

## **EFEITO FOTOVOLTAICO VERSUS EFEITO FOTOELÉTRICO NA ESCOLA DE EDUCAÇÃO BÁSICA**

Silvio da Costa Silva (1); Igor de Jesus Tavares de Aviz (1); Sandro Mateus Ferreira Teixeira (2); Waldinei Moreira Monteiro (3); José Ricardo Patrício da Silva Souza (4).

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação Ciência E Tecnologia do Pará/ Física/ silviocosta15@hotmail.com

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação Ciência E Tecnologia do Pará/ Física/ igor.fisica2015@gmail.com

<sup>3</sup>Instituto Federal de Educação Ciência E Tecnologia do Pará/ Física/mathiasferrey25@gmail.com

<sup>4</sup>Instituto Federal de Educação Ciência E Tecnologia do Pará/ Física/monteiro.ney2@gmail.com

<sup>5</sup>Instituto Federal de Educação Ciência E Tecnologia do Pará/ Física/patricio.souza@ifpa.edu.br

### **1. INTRODUÇÃO**

Muito se fala em abordar conceitos de física moderna (FM) na educação básica, no entanto alguns conceitos ainda veem sendo abordados de forma equivocada. Sabe-se que os conteúdos de física nem sempre despertam o interesse dos alunos, principalmente quando se trabalha com metodologias tradicionais de ensino, no entanto podemos mudar o cenário atual com a introdução de “novos” conceitos relacionados à FM no currículo da educação básica, abordando temas intimamente relacionados ao cotidiano, e que desperte a atenção e curiosidade. É comum em livros didáticos nos tópicos de FM se abordar o efeito fotoelétrico (EFE) e exemplificar com painéis fotovoltaicos, caracterizando o referido efeito como o responsável pela geração de energia elétrica a partir de Energia Solar (SOUZA, 2016, pág. 80).

Em estudos mais aprofundados sobre Energia Solar Fotovoltaica percebe-se que o efeito responsável é chamado de Efeito Fotovoltaico (EFV) que foi descoberto por Becquerel em 1939 na oficina de seu pai, quando ainda era muito jovem. Neste trabalho busca-se estabelecer os conceitos e limites do EFE e EFV, estabelecer os conceitos de cada fenômeno, diferenças e semelhanças entre eles e qual deles atua de forma conceitualmente correta em geração de Energia elétrica a partir de painéis fotovoltaicos ou solares como são conhecidos (SOUZA, 2016).

### **2. METODOLOGIA**

Inicialmente foi feito um estudo aprofundado dos efeitos fotovoltaico e fotoelétrico em livros textos de FM de cursos superiores, assim como livros técnicos, manuais de engenharia para sistemas fotovoltaicos e dissertação de mestrado aprovada na Sociedade Brasileira de Física (SBF), a qual aborda sobre o tema Energia Solar Fotovoltaica na Educação Básica. Posteriormente analisamos alguns livros didáticos de física, realizamos uma pesquisa em tais livros relacionada ao

tema deste trabalho. Com o objetivo de constatar a abordagem dos temas, assim como suas semelhanças e diferenças.

### 3. LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS

Entre as 12 obras aprovadas no âmbito do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) para o ensino de Física, propostas já para o ano de 2018 foi analisado 8 obras, sendo elas:

Obra	Autor	Edição/ Volume	Editora
Física: Contextos e Aplicações	Antônio Máximo; Beatriz Alvarenga; Carla Guimarães	2ª/ 3	SCIPIONE
Física - Ciência e Tecnologia	Carlos Magno A. Torres; Nicolau Gilberto Ferraro; Paulo Antônio de Toledo Soares; Paulo Cesar Martins Penteado	4ª/ 3	MODERNA
Física Aula por Aula	Benigno Barreto; Claudio Xavier	3ª/ 3	FTD
Física: Interação e Tecnologia	Aurelio Gonçalves Filho; Carlos Toscano	2ª/ 3	LEYA
Física Em Contextos	Alexander Pogibin; Maurício Pietrocola; Renata de Andrade; Talita Raquel Romero	1ª/ 3	EDITORA DO BRASIL
Ser Protagonista – Física	Adriana Benetti Marques Válio; Ana Fukui; Ana Paula Souza Nani; Bassam Ferdinian; Gladstone Alvarenga de Oliveira; Madson de Melo Molina; Venê	3ª/ 3	SM
Compreendendo a Física	Alberto Gaspar	3º/ 3	ÁTICA
Física	Bonjorno; Casemiro; Clinton; Eduardo Prado	3º/ 3	FTD

### 4. RESULTADOS

Aqui nesta etapa do trabalho não tem-se o objetivo de mostrar qual livro é melhor ou pior que outros, apenas mostra-se uma visão geral das obras. Foi possível constata que as obras analisadas abordam conteúdos de FM e entre os temas propostos, neste artigo, todas abordam sobre o EFE. Das obras analisadas, poucas aprofundam sobre as “novas” fontes de energias (renováveis) e poucas tratam do EFV, e em uma das obras é tratado o tema Energia Solar fotovoltaica via EFE, nem se quer comenta sobre o EFV, apagando a contribuição de Becquerel da história.

## 5. DISCUSSÃO

Inicialmente será abordado a teoria de cada efeito separadamente e posteriormente suas semelhanças e diferenças fundamentais.

### 5.1. EFEITO FOTOELÉTRICO

O EFE foi observado pela primeira vez por Hertz em 1887, em experimento que resultou na emissão de elétrons, ainda não conhecidos na época, de superfície metálica em virtude da incidência de radiação ultravioleta, de pequeno comprimento de onda (MAHON, 2011, pág. 05). Foi descrito em 1905 por Albert Einstein, o qual assume a radiação como pequenos pacotes de energia (quantum de ação), via teoria de Max Planck (1900), esta quantidade de energia quantizada, hoje conhecida como fóton, de acordo com Albert Einstein é a diferença entre a energia cinética máxima de ejeção de elétrons e a função trabalho, que é a energia que liga o elétron a superfície metálica (EISBERG, 1979, pág. 67).

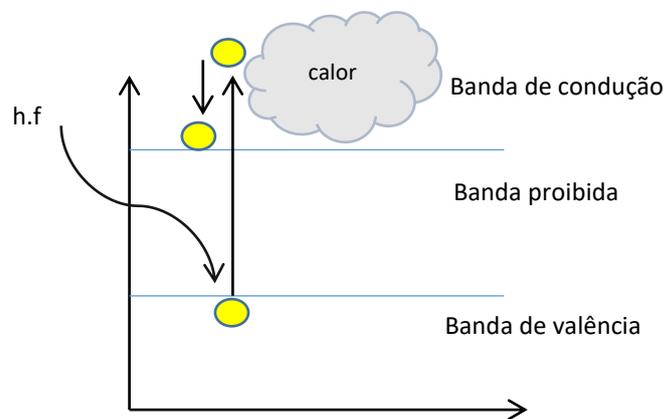
Basicamente a teoria do efeito fotoelétrico é explicado na maior parte da literatura analisada para o elétron superficial, e também caracteriza-se o fenômeno pela **ejeção de elétrons de superfícies metálicas**, assim como caracteriza-se pela condição de existência de uma frequência de corte (mínima), abaixo da qual a radiação incidente não arrancaria elétrons da superfície, justificando a não ocorrência do efeito fotoelétrico. Então no EFE o elétron receberia energia do fóton de radiação incidente (pequenos pacotes de energia, postulados por Max Planck em 1900, quando trabalhava sobre a teoria da radiação do corpo negro) e gastaria uma parte para se libertar do metal e o excedente resultaria em energia cinética de ejeção do material (MAHON, 2011, pág. 05).

### 5.2. EFEITO FOTOVOLTAICO

O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839 por Edmund Bequerel, atualmente consiste em uma diferença de potencial entre dois semicondutores de propriedades elétricas diferentes devido à incidência de luz na junção (BUHLER, 2011). Para entender perfeitamente o efeito fotovoltaico temos que ter noção básica de teoria de banda de energia, admitindo que um material possui três bandas de energia denominadas banda de valência, de condução e banda proibida. E para que o elétron possa passar da banda de valência para banda de condução ele precisará ganhar de um fóton de luz uma quantidade maior ou igual a energia do gap, que é a diferença entre a energia mínima da banda de condução e máxima da banda de valência, ou

seja o elétron precisa de energia para vencer a banda proibida, Caso o fóton incidente tenha energia maior que o Gap o excedente se transforma em calor aquecendo o material (efeito chamado de termalização), ver figura 5.1.

Além disso é necessário entender o funcionamento de dopagem de materiais como o silício, elemento da família 4A (elementos que tem quatro elétrons na última camada), com elementos da família 5A (elementos que tem cinco elétrons na última camada) e 3A (elementos que tem três elétrons na última camada) da tabela periódica, para que tenha-se, depois de dopados, materiais com excesso de elétrons e falta respectivamente, um tipo N e outro tipo P. Em seguida junta-se esses dois materiais formando o que chamamos de junção PN (SOUZA, 2016).



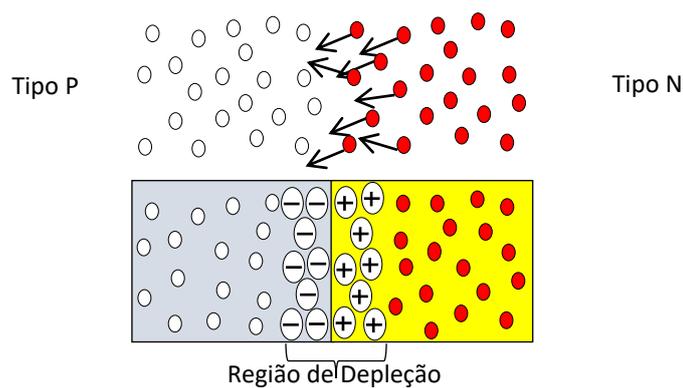
**Figura 5.1.** Geração de pares elétron-lacuna no material semicondutor e efeito de termalização.  
Fonte: SOUZA, 2016, pág. 47

### 5.3. EFEITO FOTOELÉTRICO VERSUS EFEITO FOTOVOLTAICO E PAINEL SOLAR

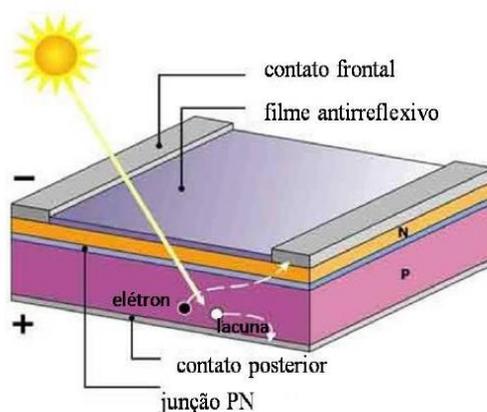
Observa-se que o Efeito fotovoltaico é um **fenômeno interno** ao material e é descrito para semicondutores, diferentemente do Efeito Fotoelétrico descrito por Albert Einstein em 1905 que é um fenômeno de arrancamento de elétrons do material por radiação incidente e foi descrito para metais, além de ter uma frequência mínima ou de corte, de acordo com a grande parte da literatura, para ser caracterizado, esse fato de frequência mínima define o efeito fotoelétrico como um **fenômeno externo** e de arrancamento de elétrons do material (SOUZA, 2016).

A célula solar é proveniente de uma junção *PN*, no instante em que os fótons de radiação solar incidem na superfície das células na camada tipo *N*, de menor espessura, podem atingir a camada tipo *P* fazendo com que os elétrons ganhem energia desses fótons e consigam atravessar a

região de depleção (Figura 5.2) atingindo o material tipo *N*, e se dirigindo para a superfície metálica fazendo surgir uma diferença de potencial (ddp) entre o contato frontal e o posterior, isso é o efeito Fotovoltaico, um fenômeno puramente interno e definido para semicondutores, que ocorre na Célula Solar ,muito diferente do efeito fotoelétrico, fenômeno externo e definido para metais. O fato que se deve ter em mente aqui é que o tratamento do efeito fotovoltaico envolve conteúdo bem mais extenso que o efeito fotoelétrico, desde teoria básica de semicondutores, dopagem e conceitos de ligações químicas.



**Figura 5.2:** Formação da Região de depleção.



**Figura 5.3:** Efeito Fotovoltaico em célula solar de silício.

## 6. CONCLUSÃO

Os livros didáticos por mais que busquem atualizações no que diz respeito à divulgação de Ciência e tecnologias, em muitas situações ainda são pobres em conceitos capitais e presentes na vida do aluno, como por exemplo o tema “Energia Solar Fotovoltaica” que já é uma realidade.

Percebe-se que o EFE e EFV são efeitos que tem sim semelhança entre si, pelo único fato da interação da radiação (fóton) com a matéria. No entanto a maioria da literatura aponta que o EFE se restringe a partir de uma frequência mínima, abaixo da qual não ocorre o referido efeito, então podemos dizer que aqui reside uma das principais características do EFE. Já o EFV pode ser entendido como um fenômeno puramente interno nos materiais semicondutores, deixando claro que o processo de dopagem apenas facilita a transição do elétron para a banda de condução, o que torna o material com maior facilidade de transportar corrente elétrica, além do fato de ser adequado a radiação na faixa da luz visível, o que torna viável para aproveitar essa radiação para gerar energia elétrica via efeito fotovoltaico em painéis solares a partir da luz do Sol.

## 7. REFERENCIAS

- BUHLER A. J. Estudo de técnicas de determinação experimental e pós processamento de curvas características de módulos fotovoltaicos.** UFRGS. RS. 2011. (Tese de Doutorado)
- EISBERG, R. M. Fundamentos da Física Moderna.** 1ed. Rio de Janeiro. Ed. Guanabara, dois S.A, 1979.
- HALLIDAY D, RESNICK R. WALKER J. Fundamentos de Física.** 10ed. Rio de Janeiro. LTC, 2016.
- MAHON, J. R. P. Mecânica Quântica: Desenvolvimento Contemporâneo com Aplicações.** Rio de Janeiro. LTC, 2011.
- SOUZA. J. R. P. S. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: Conceitos e Aplicações para o Ensino Médio.** UFPA. Pa. 2016 (Dissertação de Mestrado).