



ENERGIA DO SOL

Células Solares Sensibilizadas por Corantes: Uma proposta de metodologia Interdisciplinar

Vanderson de Oliveira Araujo
Marciella Scarpellini
Roberto Salgado Amado

1ª Edição

ENERGIA DO SOL

1ª Edição

ELABORAÇÃO

Caderno temático elaborado como produto da dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI/UFRJ como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Mestre.

Tema: “Células Solares Sensibilizadas por Corantes – Uma proposta Interdisciplinar”

Discente: Vanderson de Oliveira Araujo

Orientadores: Prof^a Dra. Marciela Scarpellini

Prof^o Dr. Roberto Salgado Amado

Energia do Sol - Rio de Janeiro, 2019 – 36p.



O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

APRESENTAÇÃO

Esse caderno temático foi elaborado com objetivo de utilizar a temática em torno da energia solar, como tema gerador em uma proposta de aprendizagem interdisciplinar.

O sol e a energia fornecida pelo mesmo são abordadas por diversas vezes nos conteúdos das disciplinas escolares e, com isso, este caderno visa ser uma fonte de informações a ser utilizada em sala de aula.

Neste trabalho, os principais tópicos dentro da temática são abordados, iniciando pela (i) definição de energia e como ela se transforma, (ii) principais fontes e suas características, (iii) a energia solar e a sua utilização, desde a sua forma de organização até as tecnologias mais avançadas. Por fim, são apresentadas as células solares sensibilizadas por corantes.

Sumário

• Energia	7
• Energia Potencial	8
• Energia Cinética	10
• Transformação de Energia	12
➤ Pilhas	13
• Energias Renováveis e não Renováveis	15
• Matriz Energética e Elétrica	16
• O Sol	21
• Energia Solar	23
• Transformando a Energia do Sol	24
➤ Fotossíntese	24
➤ Células Solares	25
• Tipos de Células	26
➤ Células de 1ª geração	26
➤ Células de 2ª geração	27
➤ Células de 3ª geração	28
• Corantes	30
• Montando uma CSSC	32
• Atividades	33
• Referências Bibliográficas	35

ENERGIA

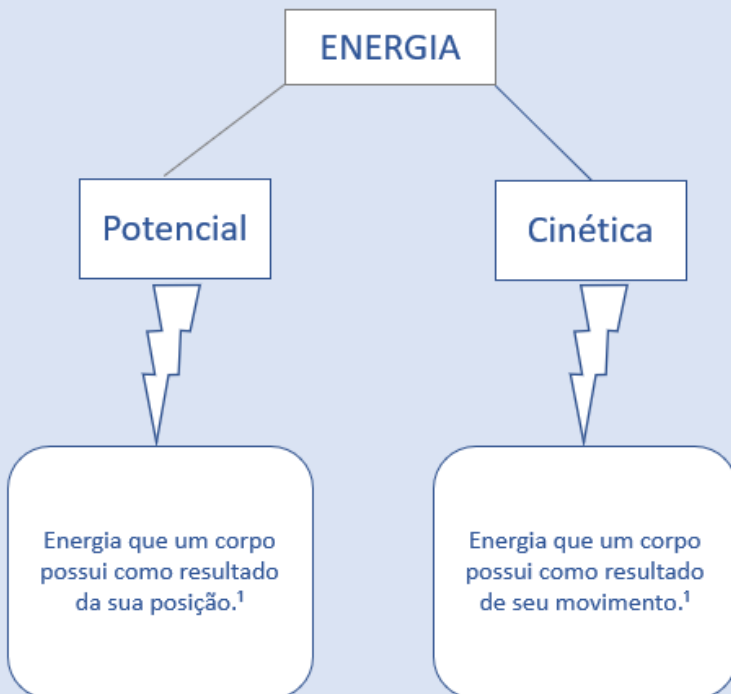


Energia

- O que é a Energia?

Conceito Físico: Energia é a capacidade que um sistema apresenta para realizar trabalho. Quando um corpo é deslocado contra força que se opõe ao deslocamento, diz-se que há trabalho¹.

Existem diferentes formas de energia, que são divididas em duas categorias:



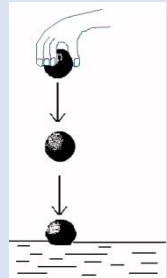
¹ ATKINS, P. W.; PAULA, Julio de. **Físico-química**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008, v 1, p. 33-37.. ⁷

Energia Potencial

Energia Potencial é a energia que pode ser armazenada em um sistema físico e tem a capacidade de ser transformada em energia cinética. Esta energia está pronta para ser modificada em outras formas de energia e realizar trabalho.

Energia Potencial Gravitacional

É a energia que corresponde ao trabalho que a força Peso realiza, considerando o deslocamento vertical de um corpo, tendo como origem o nível de referência.



Energia Potencial Elástica



Corresponde ao trabalho que a força Elástica realiza, ou seja, a energia armazenada ao se comprimir ou esticar uma mola ou elástico.

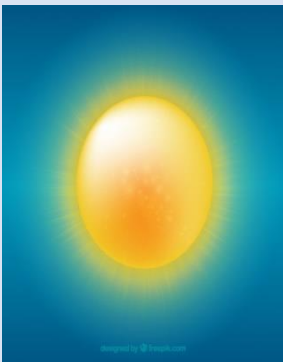
Energia Potencial

Energia Potencial Química

É a energia presente nas moléculas, obtida a partir das formações e quebras de ligações químicas contidas nas substâncias. As formas de conversão de energia química nos seres vivos são: a alimentação, a respiração e a fotossíntese.



Energia Potencial Nuclear



O núcleo dos átomos possui uma grande quantidade de energia armazenada. Essa energia pode ser observada a partir de reações de fusão ou fissão nuclear, onde são geradas grandes quantidades de energia.

Energia Cinética

Energia cinética é a energia que existe quando um determinado corpo está em movimento. Um sistema possui energia cinética a partir do movimento de partículas que o constituem, com relação a um referencial.

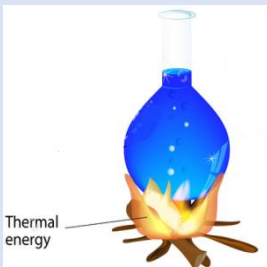
Energia Cinética de Movimento

É a energia utilizada para realizar um trabalho que resulte no movimento de um corpo.



Energia Cinética Térmica

É a energia que resulta na transferência de calor entre dois corpos, podendo aumentar a temperatura ou promover a mudança de estado físico.



Energia Cinética

Energia Cinética Elétrica



A energia elétrica é baseada na produção de diferenças de potencial elétrico entre dois pontos. Estas diferenças possibilitam o estabelecimento de uma corrente elétrica, ou seja, o movimento de carga entre dois pontos.

Energia Cinética Eletromagnética

A energia eletromagnética consiste na combinação perpendicular de um campo elétrico e um campo magnético que se propagam num movimento ondulatório à velocidade da luz.



Transformando Energia

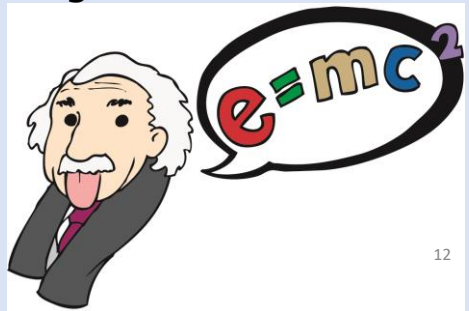
Vivemos em um mundo dinâmico, onde a energia está sempre em transformação.

Aliás, esta é uma das leis fundamentais do Universo!

1ª Lei da
Termodinâmica

Conservação da Energia: a energia pode ser convertida de uma forma em outra, mas não pode ser criada e nem destruída.

Até mesmo a luz e o calor que recebemos todo dia do Sol vêm da transformação da energia contida nos núcleos dos átomos de hidrogênio presentes na composição das estrelas, em reações de fusão nuclear. Essa transformação é prevista pela famosa fórmula de Einstein, que relaciona a massa com energia.



Transformando Energia: Pilhas

Um exemplo de transformação de energia potencial em energia cinética são as Pilhas. Nesses dispositivos, pode-se observar a transformação da energia química em energia elétrica, por meio de **reações de oxirredução**.

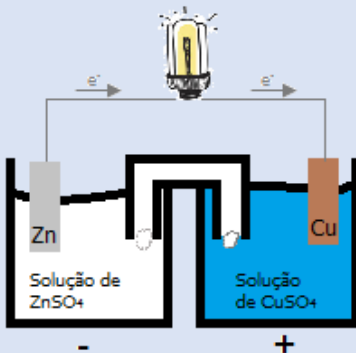


Na pilha, dois eletrodos imersos em uma solução eletrolítica (solução contendo cátions e ânions) são conectados a um circuito externo por um fio. O polo negativo é chamado de **anodo**, onde ocorre a oxidação. O elétron proveniente da oxidação é conduzido através de um circuito externo até o polo positivo, chamado de **catodo**, onde ocorre a redução.

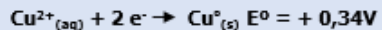
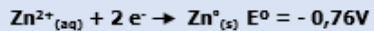


Pilha de Daniel

Uma das primeiras e mais simples foi a pilha desenvolvida por John Frederic Daniell (1790 – 1845). Consiste em uma placa de zinco imersa em solução de sulfato de zinco conectada à uma placa de cobre imersa em uma solução de sulfato de cobre. Os dois recipientes são interligados por uma ponte salina, um tubo contendo uma solução de sulfato de potássio, conforme a figura a seguir.



Potencial Padrão



O zinco, por apresentar um potencial de redução menor que o cobre, sofre o processo de oxidação, perdendo elétrons e gerando uma corrente elétrica. Os elétrons são conduzidos até a placa de cobre, onde ocorre a redução.

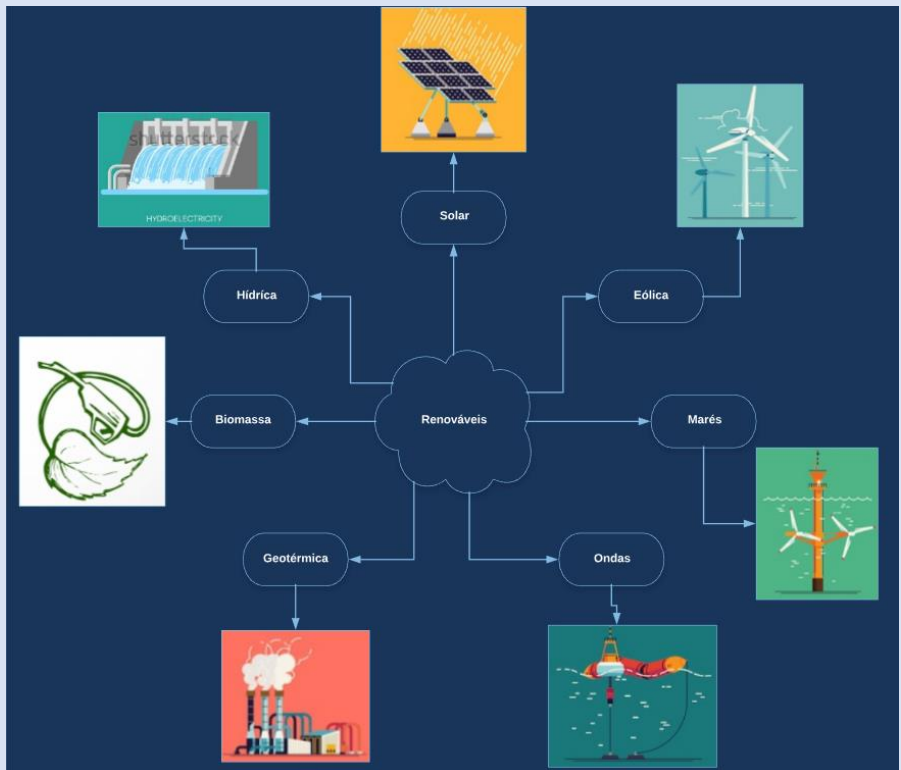
Observamos, assim, como uma pilha transforma a energia química dos metais em energia elétrica.

Fontes Renováveis e Não Renováveis

Quais são as principais fontes de energia utilizadas no nosso planeta?

Fontes Renováveis

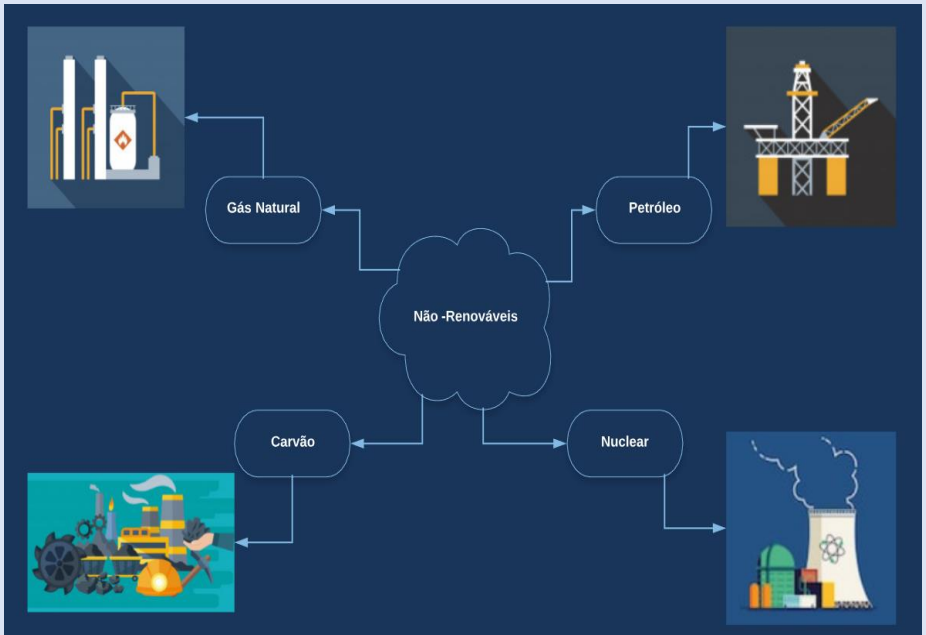
Fontes de energia produzidas a partir de recursos naturais que não se esgotam (podem ser reestabelecidos pela natureza)



Fontes Renováveis e Não Renováveis

Fontes Não Renováveis

Fontes de energia com recursos limitados, ou seja, suas reservas se esgotarão. São dificilmente restabelecidas pela natureza, visto que os processos de formação demoram milhões de anos para ocorrer.



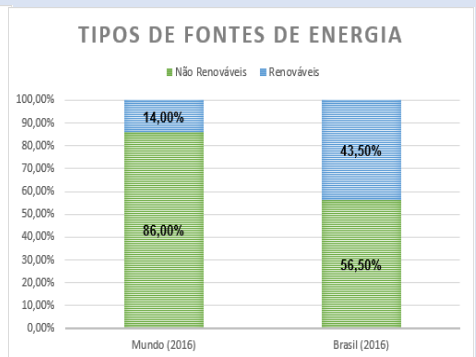
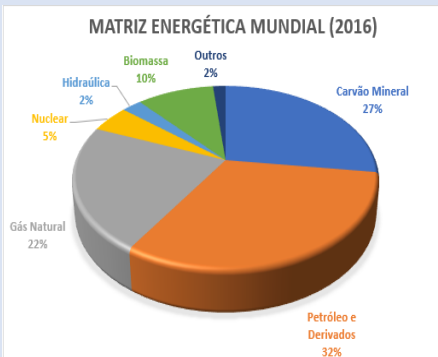
Ainda são as fontes mais utilizadas no planeta, mas sua utilização contribui para o aquecimento global, com exceção da energia nuclear.

Matriz Energética e Elétrica

Matriz Energética é a representação quantitativa dos recursos energéticos disponíveis para o consumo em determinada região.

Matriz energética Mundial

As principais fontes de energia utilizadas no mundo são as não renováveis, principalmente derivadas do petróleo, do carvão e do gás natural. Enquanto que as fontes renováveis representam apenas 14% da produção de energia em 2016.

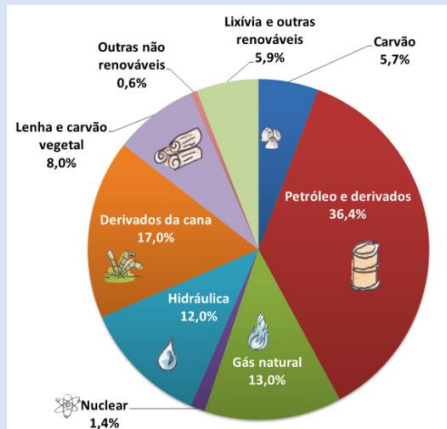


Fonte: BEN, 2018

Matriz Energética e Elétrica

Matriz energética Brasileira

O Brasil conta com uma das matrizes energéticas mais equilibradas do mundo. Quase metade da matriz é composta por fontes de energia renováveis (43 %, segundo o Balanço Energético Nacional, BEN 2018).



Importante!

As fontes não renováveis de energia são as maiores responsáveis pela **emissão de gases de efeito estufa** (GEE). Como o Brasil consome mais energia das fontes renováveis, observa-se que o nosso país emite bem menos GEE por habitante que a maioria dos outros países.

Matriz Energética e Elétrica

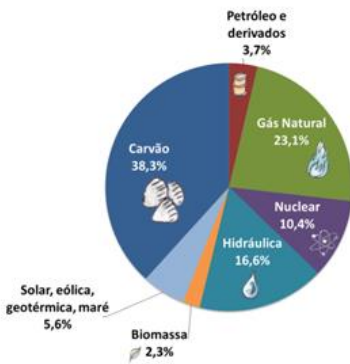
Matriz Elétrica

Matriz elétrica é o conjunto de fontes disponíveis para a geração de energia elétrica.

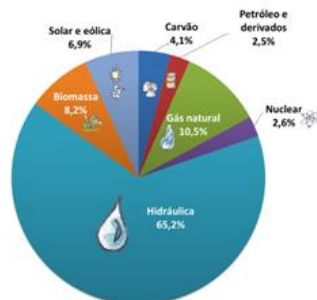
Precisamos de energia elétrica para ligar a televisão, acender as luzes e carregar nossos celulares.

No mundo, a geração de energia elétrica é baseada, principalmente, em combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão, em usinas termoeletricas. No Brasil, a matriz elétrica é a mais renovável da matriz energética, sendo mais da metade produzida através de usinas hidrelétricas.

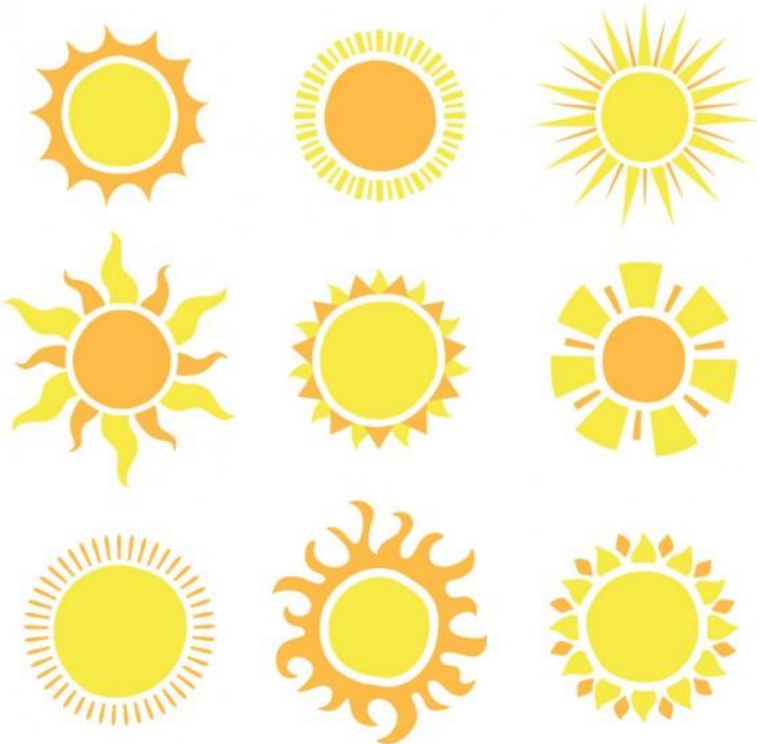
Matriz Elétrica Mundial (2016)



Matriz Elétrica Brasileira (2017)



O SOL



designed by  freepik.com

O SOL

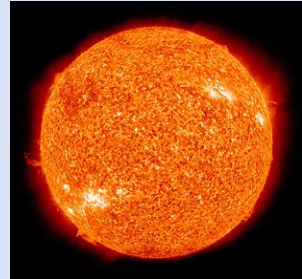
Está localizado na periferia distante de uma remota galáxia, a *via Láctea*.

Juntos dos planetas e seus satélites, os cometas e asteroides formam o sistema solar.



Na mitologia grega, o Sol era Apolo, que conduzia um carro de fogo pelo céu. No Egito antigo, era o Deus Rá, que era carregado por uma barca.

Encontra-se na meia-idade, cerca de 4,6 bilhões de anos.



É formado basicamente por átomos de Hidrogênio e Hélio, no estado de **Plasma**, um gás incrivelmente quente.

Átomos de Hidrogênio do núcleo se fundem formando átomos de Hélio. Essa fusão libera uma quantidade de energia. Essa energia é a que aquece a Terra e nos ilumina.

O SOL

O diâmetro do Sol é de 1.392.530 Km, 190 vezes maior do que da Terra.



A massa do Sol equivale a 330 vezes a massa da Terra.

$6,16 \times 10^{12}$ Km²
é a superfície do Sol



Seu movimento de rotação depende da latitude, 34 dias nos polos e 25 dias no equador.

A distância entre o Sol e a Terra é de aproximadamente 150 milhões de Km.

A Luz do Sol demora cerca de 8 minutos para chegar à Terra.

A temperatura na Superfície do Sol é de quase 6.000°C e no seu interior é de aproximadamente 15 milhões de graus

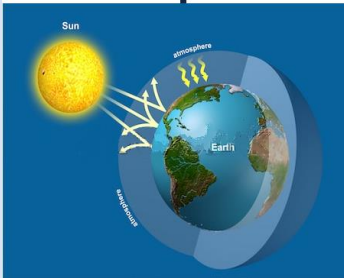


O Sol gira em torno do núcleo da via láctea e esse movimento dura, aproximadamente, 225 milhões de anos. O sol já completou 25 voltas no seu giro galáctico.

Energia Solar

A Energia do Sol provém das reações de fusão nuclear entre átomos de hidrogênio e Hélio.

Essas reações ocorrem no núcleo da estrela e a energia gerada é propagada por convecção até a superfície solar.



40 horas

A quantidade liberada neste tempo equivale a todas as reservas de petróleo existentes na Terra.



10.000 vezes

É o que o Sol fornece de energia a mais que a quantidade consumida, em um ano, pela população mundial.



UMA HORA

É o tempo necessário para o sol fornecer a quantidade de energia consumida em um ano pela humanidade.

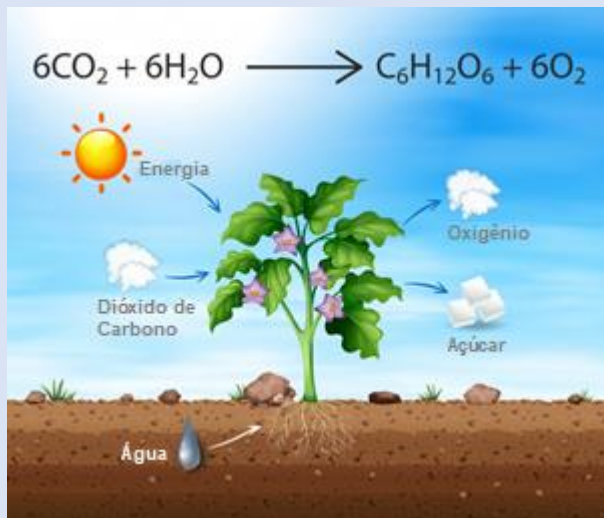
Transformando a Energia do Sol: Fotossíntese

Como apresentado anteriormente, a energia pode ser transformada de uma forma para a outra.

FOTOSSÍNTESE

É a fixação de energia luminosa em energia química

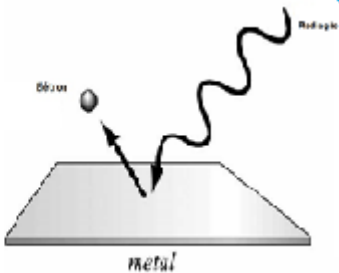
- Na natureza, a energia do Sol é transformada pelos seres autotróficos, aqueles que produzem sua própria fonte de energia. Seres fotossintetizantes, como as plantas, convertem a energia luminosa em energia química.



Transformando a Energia do Sol: Células Solares

Com o desenvolvimento científico, uma nova forma de transformar a energia do sol, tornou-se mais comum: o uso de células solares para a conversão da luz solar em energia elétrica (efeito fotoelétrico).

Efeito Fotoelétrico
É a emissão de elétrons por um material quando exposto a uma radiação eletromagnética suficientemente elevada, como a radiação ultravioleta, por exemplo.



O diagrama ilustra o efeito fotoelétrico. Um pequeno círculo rotulado 'fóton' está emitindo uma onda de energia rotulada 'Radiação' que incide sobre uma superfície plana rotulada 'metal'. Uma seta indica a direção da radiação em direção ao metal.

Apesar de toda a tecnologia envolvida atualmente, produzir eletricidade através da energia do sol não é uma novidade. O primeiro relato é de 1839, quando Edmond Becquerel, físico francês, observou que ao adicionar duas placas de latão a um líquido condutor, elas produziam eletricidade quando expostas à luz solar.

A primeira célula solar foi desenvolvida em 1883, por Charles Fritts, feita com folhas de selênio unidas por uma fina camada de ouro.



Tipos de Células

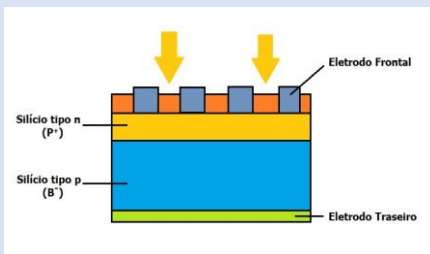
As células solares estão divididas em três categorias, chamadas de primeira, segunda e terceira geração.



Célula Solar de 1ª Geração

Foram as primeiras a serem desenvolvidas, baseadas em silício cristalino. Apesar do grande rendimento, ocupavam uma grande área, o que deixava seu custo bastante elevado, dificultando sua utilização.

Essas células são formadas pela junção de duas placas de silício (Si), um metal semiconductor, uma dopada de boro, formando o (silício tipo p) e a outra dopada de fósforo (silício tipo n). Ao juntá-las, um campo elétrico é gerado com a incidência da luz solar sobre a placa.

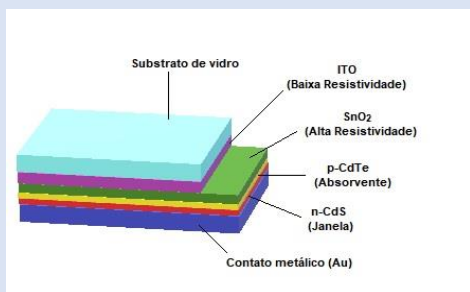


Célula Solar de 2ª Geração

Para reduzir os custos de produção, até então elevados, desenvolveu-se as células de segunda geração, porém com menor rendimento energético que as anteriores.

Um exemplo de célula bem sucedida são as **células de cádmio telúrio (CdTe)**.

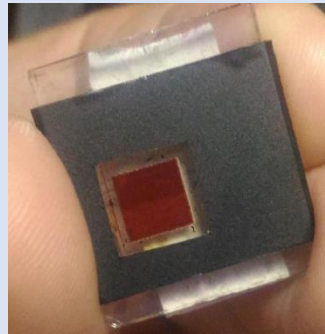
Elas são compostas por filmes sobrepostos de sulfeto de cádmio (CdS), que está em contato com uma camada absorvente, o telureto de cádmio (CdTe). Para chegar a essa junção a luz solar é absorvida por um óxido condutor transparente depositado sobre um vidro. Por fim, temos um metal no contato posterior.



Fonte: <http://www.sunenergy.eco.br>

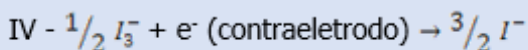
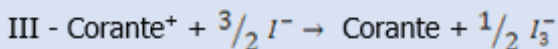
Célula Solar de 3ª Geração

As **células solares sensibilizadas por corantes (CSSC)** são baseadas em reações de oxirredução e conseguem associar eficiência e baixo custo.

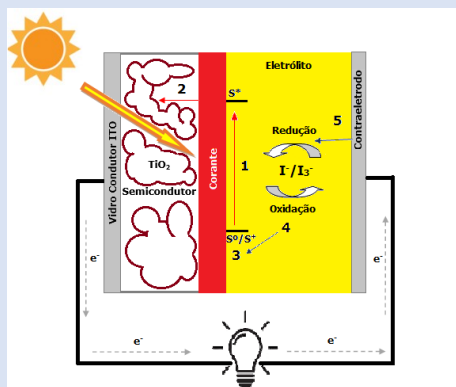


As CSSC foram criadas por Michael Grätzel e são inspiradas no processo natural que os vegetais utilizam para produzir açúcares, a fotossíntese. No caso dos vegetais, a clorofila é o corante responsável pela absorção da energia solar transformando-a em energia química. Essa energia absorvida é utilizada para transformar o dióxido de carbono (CO_2) e a água (H_2O) em oxigênio (O_2) e glicose (açúcar). Nas CSSC, busca-se transformar a energia solar diretamente em energia elétrica

Uma CSSC é constituída basicamente por: fotoanodo (semicondutor e corante), contraeletrodo (grafite ou platina) e eletrólito (geralmente solução de iodo/triiodeto). Seu funcionamento é constituído em quatro etapas, representadas a seguir.

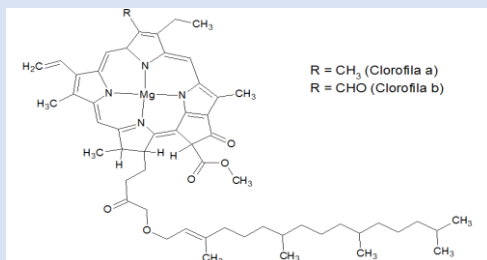


A luz do sol é absorvida pelo corante e seus elétrons são excitados (I) que são conduzidos pelo semicondutor TiO_2 (II). O corante é regenerado rapidamente pela oxidação do eletrólito (III). Os elétrons gerados nessa etapa percorrem um circuito externo, gerando a corrente elétrica e são direcionados ao contraeletrodo, provocando a redução do eletrólito (IV), completando o ciclo da célula. Este ciclo está representado na figura a seguir:



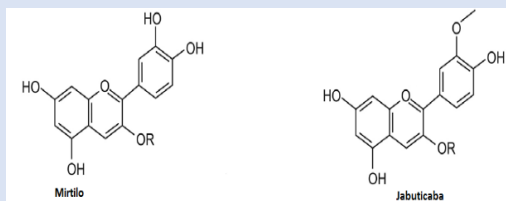
Corantes

Na fotossíntese, o corante capaz de absorver a energia solar pelas plantas é a clorofila, representado na figura abaixo.

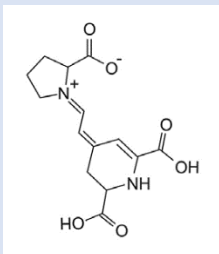


Algumas frutas ou leguminosas também apresentam corantes em sua composição que, assim como a clorofila, vão caracterizar uma coloração específica.

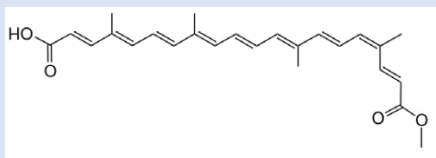
No caso do mirtilo e jabuticaba, as cores são provenientes das antocianinas, classe de pigmentos responsáveis pela coloração intensa em diversos tipos de flores, frutos e vegetais, e que podem variar do laranja até o violeta.



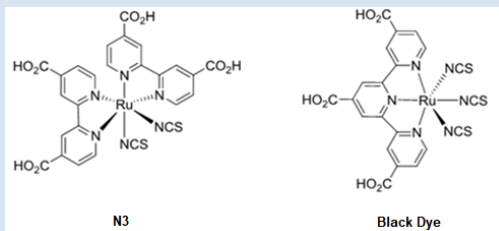
A coloração da beterraba é devida à presença de substâncias classificadas como betacianinas, uma classe de pigmentos naturais de coloração avermelhada.



No urucum, matéria-prima do colorau, a coloração é devida aos betacarotenos, os mesmos pigmentos encontrados na cenoura ou na abóbora, com coloração amarela-alaranjada.



Além dos corantes naturais, podem ser utilizados compostos de coordenação à base de rutênio como os polipiridínicos de rutênio produzidos em laboratório, os mais utilizados são o **N3** e o **N749 (Black Dye)**.



Montando uma CSSC

Você pode criar uma célula solar sensibilizada com corantes utilizando iodo, suco de amora e alguns materiais simples.

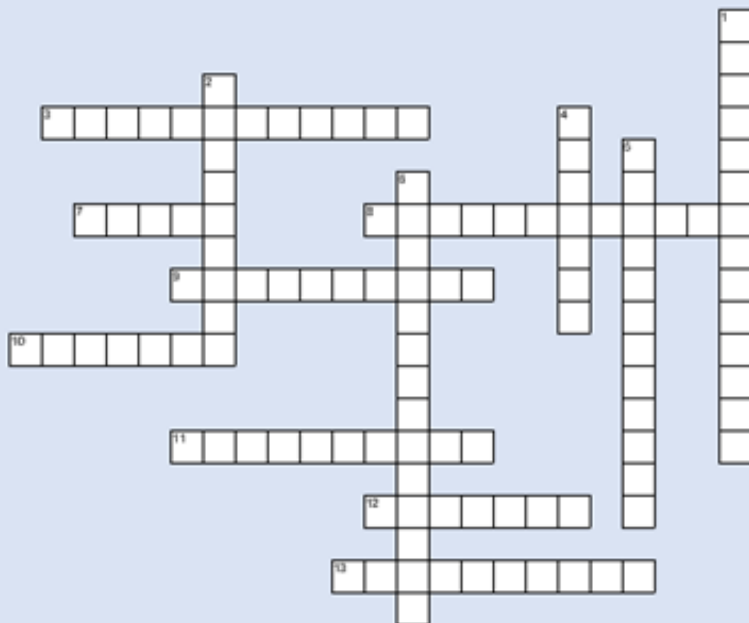
Utilize o QR-CODE abaixo para ter acesso ao passo-a-passo da montagem de uma CSSC.



Baixe o arquivo, siga os procedimentos e monte sua própria CSSC.

Por uma energia mais limpa e renovável!

Palavras Cruzadas



Horizontal

3. Efeito que permite a conversão de energia solar em energia elétrica.

7. ____ Nuclear

8. Processo de conversão de energia solar em energia química realizado pelos vegetais.

9. Galáxia onde se encontra o sistema solar.

10. Capacidade de um sistema realizar trabalho.

11. Fontes de energia que não se esgotam.

12. Criador das primeiras células sensibilizadas por corantes.

13. Elemento químico mais abundante no sol.

Vertical

1. Conjunto de fontes disponíveis para produzir energia elétrica.

2. Corante responsável pela captação energia solar nas plantas.

4. Elemento químico utilizado nas células solares de primeira geração.

5. Substâncias presentes nos corantes naturais utilizados nas CSSC.

6. Parte das CSSC que apresenta uma camada de grafite.

Jogo dos 7 Erros



Caça-Palavras

As palavras deste caça palavras estão escondidas na horizontal, vertical e diagonal, sem palavras ao contrário.

N R I H P I R T E B E B E I T W F O R A E E
R E E T E E T R H W A S F S E W U O A R E I
I P O E R R N T H S A U E O I N M X E O E O
E H A A S E L E T R I C I D A D E I B D D C
H D E N E I R E L E A D T N I U M R A R E R
R R R A H R A I P N N T O T P I R R G U C I
I E N F O T O A N O D O E N A E A E A I R R
T O A O S D L T H V E L S R D U B D O H A W
E R E C S A T A P Á R A T L R N E U I T P O
R M F D O E A N P V O E U M H D N Ç O I O D
O A E T F R U E U E T W F A N M O ã D T E G
N S R T D M A N B I T A A I H G A O B O U T
C L O T E N E N O S D N N P D T B N A H O E
E L A O L O R D T N S H O R O S I T E K I R
S T T O H L E S T E P E I S S L I E N T I R
U S D T K T R E I A S W G U O P O C O C T M

APOLO
CORANTES

EFEITOESTUFA
ELETRICIDADE

ENERGIA
FOTOANODO

OXIRREDUÇÃO
RENOVÁVEIS

Referências Bibliográficas

- ALBERTS, Bruce et al. *Biologia molecular da célula*. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010, p. 68.
- ATKINS, P. W.; PAULA, Julio de. *Físico-química*. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008, v 1, p. 33-37..
- AZEVEDO, M.; CUNHA, A. Fazer uma célula fotovoltaica. Departamento de Física Universidade de Aveiro. Disponível em: <<http://www.cienciaviva.pt/docs/celulafotovoltaica.pdf>>. Acesso em: 27 de novembro de 2017.
- BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energéticas, Plano Nacional de Energia 2030, disponível em <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-175/PNE%202030%20-%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Termonuclear.pdf> Acesso em 23 de outubro de 2018, as 19:42.
- BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energéticas, Balanço Energético Nacional, 2018. Disponível em < <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-397/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%202018-ab%202017vff.pdf>> Acesso em 23 de outubro de 2018, as 19:30.
- BRASIL, Ministério de Minas e Energia. ABCD Energia. Disponível em <http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica> Acesso em 22 de outubro de 18, 21:45.
- CARVALHO, E. F. A; CALVETE, M. J. F. Energia Solar: um passado, um presente... um futuro auspicioso. *Revista Virtual de Química*. v. 2, nº. 3, p. 192-203, 05 dez. 2010.
- DELERUE, A.; A família do sol. Rio de Janeiro: SAMAST, 2008.
- DUPONT, F. H.; GRASSI, F.; ROMITTI, L. Energias Renováveis: buscando por uma matriz energética sustentável. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*. Santa Maria, UFSM, v. 19, n. 1, Ed. Especial, p. 70 – 81.
- <http://www.ebc.com.br/especiais/energias-renovaveis>. Acessado em 13 de fevereiro de 2019.
- LIMA, E. F. De S. et al. Células solares: Uma abordagem experimental no ensino de estrutura atômica e ligações químicas. *Revista Experiência em Ensino de Ciências*. v. 12, nº. 1, p. 66-79, 2017.
- MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia solar fotovoltaica: Uma Breve Revisão. *Revista Virtual de Química*. v. 7, nº. 1, p.126-143, 14 out. 2014.
- MAYRINK, C. et al Célula solar de Grätzel: Uma Proposta de Experimentação Interdisciplinar. *Revista Virtual de Química*. v. 9, nº. 2, p.717-728, 13 mar. 2017.
- PATROCÍNIO, A. O. T.; IHA, N. Y. M. Em busca da sustentabilidade: Células solares sensibilizadas por extratos naturais. *Química Nova*. v.33, nº.3, p. 574-578, 2010.
- SADAVA, D et al. *Vida: a ciência da biologia*. 8.ed. v 1. Porto Alegre: Artmed, 2009. p 161-167.
- SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. *Química Orgânica*. 8 ed. v.2. Rio de Janeiro: LTC, 2006, p. 351.
- SONAI, G. et al Células solares sensibilizadas por corantes naturais: Um experimento introdutório sobre a energia renovável para alunos de graduação. *Química Nova*., v.38, nº.10, p.1357-1365, 2015.

