



8º EnPE

Encontro de Pesquisa e Extensão

OS PRINCÍPIOS FÍSICOS DO FUNCIONAMENTO DE PAINÉIS SOLARES

Gabriel Mendes Costa¹

gabriel.costa@estudante.iftm.edu.br

Willian Reis Moura do Couto²

williancouto@iftm.edu.br

Instituto Federal do Triângulo Mineiro – campus Paracatu

Natureza do Trabalho: (X) Pesquisa () Extensão

Área de Conhecimento: () Exatas e da terra (X) Engenharias () Humanas () Sociais aplicadas () Agrárias

Resumo: O aumento crescente da demanda por energia elétrica nos últimos anos em decorrência do desenvolvimento tecnológico das sociedades atuais, despertou um alerta nos cientistas e governos quanto ao acréscimo da poluição gerada por combustíveis fósseis e sobre formas sustentáveis para a geração de energia. Nesse sentido, este presente trabalho tem por objetivo discutir sobre a produção de energia elétrica a partir de placas solares. Assim, buscando entender os processos de quantização da energia, efeitos fotoelétrico e fotovoltaico, e a importância dos semicondutores para o desenvolvimento destes dispositivos.

Palavras-chave: energia elétrica, efeito fotoelétrico, efeito fotovoltaico, semicondutores.

Introdução

Nas últimas décadas o custo da energia solar caiu drasticamente, enquanto a eficiência dos painéis solares vem aumentando cada vez mais. No Brasil, desde 2010 os preços dos painéis fotovoltaicos reduziram cerca de 90% (FERNANDO JESUS, 2020), devido ao empenho significativo dos pesquisadores e empresas em desenvolver meios para aumentar a eficiência dos painéis e a produção em larga escala.

Os estudos no campo da física do final século XVIII e início do século XX foram fundamentais para compreender o comportamento da luz, seja ela onda eletromagnética ou partícula. Em 1839 o físico francês Alexandre-Edmond Becquerel (1820-1891)(BECQUEREL - WIKIPÉDIA, 2021) descobre o efeito fotovoltaico por meio de um experimento, entretanto ele não conseguiu explicar as implicações provocadas pela luz naquele fenômeno. Foi quando em 1900 o físico alemão Max Karl Ernest Ludwig Planck(1858-1947) (“PLANCK - WIKIPÉDIA”, 2021) publicou seu artigo sobre a “Teoria da Lei de Distribuição de Energia do Espectro Normal, o qual quantificou-se a luz em pacotes de energia. Posteriormente em 1904 o físico alemão Albert Einstein (1879-1955) (“EINSTEIN - WIKIPEDIA”, 2021) publicou um artigo sobre o efeito fotoelétrico, conceituando o fenômeno de extração de elétrons de uma superfície metálica provocado pelos fótons de uma onda eletromagnética. Em 1950 desenvolveu-se o silício cristalino e em 1954 foi criada a primeira célula fotovoltaica a base deste material com eficiência de 4% e posteriormente obtiveram uma eficiência de 11%.(SCIENCEDIRECT TOPICS, 2019). Atualmente, as pesquisas acerca deste efeito vêm se consolidando cada vez mais e apresentando resultados ainda mais efetivos.

Materiais e Métodos

De modo geral este trabalho tem por objetivo fazer uma pesquisa sistemática sobre os fenômenos e processos que envolvem a construção de uma célula fotovoltaica. Para isso, o estudo será baseado nas bibliografias Fundamentos de Física - Volume 4 - Óptica e Física Moderna (HALLIDAY, 2016), Física VOL IV - Ótica e Física Moderna (YOUNG; FREEDMAN, 2016) e Física Quântica - Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas (EISBERG, 1979). Para enfim entender os conceitos da física quântica envolvidos na conversão da radiação eletromagnética para energia elétrica.

Desenvolvimento

O postulado de Planck deu continuidade nos estudos de Rayleigh e Jeans, entretanto Planck inseriu conceitos da física quântica nos seus estudos, possibilitando-o a conclusões condizentes ao espectro de radiação. Neste artigo Planck introduziu uma fórmula aplicável para qualquer comprimento de onda e temperatura, equação 1.0, conhecida como “Espectro de corpo negro de Planck”. Desse modo, Planck tratou a energia das ondas estacionárias eletromagnéticas, oscilando senoidalmente com tempo, como grandeza discreta ao invés de contínua.(EISBERG, 1979)

$$\rho_T(\nu)d\nu = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{\left(e^{\frac{hc}{k\lambda T}}\right)-1} d\nu \quad (1.0)$$

No qual $h = 6,63 \times 10^{-34}$ Joules · s é a constante de Planck. Portanto, a partir desta equação Planck fundamentou o comportamento de radiação um corpo negro, como mostra o gráfico 1.

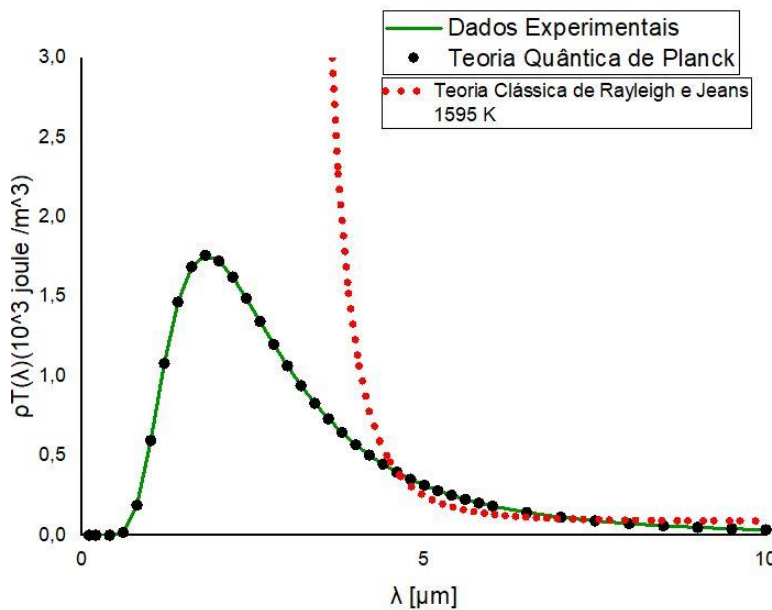


Gráfico 1: Teoria de Planck. O gráfico mostra o comportamento de uma onda em função do seu comprimento e sob uma temperatura de 1595 K.

A quantização de uma grandeza física significa dizer que esta é encontrada em apenas múltiplos inteiros de uma quantidade elementar. Desse modo, Einstein fundamentou a quantidade elementar de uma onda eletromagnética chamada de fóton (quantum) e os “pacotes de energia” como fótons (quanta). Assim esta descoberta feita por Einstein contribuiu posteriormente para o desenvolvimento do efeito fotoelétrico e consequentemente para o seu prêmio Nobel em 1921. (HALLIDAY, 2016; YOUNG; FREEDMAN, 2016)

Dito isso, a quantização da energia foi usada por Planck para comprovar sua teoria sobre o espectro de corpo negro, como mostra a equação 1.1.

$$E = \frac{nhc}{\lambda} \quad (1.1)$$

Onde $n=0,1,2,3\dots$ caracteriza a grandeza como um múltiplo inteiro.

Em suma, a menor quantidade de energia que uma onda luminosa pode assumir é hf , sendo a energia de um fóton (quantum).

Após os estudos de Planck sobre a radiação de corpo negro e seus fundamentos sobre a quantização da energia. A teoria de Einstein não se restringiu apenas a quantização dos elétrons nas paredes de um corpo negro como previa Planck. Como dito anteriormente, Einstein propôs que a energia radiante está quantizada em pacotes concentrados, conhecidos como fótons. Para isso, ele considerou a propagação da luz de forma corpuscular, ou seja, a luz como partícula.

Além do mais, Einstein supôs que um pacote de energia está localizado em um pequeno volume do espaço e que permanece localizado à medida que se afasta da fonte com uma velocidade c . Assim, ele propôs que a energia E de um pacote de energia é relacionada com sua frequência f , de acordo com a equação 1.2 e também que esta energia será completamente absorvida por um elétron no fotocátodo.(EISBERG, 1979)

$$E = hf \quad (1.2)$$

Onde $h = 6,6262 \times 10^{-34} \text{ J/s}$ corresponde a constante de Planck

Diante disso, para que o elétron seja expelido da superfície de uma placa é necessária uma quantidade mínima de energia, Φ , conhecida como função trabalho. Assim a descrição matemática do efeito fotoelétrico é dada pela equação 1.3.

$$hf = K_{m\acute{a}x} + \Phi \quad (1.3)$$

No qual hf é a energia de um fóton e $K_{m\acute{a}x}$ é a energia cinética máxima associada a um fotoelétron.

Esta energia cinética, $K_{m\acute{a}x}$, é determinada pela frequência de corte, V_0 , de acordo com a equação 1.4.

$$K_{m\acute{a}x} = eV_0 \quad (1.4)$$

Onde e é o módulo de carga do elétron. Desse modo, é possível concluir que a quantidade de energia cinética liberada por um fóton independe da intensidade da luz incidente.

Por fim, a hipótese do fóton é abrangível para todo o espectro eletromagnético. Entretanto, para ondas que possuem pequenos comprimentos de onda, a energia do fóton não será o suficiente para arrancar elétrons.

O efeito fotovoltaico ocorre quando a irradiação de alguma fonte luminosa, como por exemplo o sol, incide sobre um semicondutor do tipo diodo com junção pn conectado à um circuito. Assim, o material absorve a energia do fóton, onde tal energia é transferida para os elétrons dos átomos. Dessa forma, criam-se pares de elétrons e buracos que posteriormente irão

para as laterais da junção pn . Em seguida, a diferença de potencial da junção pn fará com estes pares sejam separados, devido a atuação de um campo elétrico \vec{E} aplicado sobre eles. Consequentemente os elétrons irão para a região n , enquanto os buracos irão para a região p , este fluxo de elétrons caracteriza a corrente elétrica no circuito, como representado pela figura 1.(HUSSAIN,2018; YOUNG; FREEDMAN, 2016)

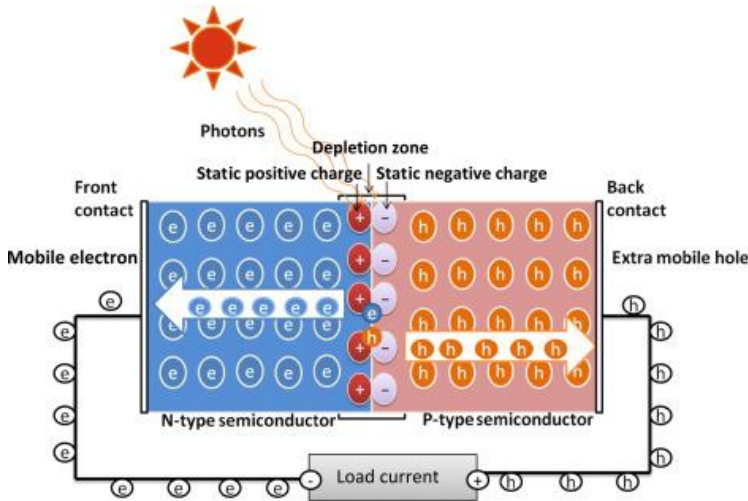


Figura 1. Efeito fotovoltaico. Na figura fótons incidem sobre a zona de depleção ou junção pn , causando a indução de uma corrente elétrica para o semicondutor do tipo p . Extraído de (HUSSAIN, 2018).

O conceito de bandas de energia é fundamental para explicar o porquê de os elétrons tornarem-se livres na figura 1. Assim, as bandas de energias são camadas ou níveis eletrônicos encontrados na estrutura do átomo, o qual a última camada é conhecida como banda de valência, ou seja, a camada mais elevada com a presença de elétrons influenciados pelo núcleo atômico. A banda de condução é a camada mais externa após a banda de valência, entretanto os elétrons desta camada são chamados de elétrons livres, pois não há nenhuma força elétrica entre o núcleo e eles. Vale ressaltar, que entre a banda de valência e a banda condução há a banda de energia, de modo que o tamanho ou espaçamento da banda de energia irá determinar os materiais como isolantes, semicondutores e condutores. No caso dos semicondutores, estes possuem um espaçamento da banda de energia intermediário, o que faz com a energia de gap E_G , ou seja, a energia necessária para que os elétrons saiam da banda de valência para a banda de condução, seja menor do que em um material isolante e maior do que em um material condutor, como mostra a figura 2.

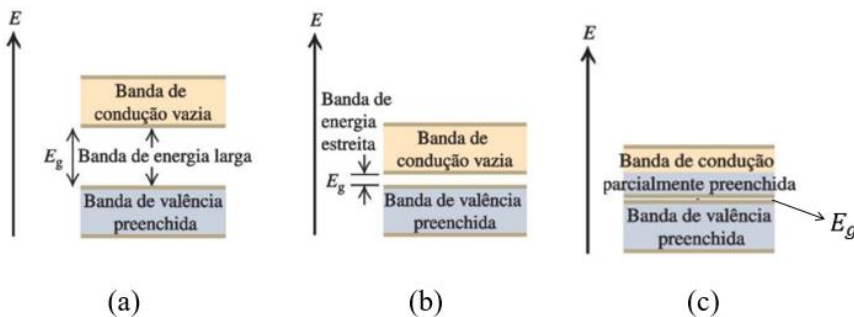


Figura 2. Na figura (a) representa a banda de energia de um material isolante; (b) representa um material semicondutor; e (c) representa a banda de energia de material condutor. Extraída de (YOUNG; FREEDMAN, 2016)

Portanto, para qualquer que seja a fonte luminosa cujo fótons possuam energia superiores que E_G do material semiconductor, este fenômeno ocorrerá.

Considerações Finais

Por fim, após entender os conceitos da física presentes em uma placa fotovoltaica e as propriedades dos materiais envolvidos, como os semicondutores, espera-se compreender a evolução das técnicas de eficiência energética adotadas nas células solares ao longo do tempo. Posteriormente, afim de aplicar tais conhecimentos adquiridos no decorrer da pesquisa, planeja-se desenvolver um protótipo de uma placa solar capaz de suprir a demanda elétrica de circuito eletrônico de baixa tensão. De modo a entender os problemas enfrentados atualmente pelos cientistas em aumentar a eficiência de conversão energética das placas solares, o qual está entre 15% e 30% (FERNANDO JESUS, 2020). Diante deste dado percebe-se que o mercado de placas solares irá crescer significativamente nos próximos anos ou décadas, com o desenvolvimento de novas técnicas que aumentem o grau de absorção e conversão da energia solar.

Referências

BECQUEREL - WIKIPÉDIA. Disponível em:

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Antoine_Henri_Becquerel>. Acesso em: 16 set. 2021.

EINSTEIN - WIKIPEDIA. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Albert_Einstein>.

Acesso em: 16 set. 2021.

EISBERG, R. **Física Quântica.** Ciências Exatas edition ed. Rio de Janeiro (RJ): Elsevier, 1979.

FERNANDO JESUS. **Preços dos painéis solares descem 90% desde 2010**Portal Energia - **Tudo sobre energias renováveis**, 5 jan. 2020a. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/precos-paineis-solares-148225/>>. Acesso em: 16 set. 2021

FERNANDO JESUS. **Quais os painéis solares fotovoltaicos mais eficientes do mercado?**Portal Energia - **Tudo sobre energias renováveis**, 28 ago. 2020b. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/paineis-solares-mais-eficientes/>>. Acesso em: 20 set. 2021

HALLIDAY, D. **Fundamentos de Física - Vol. 4 - Óptica e Física Moderna.** 10ª edição ed. [s.l.] LTC, 2017.

MUSTANSAR HUSSAIN, C. (ED.). In: **Handbook of Nanomaterials for Industrial Applications.** Micro and Nano Technologies. [s.l.] Elsevier, 2018.

PLANCK - WIKIPÉDIA. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Max_Planck>.

Acesso em: 16 set. 2021.

SCIENCEDIRECT TOPICS. **Efeito fotovoltaico - uma visão geral | ScienceDirect Topics.** Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/photovoltaic-effect>>.

Acesso em: 30 jun. 2021.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física IV, Sears e Zemansky: ótica e física moderna.** 14th edition ed. [s.l.] Pearson, 2016.