) e mais um pouco de outros gases que causam o efeito estufa.



FONTE: <http://quantoenergia.escolhas.org/saiba-mais/sobre-energia>

ENERGIA FÓSSIL

Em 1977, a emissão de componentes químicos tóxicos como monóxido de carbono, benzeno, óxidos de enxofre e nitrogênio, hidrocarbonetos e material particulado (partículas de poluentes suspensas no ar) liberados em Cubatão ultrapassava mil toneladas por dia.

A cidade tinha altos índices de doenças respiratórias e, em 1981, dezenas de crianças nasceram com anencefalia e outras malformações do sistema nervoso.



FONTE: <http://quantoenergia.escolhas.org/saiba-mais/sobre-energia>

ENERGIA FÓSSIL

Custo final: em geral, a energia elétrica gerada em usinas termoelétricas é mais cara por causa dos combustíveis fósseis e quem paga esta diferença é o consumidor.



FONTE: <http://quantoenergia.escolhas.org/saiba-mais/sobre-energia>

ENERGIA EÓLICA

A intermitência, ou seja, nem sempre o vento sopra quando a eletricidade é necessária, tornando difícil a integração da sua produção no programa de exploração.



FONTE: <https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/>

ENERGIA EÓLICA

Provoca um impacto visual considerável, principalmente para os moradores em redor, a instalação dos parques eólicos gera uma grande modificação da paisagem;



FONTE: <https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/>

ENERGIA EÓLICA

Impacto sobre as aves do local: principalmente pelo choque destas nas pás, efeitos desconhecidos sobre a modificação de seus comportamentos habituais de migração.



FONTE: <https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/>

ENERGIA EÓLICA

Impacto sonoro: o som do vento bate nas pás produzindo um ruído constante (43dB(A)). As habitações mais próximas deverão estar no mínimo a 200 metros de distância



FONTE: <https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/>

ENERGIA DE BIOMASSA

Em média, a energia de biomassa perdida para o ambiente em forma de calor representa de 60% a 70% da energia total do combustível. Desse modo, a eficiência do gerador fica em torno de aproximadamente 30% a 40%.



Fonte: <https://www.ecycle.com.br/2970-biomassa>

ENERGIA DE BIOMASSA

No entanto, apesar de não ser um combustível fóssil, de acordo com estudo, a queima da biomassa é uma das maiores fontes mundiais de gases tóxicos, material particulado e gases do efeito estufa.



Fontes: <https://www.ecycle.com.br/2970-biomassa>
http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-geracao-a-4-termina-com-desagio-de-59-07-656877?inheritRedirect=false

ENERGIA DE BIOMASSA

Leilão de geração “A-4” termina com deságio de 59,07% (...) Os dois empreendimentos térmicos a biomassa tiveram o preço médio final de R\$ 198,94/MWh.



Fonte: http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-geracao-a-4-termina-com-desagio-de-59-07-656877?inheritRedirect=false

ENERGIA NUCLEAR

Acidente nuclear de Fukushima Daiichi foi um desastre nuclear ocorrido na Central Nuclear de Fukushima I em 11 de março de 2011, causado pelo derretimento de três dos seis reatores nucleares da usina. A falha ocorreu quando a usina foi atingida por um tsunami provocado por um maremoto de magnitude 8,7. A usina começou a liberar quantidades significativas de material radioativo em 12 de março.



FONTE: https://pt.wikipedia.org/wiki/Acidente_nuclear_de_Fukushima_I#cite_note-cnn140220-8

ENERGIA NUCLEAR

Em agosto de 2013, uma enorme quantidade de água radioativa foi um dos problemas mais urgentes que afetam o processo de limpeza do local, que deve durar décadas. Houve contínuos vazamentos de água contaminada na usina e alguns no mar. Embora nenhuma morte por exposição à radiação tenha sido relatada, cerca de 300 mil pessoas foram evacuadas da área.



FONTE: https://pt.wikipedia.org/wiki/Acidente_nuclear_de_Fukushima_I#cite_note-cnn140220-8

ENERGIA NUCLEAR

Toda a cadeia produtiva do urânio – da extração à destinação dos dejetos derivados da operação da usina – é permeada pela radioatividade.



FONTE: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par3_cap8.pdf

ENERGIA SOLAR

A aquisição e instalação de um sistema fotovoltaico, quer ele seja conectado à rede (On-Grid) ou isolado (Off-Grid), representa um alto investimento inicial, já que sistemas conectados de 1.500 Watts, por exemplo, não saem por menos de R\$ 10.000,00.



FONTE: <http://blog.bluesol.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/>

ENERGIA SOLAR

Trata-se, então, de uma fonte intermitente, ou seja, aquela que não pode ser fornecida continuamente devido a fatores não controláveis.



FONTE: <http://blog.bluesol.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/>

ENERGIA SOLAR

Os painéis solares têm um rendimento de apenas 25%.



FONTE: <http://blog.bluesol.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/>

ENERGIA HÍDRICA

Expropriações de comunidades, já que em muitas ocasiões as áreas nas quais são instaladas as usinas já eram anteriormente ocupadas por comunidades indígenas ou tradicionais. Entre 1975 e 1977, as quase 12 mil famílias de Casa Nova, Remanso, Pilão Arcado e Sento Sé foram obrigadas a deixar suas casas e se mudar para as novas sedes das cidades. Os antigos municípios foram engolidos pelo São Francisco e deram lugar a 34 bilhões de metros cúbicos de água.



FONTE: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-12/aparicao-de-ruinas-revela-memorias-de-moradores-de-cidades-inundadas-na-bahia>

ENERGIA HÍDRICA

Há também uma disputa sobre quanto metano é emitido nos reservatórios. Quando um reservatório é cheio, muita vegetação fica submersa. Na Usina de Tucuruí, árvores inteiras ficaram debaixo d'água porque não houve o cuidado em tirá-las de lá. Com o tempo, essa vegetação apodrece sem oxigênio, gerando o gás metano. Como esse gás tem o potencial de aquecimento global 28 vezes maior do que o dióxido de carbono, o CO₂, um reservatório pode ser um grande emissor e ter um impacto mensurável no aquecimento global.



FONTE: <http://quantoenergia.escolhas.org/saiba-mais/sobre-energia>

ENERGIA HÍDRICA

O porte da usina também determina as dimensões da rede de transmissão que será necessária para levar a energia até o centro de consumo. No caso das hidrelétricas, quanto maior a usina, mais distante ela tende a estar dos grandes centros. Assim, exige a construção de grandes linhas de transmissão em tensões alta e extra-alta (de 230 kV a 750 kV) que, muitas vezes, atravessam o território de vários Estados.



FONTE: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/fontes?_adf.ctrl-state=pu809onz5_5&_afLoop=294887941826161#!

ENERGIA HÍDRICA

Leilão de geração “A-4” termina com deságio de 59,07% (...) Os 4 empreendimentos hidrelétricos tiveram o preço médio final de R\$ 198,12/MWh.



FONTE: http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-geracao-a-4-termina-com-desagio-de-59-07-/656877?inheritRedirect=false

2.2 1º Dia: Investigação da Radiação Solar utilizando um Forno Solar de Caixa

2.2.1 Vídeo 1: O Brasil e as mudanças climáticas

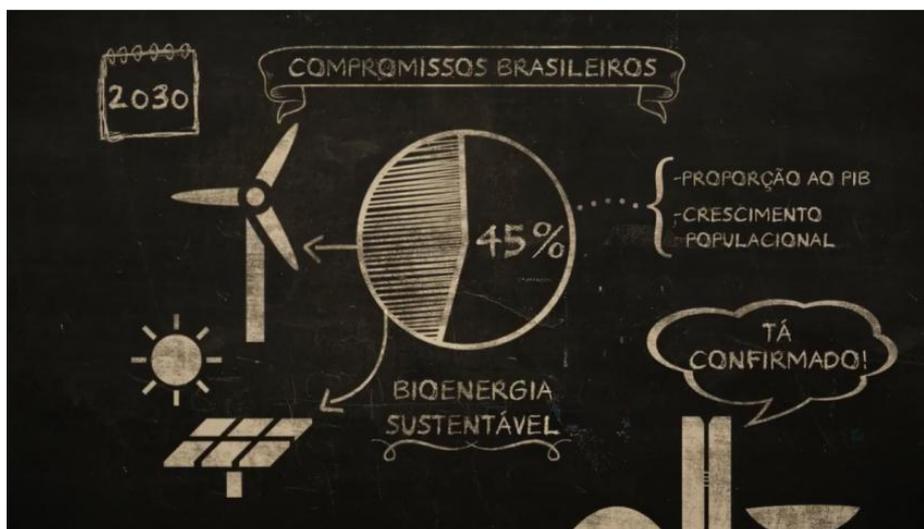


Figura 1: O Brasil e as mudanças climáticas

Fonte: Nerdologia (2017) - Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=eurz_TPwxlw&t=413s>

2.2.2 Vídeo 2: Crise da Matriz Energética Brasileira - Reportagem do Bom dia Brasil de 24/01/18

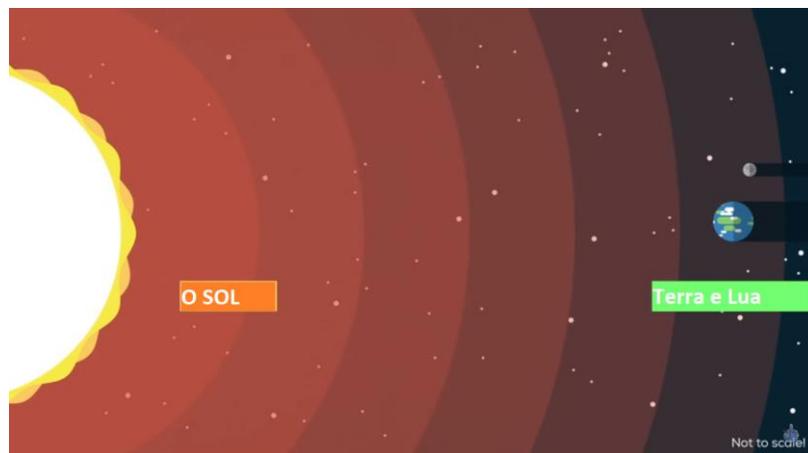


Figura 2: Crise da Matriz Energética Brasileira - Reportagem do Bom dia Brasil de 24/01
Fonte: CARVALHO, M. (2018) Disponível em:
<<https://www.youtube.com/watch?v=lqog76d3hZM>>

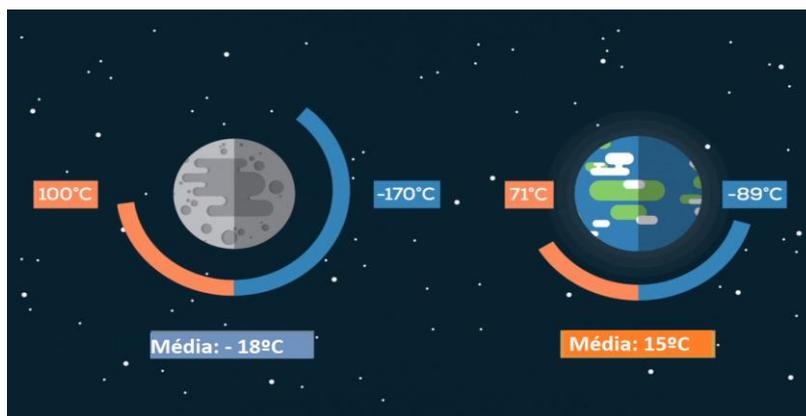
2.3 2º Dia: Investigamos a Radiação Solar usando um Forno Solar de Caixa

Parte 2 - Balanço das Radiações Solares

A seguir temos uma figura que ilustra o conjunto Sol-Terra-Lua. Sabemos da grande distancia do Sol até nos, com isso, podemos fazer à aproximação que a Terra e a Lua estão a mesma distancia do Sol, logo recebem a mesma intensidade de Radiação Solar. E na segunda imagem, temos as temperaturas máximas e mínimas registradas em cada um.



Fonte: Tradução própria - MinuteEarth -<https://www.youtube.com/watch?v=sTvqlijvTg>



Fonte: Tradução própria - MinuteEarth -<https://www.youtube.com/watch?v=sTvqlijqvTg>

1) Já que recebem a mesma intensidade de radiação, como a Terra e a Lua podem alcançar temperaturas tão diferentes? Responda no quadro abaixo e se necessário utilize ilustrações para facilitar a explicação.

Será que conseguimos reproduzir um efeito parecido com o que acontece na Terra, com a explicação do grupo. Vamos buscar possíveis semelhanças e verificar se podemos usa-las ao nosso favor.

Experimento 1 – Receitas do Chef Sol

Foi dado para cada grupo um Forno Solar de Caixa, construído pelo professor com materiais de baixo custo. Façam uma pericia no forno para identificar todos os materiais utilizados pelo professor e encontrem a função de cada um.

Agora é a vez de vocês! Objetivo é utilizar o Forno Solar de Caixa para cozinhar algo para a turma. Temos 3 opções de receita.

- Uma banana assada
- Aquecer água para fazer um chá/café
- Queijo quente.

1) Discuta com seu grupo e verifique qual das opções seria a melhor receita para preparar hoje. O que levou o grupo a fazer essa escolha.

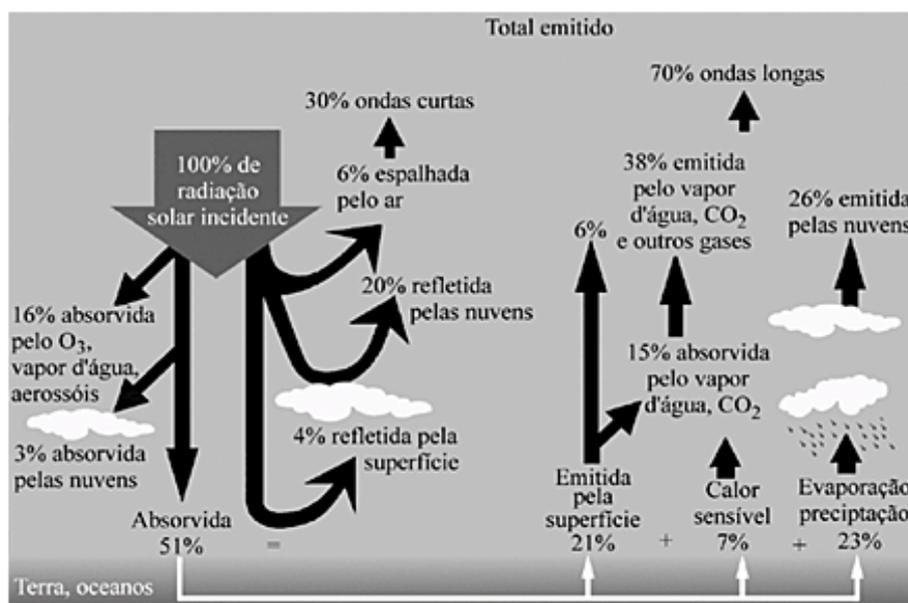
2) O grupo poderá optar por colocar a "Adereço Especial". Explique a sua opção.

Agora coloque a receita em prática! E cuidado para não se queimar.

Durante o preparo responda:

3) Explique o funcionamento do Forno Solar de Caixa?

Abaixo temos em seguida um diagrama que ilustra o balanço das radiações que a atmosfera proporciona:



Fonte: Martins, Pereira e Echer (2004) -

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172004000200010

4) Discutindo com seu grupo, relacione os materiais do forno com os elementos principais da figura (Radiação incidente, Terra/Oceanos, Nuvens, Gases)

5) Analisando a figura podemos notar uma grande absorção de radiação por parte das nuvens e dos gases. Qual a totalidade da porcentagem absorvida? Se esse número for muito alto, provocaria um efeito na Terra?

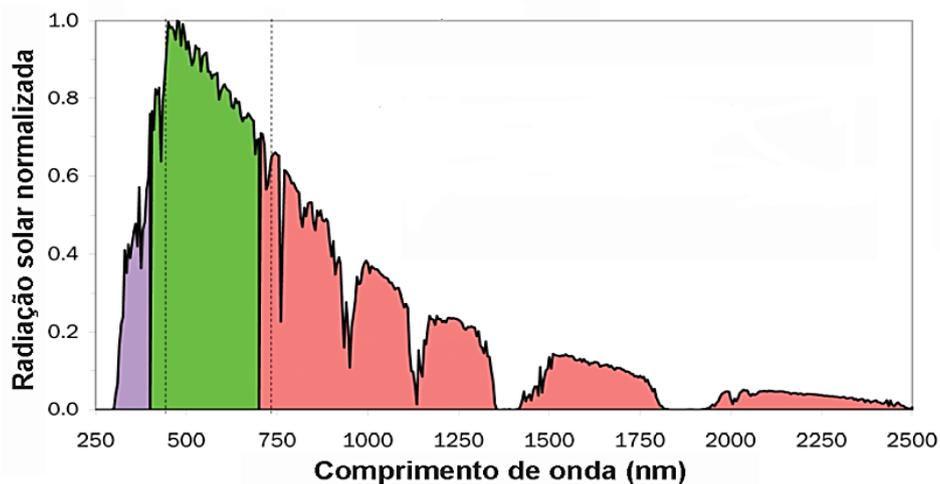
6) Comparando o Forno Solar de Caixa com o forno do fogão comum, quem fez o papel do fogo? Explique.

7) Analisando o Forno Solar de Caixa como o seu grupo poderia otimizar o seu rendimento

8) O seu grupo teve êxito no preparo da receita? Se sim, ficou gostoso? Se não deu certo, o que faltou para terminar a receita.

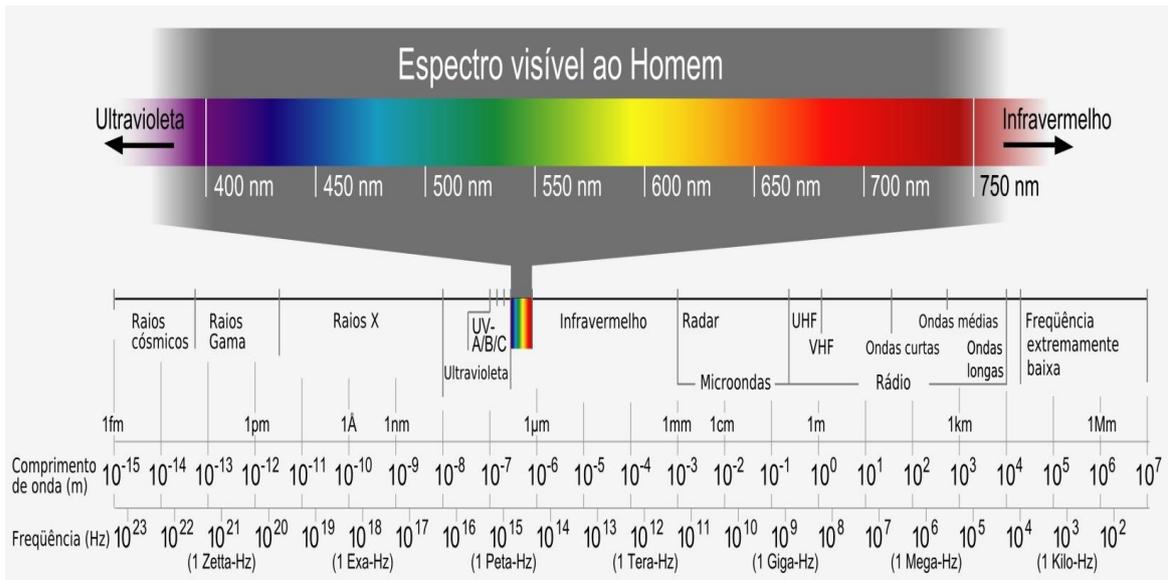
9) Esse Forno Solar de Caixa poderia ser melhor aproveitado em que região do Brasil?

Abaixo temos duas figuras, a primeira apresenta o Espectro da Radiação Solar incidente na superfície da Terra no nível do mar.



Fonte: Editada pelos autores -https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-4-Espectro-de-radiacao-solar-que-atinge-a-superficie-da-Terra_fig4_308185915

A segunda apresenta todo o espectro eletromagnético, mostrando as características de frequência e comprimento de onda de cada faixa de radiação.



Fonte: http://www.apoioescolar24horas.com.br/salaaula/estudos/fisica/035_ondas/#pag4-tab

10) Comparando as duas figuras anteriores, quais são as radiações que o Sol emite predominantemente?

11) Das radiações destacadas anteriormente pelo seu grupo, quais delas provoca predominantemente o efeito no Forno Solar.

12) No quadro abaixo, escreva ideias que o seu grupo possa ter para aproveitar a radiação respondida anteriormente. Por exemplo, será que vocês conseguem bolar algum aparelho para melhorar a qualidade de vida de uma determinada região. Como sua ideia vai aproveitar essa radiação?

13) Vocês conseguem pensar algum aparelho presente no cotidiano de vocês, ou até mesmo um mais antigo, que utiliza esta radiação? Conseguem explicar o seu funcionamento?

2.4 3º Dia: Verificamos efeitos radiação Ultravioleta através de um fenômeno similar ao da nossa pele

Outras formas de aproveitar a energia em forma de Calor:

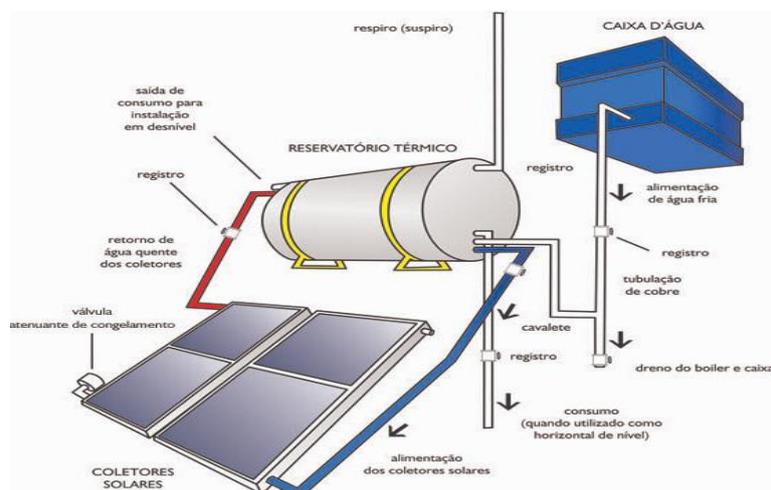
I. Aquecedor de água:

Um sistema básico de Aquecimento de água por Energia Solar é composto de coletores solares (placas) e reservatório térmico (Boiler).

As placas coletoras são responsáveis pela absorção da radiação solar. O calor do Sol, captado pelas placas do aquecedor solar, é transferido para a água que circula no interior de suas tubulações de cobre.

O reservatório térmico, também conhecido por Boiler, é um recipiente para armazenamento da água aquecida. São cilindros de cobre, inox ou polipropileno, isolados termicamente com poliuretano expandido sem CFC, que não agride a camada de ozônio. Desta forma, a água é conservada aquecida para consumo posterior. A caixa de água fria alimenta o reservatório térmico do aquecedor solar, mantendo-o sempre cheio.

(fonte: <http://www.soletrol.com.br/extras/como-funciona-o-aquecedor-solar-soletrol/>)



(fonte: <http://www.soletrol.com.br/extras/como-funciona-o-aquecedor-solar-soletrol/>)

II. Energia heliotérmica ou energia solar térmica concentrada ou internacionalmente conhecido como CSP (ingl.: Concentrating Solar Power):

É uma tecnologia de geração de energia elétrica renovável que transforma irradiação solar direta em energia térmica e subsequentemente em energia elétrica. Através da concentração dos raios solares diretos, temperaturas acima de 1000°C podem ser atingidos.

Uma usina solar térmica concentrada consiste em duas partes: o coletor térmico e o ciclo de potência. Espelhos de configurações variadas servem para concentrar os raios solares; no foco dos espelhos circula um fluido de trabalho que é aquecido com o calor da concentração. No ciclo de potência acontece a expansão desse fluido de trabalho em uma turbina.

(fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_heliot%C3%A9rmica)



(fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_heliot%C3%A9rmica)

- 1) Foi mostrado acima duas outras formas de utilizar a radiação solar. Analisando as situações diga quais transformações de energia ocorreram em cada caso. E no Forno Solar?
- 2) O Brasil poderia usufruir desses métodos de aproveitamento da Energia Solar? Eles já são utilizados?
- 3) Com a ajuda da internet pesquise quanto custa a instalação do Aquecedor de Água, junto com seu reservatório (Boiler). É um preço acessível?
- 4) Então, depois dessas discussões e experimento, qual o efeito da radiação infravermelho em cada um desses casos?

Parte 3 - Fator de Proteção Solar (FPS)

Principalmente quando criança cansamos de escutar que não podemos ficar muito tempo no Sol. Várias marcas de protetores solar visam à importância do seu uso em suas propagandas, ressaltando suas características, novas tecnologias e até mesmo trazendo acessórios para como a propaganda seguinte:

Vídeo - <https://www.youtube.com/watch?v=rIRpel5bvms>



Fonte: Larissa (2009)



Fonte: <https://www.homemnoespelho.com.br/protetor-solar-com-fps-15-30-ou-60-qual-escolher/>

- 6) Ao ir à praia, como vocês se protegem do Sol?

- 7) Porque nossos responsáveis sempre nos alertam para não ficar muito tempo exposto ao Sol, e principalmente evitar um certo horário de Sol. Quais as consequências de não se protegerem?

- 8) Os impactos citados são benéficos ou maléficos?

- 9) Vocês se preocupam com o tipo de produto que estão usando para se protegerem do Sol? Qual as características vocês levam em conta ao comprar o produto.

- 10) Qual é o tipo de radiação específica que precisamos nos proteger com os métodos já citados por vocês?

Experimento 2 - O efeito do que não se vê

Agora vamos colocar em prova o efeito dessa radiação, vão estar disponíveis os seguintes materiais.

- Pedacos de tecidos
- Protetores solar
- Papel Jornal

Como podemos elaborar uma maneira de verificar as precauções discutidas anteriormente, a fim de estudarmos o efeito de ficar exposto ao Sol por longos períodos. Sabendo que temos todo o espaço escolar disponível.

11) Quais são as previsões do seu grupo para esse experimento?

12) Quais preocupações do seu grupo para alcançar o êxito nesse experimento?

13) Como o seu grupo vai registrar a mudança para provar ao professor sobre a verificação feita pelo grupo sobre o efeito de ficar exposto ao Sol.

2.5 4º Dia: Introduzimos o Efeito Fotoelétrico para explicamos a tecnologia do Painel Solar

Transformando a energia solar em Energia Elétrica

O Painel Solar é a tecnologia responsável por fazer conversão da Radiação Solar em Energia Elétrica. Em grupo discutam as seguintes perguntas e justifiquem suas respostas:



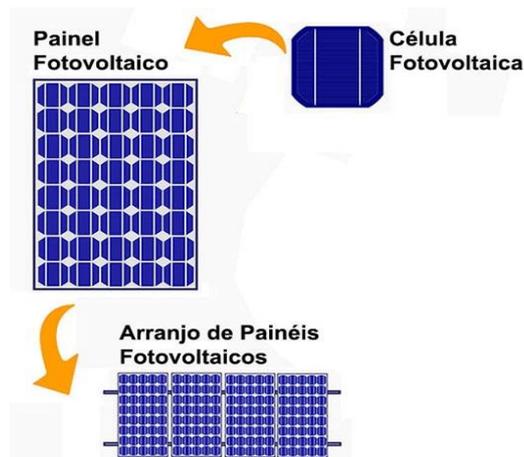
Fonte: <http://www.solstar.com.br/painel-solar-fotovoltaiico-flexivel>

- 1) Quanto maior a quantidade da luz que incide no painel solar mais energia elétrica ele produz?
- 2) Vimos que no espectro eletromagnético há vários tipos de radiação. O Painel Solar gera energia elétrica com qualquer tipo de radiação que incide nele?
- 4) Na opinião de vocês o Painel Solar pode ir acumulando a energia vinda do Sol para depois gerar corrente elétrica?
- 5) Do que vocês acham que é feito o Painel Solar? De que tipo de material?
- 6) Quanto vocês acham que custa a instalação das placas solares em uma residência?
- 7) Na opinião do grupo como é o funcionamento do Painel Solar? Afinal, como ele consegue fazer essa transformação de luz em energia elétrica. Se acharem necessário pode desenhar para auxiliar a explicação.

2º Roteiro- Conhecendo o painel Fotovoltaico

A célula fotovoltaica é a responsável pela conversão da radiação solar em energia elétrica e é a menor unidade do sistema. Ao conectarmos várias células, geralmente em série, montamos o Painel fotovoltaico e para alcançarmos a geração de energia suficiente, associamos vários painéis em um único arranjo. Num módulo de 12 volts, são conectados de 30 a 40 células.

Há vários tipos de painéis fotovoltaicos comerciais no mercado, em grande maioria possui em comum o material básico para a sua produção, o Silício. O que diferem eles é a maneira como o Silício é trabalhado para a construção das células.



Existe um fenômeno que explica a transformação da luz em corrente elétrica ao ser incidida sobre uma superfície metálica. Como já vimos anteriormente a luz transporta energia, ao interagir com os elétrons do metal vai ceder a esses uma determinada energia, correspondente à qualidade da luz, assim os elétrons do metal são arrancados originando uma corrente elétrica. Esse fenômeno é chamado de **Efeito Fotoelétrico**.

Esse fenômeno só foi explicado devido às ideias de Planck que levanta a ideia sobre a quantização da radiação e vai matematizar, enquanto Einstein propôs a ideia do fóton de luz ou quanta de luz. Mas o que isso significa?

1. Planck mostrou que a energia da Luz é "quantizada", ou seja, vem em pacotes de energia. E cada pacote possui o valor de:

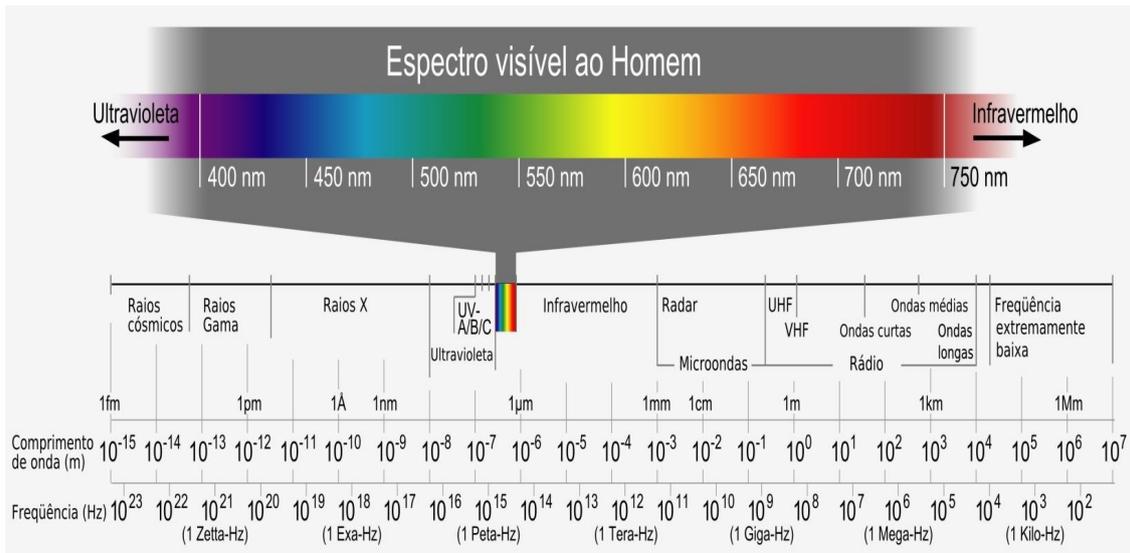
$$E = h \cdot f$$

Sendo f a frequência da luz e h uma constante chamada de Constante de Planck.

2. Einstein "*analisou a luz como se realmente fosse feita de partículas minúsculas - chamou-as de quantum de luz - em vez de ser uma onda contínua.*" (Issacson, W. p.114).

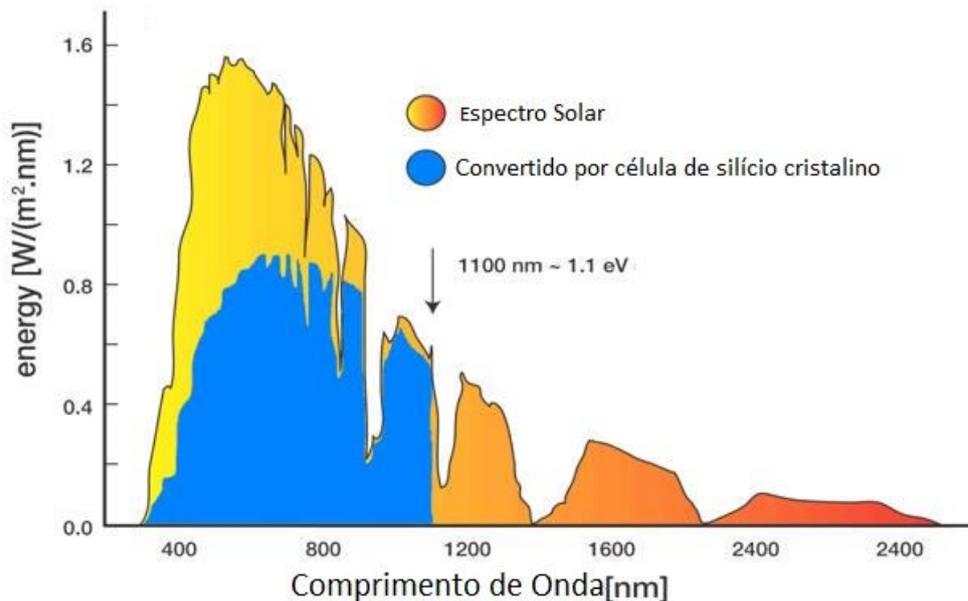
9) Com a explicação dada no trecho acima, ilustre novamente como deve ser o funcionamento de um Painel Solar. Em relação ao primeiro desenho feito pelo seu grupo, houve alterações na explicação? Quais?

Se necessário utilizem a representação do Espectro Eletromagnético para auxiliar na resolução dos itens a seguir



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro_vis%C3%ADvel

10) A seguir, temos novamente o espectro da radiação solar, sendo que desta vez há um destaque para a radiação utilizada pela placa solar. Analisando a legenda da figura, identifique qual(is) radiação eletromagnética é convertida em energia elétrica pela célula solar.



Fonte: http://me.hku.hk/solar/My_Homepage_Files/IMG_23.jpg

b) Qual radiação que o painel solar mais absorve?

11) Vimos no Efeito Fotoelétrico que a luz cede energia para os elétrons de tal forma que os arranquem da superfície metálica. Para conseguir esse efeito, a

luz precisa ter uma energia mínima para romper a ligação do elétron com seu átomo. Essa energia mínima é chamada de Função Trabalho.

a) Se a energia do fóton for menor que energia mínima, o que acontecerá? Justifique

b) Se a energia do fóton for igual a Função Trabalho, o que vai acontecer? Justifique

c) Se a energia do fóton for maior que a Função Trabalho? O excesso de energia será utilizado? Explique as respostas

12) Na tabela abaixo temos a Função Trabalho de cinco tipos de metais, encontre a frequência necessária que o fóton tem que ter para arrancar os elétrons nesses casos. Considere $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J/s}$ para a constante de Planck

Metal	Função Trabalho (J)
Sódio	$3,65 \cdot 10^{-19}$
Alumínio	$6,53 \cdot 10^{-19}$
Zinco	$6,90 \cdot 10^{-19}$
Ferro	$7,20 \cdot 10^{-19}$
Prata	$7,57 \cdot 10^{-19}$

a) Analisando o Espectro Eletromagnético, a partir de qual radiação que acontece o Efeito Fotoelétrico nesses materiais?

b) Seria proveitoso usar painéis solares desses materiais?

13) Porque a célula fotovoltaica não aproveita toda radiação Solar?

14) Vimos que a radiação tem energia $h \cdot f$, anteriormente foi apresentado a energia mínima que o elétron precisa para ser arrancado da placa, função

trabalho (ϕ). Escreva a equação matemática que expressa a energia que o elétron adquire após sair do metal.

15) Agora formulem uma explicação do Efeito Fotoelétrico para apresentar esse fenômeno para seus colegas de sala. Monte um esquema para tal.

Capítulo 3:

Referências Bibliográficas

CARVALHO, M. Crise da Matriz Energética Brasileira - Reportagem do Bom dia Brasil de 24/01, 2018. (6m46s). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=lqog76d3hZM>>. Acessado em: 03 de out. 2019.

MARTINS, F.R, PEREIRA, E.B, ECHER, M.P.S. Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geoestacionário: o Projeto Swera. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 145-159, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172004000200010&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 03 Out. 2019.

NERDOLOGIA, O Brasil e as mudanças climáticas. 2017.(9m42s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=eurz_TPwxlw&t=39s>. Acessado em: 03 de out. 2019

ISAACSON, W. Einstein - Sua vida, seu universo. São Paulo: Companhia das letras, p.114, 2007.

LARISSA, Propaganda Protetor Solar Turma da Mônica - Peixinho, 2009. (31s). Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=rIRpel5bvms>>. Acessado em: 03 de out. 2019

LIU, 2019, Radiação absorvida pelo painel fotovoltaico., Disponível em: <<http://me.hku.hk/solar/>>. Acessado em: 20 de set. 2018

NUSSENZVEIG, H, M. Curso de Física Básica 4, 2^o ed. São Paulo: Blucher, 2014.

SOLETROL, 2018. Painel fotovoltaico flexível. Disponível em: <<http://www.solstar.com.br/painel-solar-fotovoltaico-flexivel>>. Acessado em: 03 de out. 2019

SOLETROL, 2018. Como Funciona o Aquecedor Solar de Água Soletrol. Disponível em: <<https://www.soletrol.com.br/extras/como-funciona-o-aquecedor-solar-soletrol/>>. Acessado em: 03 de out. 2019

WIKIPÉDIA, Wikipédia A enciclopédia Livre, 2019. Energia heliotérmica. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_heliot%C3%A9rmica>. Acessado em: 03 de out. 2019.

WIKIPÉDIA, Wikipédia A enciclopédia Livre, 2019. Espectro visível. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro_vis%C3%ADvel>. Acessado em: 03 de out. 2019.