

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO NORTE
CAMPUS SANTA CRUZ

NÍCOLAS KELP OLIVEIRA BARROS

**O PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSA DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA
(PIBID) E A PRODUÇÃO DA CALCULADORA SOLAR DE BAIXO CUSTO PARA
USO EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NAS AULAS DE FÍSICA**

SANTA CRUZ-RN
2016

NÍCOLAS KELP OLIVEIRA BARROS

**O PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSA DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA
(PIBID) E A PRODUÇÃO DA CALCULADORA SOLAR DE BAIXO CUSTO PARA
USO EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NAS AULAS DE FÍSICA**

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito final à obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientadora: Professora Dra. Lenina
Lopes S. Silva
Co-orientador: Professor Me. Roney
Roberto de Melo Sousa

SANTA CRUZ-RN
2016

Divisão de Serviços Técnicos.
Catalogação da publicação na fonte.
IFRN/SC / Biblioteca Mons. Raimundo Gomes Barbosa

Barros, Nicolas Kelp Oliveira

O programa institucional de bolsa de iniciação à docência (PIBID) e a produção da calculadora solar de baixo custo para uso em atividades experimentais nas aulas de física / Nicolas Kelp Oliveira Barros. – Santa Cruz, 2016.

50 f.

Orientador (a): Prof. Dra. Lenina Lopes S. Silva

Monografia (Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte).

1. Física – Monografia. 2. Ensino de física – Monografia. 3. Física moderna – Monografia. 4. Efeito fotoelétrico – Monografia. 5. Calculadora solar - Monografia I. Silva, Lenina Lopes S. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológica do Rio Grande do Norte. III. Título.

IFRN-SC/MRGB

CDU 53:37

NÍCOLAS KELP OLIVEIRA BARROS

O PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSA DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA (PIBID) E A PRODUÇÃO DA CALCULADORA SOLAR DE BAIXO CUSTO PARA USO EM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NAS AULAS DE FÍSICA

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito final à obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientadora: Professora Dra. Lenina Lopes S. Silva

Co-orientador: Professor Me. Roney Roberto de Melo Sousa

Trabalho de Conclusão apresentado e aprovado em ___/___/___, pela seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA

Professora Dra. Lenina Lopes S. Silva - Orientadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof.^a M^a Maria Emília Barreto Bezerra – 1^a Examinadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Luiz Jorge Negri – 2^o Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Me. Roney Roberto de Melo Souza – Co-orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Rio Grande do Norte

Aos meus filhos, Victor e Vanessa.

AGRADECIMENTOS

A minha querida orientadora, professora Dra. Lenina Lopes Soares Silva por ter aceitado me auxiliar e pela paciência no processo de elaboração deste trabalho acadêmico. O seu amor pela docência é exemplo a ser seguido.

Ao professor Dr. Luiz Jorge Negri por ter me proporcionado o privilégio de conhecer um verdadeiro Gênio. Prometo tentar sempre separar as “laranjas” das “bananas” e ver o mundo com os “olhos da física”.

Ao professor Me. Roney Roberto de Melo Sousa, apesar do pouco tempo de convívio, sua contribuição foi muito importante.

A Professora Dra. Silvia Regina Pereira de Mendonça, pela seção de sua dissertação para estudo.

Ao professor e amigo Me. Nelson Cosme de Almeida, pela seção de sua dissertação para estudo.

Aos meus pais, *in memoriam*.

A minha tia, verdadeira educadora da vida.

A minha esposa, pela perseverança.

A CAPES por ter financiado minha bolsa de estudos.

Ao PIBID que me acolheu, abrindo-me os olhos sobre a vida como docente.

A professora M^a. Maria Emília Barreto Bezerra e ao professor Me. Francisco Aldrin Armstrong Rufino, pela convivência divertida nesses anos de pibidiano.

A turma 2011.1 - grandes histórias.

Nunca vi algo selvagem sentir pena de si mesmo, um pássaro cairá morto de um galho, sem jamais ter sentido pena de si mesmo.

D.H. Lawrence.

RESUMO

Esse trabalho de conclusão de curso propõe o uso de material de baixo custo (calculadora solar), como metodologia de ensino do conteúdo de Física Moderna, mais especificamente o tema “efeito fotoelétrico”. Desenvolvemos a ideia após nossa participação no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), programa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no qual fomos bolsistas durante os anos da graduação. Por isso, contextualizamos com a história da CAPES e do PIBID, ressaltando a importância do programa para a adaptação dos discentes ao mundo real das salas de aula do nosso país. Logo em seguida fizemos uma pesquisa bibliográfica sobre o tema efeito fotoelétrico, desde Hertz até Compton e tratamos do assunto fazendo uma abordagem voltada para as questões conceituais em detrimento da linguagem matemática. Nosso objetivo era fazer com que os alunos se apropriassem desses conceitos e compreendessem o funcionamento dessa tecnologia, por meio de um experimento de baixo custo, proporcionando a eles a oportunidade de construir e desenvolver seus próprios conceitos além do entendimento sobre o assunto. Finalizamos com uma proposta de Unidade Didática, onde sugerimos como os professores podem utilizar o experimento da calculadora solar de baixo custo, como mais uma forma de diversificar as aulas de Física.

Palavras-chave: Física moderna. Efeito fotoelétrico, Licenciatura em Física. Calculadora solar.

ABSTRACT

This work of course completion proposes the use of low cost material (solar calculator), as methodology teaching the content of Modern Physics, more specifically the theme "photoelectric effect". We developed the idea after our participation in the Institutional Program of Scholarship for Teaching Initiation (PIBID), a program of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), in which we were scholarship holders during the graduation years. Therefore, we contextualize with the history of CAPES and PIBID, emphasizing the importance of the program for the adaptation of students to the real world of classrooms in our country. Soon after we did a bibliographical research on the subject photoelectric effect, from Hertz to Compton and we deal with the subject making an approach focused on the conceptual issues to the detriment of the mathematical language. Our goal was to get students to appropriate these concepts and understand the workings of this technology through a low cost experiment, giving them the opportunity to build and develop their own concepts beyond understanding the subject. We conclude with a proposal of Didactic Unit, where we suggest how teachers can use the experiment of the solar calculator of low cost, as another way to diversify the classes of Physics.

Keywords: Modern physics. Photoelectric Effect, Degree in Physics. Solar calculator.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Representação simplificada do experimento de Hertz	22
Figura 02 – Experimento de Thomson	23
Figura 03 – Experimento de Lenard	24
Figura 04 – Experimento de Millikan para determinação da carga do elétron	29
Figura 05 – Experimento de Compton	30
Figura 06 – Calculadora	31
Figura 07 – LED.	31
Figura 08 – Esquema do LED	32
Figura 09 – Símbolo do diodo	32
Figura 10 – Símbolo LED	32
Figura 11 – Capacitor	33
Figura 12 – Símbolo do capacitor	33
Figura 13 – Fio de solda de estanho	34
Figura 14 – Ferro de soldar	34
Figura 15 – Disposição dos furos no papelão	35
Figura 16 – Disposição dos LED's no papelão	35
Figura 17 – Direcionando os polos dos LED's no papelão	36
Figura 18 – Soldas dos LEDs	36
Figura 19 – Soldas dos fios na calculadora	37
Figura 20 – Calculadora solar de baixo custo	37
Figura 21 – Representação de um átomo de silício	39
Figura 22 – Dopagem tipo p	39
Figura 23 – Movimento de elétrons pelas lacunas	40
Figura 24 – Dopagem tipo n	40
Figura 25 – Zona de depleção	41
Figura 26 – Absorção do fóton na banda de valência	42
Figura 27 – Fio condutor do LED	42
Figura 28 – Quadro cronograma de encontros e de atividades	46

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
CAPÍTULO 1 - A CAPES E O PIBID EM NOTAS SOBRE O PROJETO INTERDISCIPLINAR DO IFRN <i>CAMPUS</i> SANTA CRUZ	12
1.1 NOTAS HISTÓRICAS ACERCA DA CAPES	12
1.2 O PIBID	14
1.2.1 O PIBID nas Licenciaturas do IFRN <i>Campus</i> Santa Cruz	15
1.2.2 PIBID Interdisciplinar	17
CAPÍTULO 2 - TRABALHANDO COM O EFEITO FOTOELÉTRICO POR MEIO DA MONTAGEM DE UMA CALCULADORA SOLAR COM MATERIAL DE BAIXO CUSTO.	20
2.1 O EFEITO FOTOELÉTRICO COMO CONTEÚDO DE ENSINO EM FÍSICA NO ENSINO MÉDIO.	21
2.1.1 Montando uma calculadora solar como atividade experimental para o ensino de física no ensino médio	30
2.1.2 Explicando o funcionamento dos led's	38
CAPÍTULO 3 - PROPOSTA DE UMA UNIDADE DIDÁTICA PARA ENSINAR EFEITO FOTOELÉTRICO UTILIZANDO A CALCULADORA SOLAR DE BAIXO CUSTO.	44
3.1 IDENTIFICAÇÃO	45
3.2 OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM	45
3.3 CONTEÚDOS	45
3.4 METODOLOGIA.....	45
3.5 RECURSOS NECESSÁRIOS	47
3.6 AVALIAÇÃO	47
CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS	49

INTRODUÇÃO

As metodologias e procedimentos de ensino estão sempre em desenvolvimento e vão se aprimorando por meio de novos instrumentos conforme as mudanças da sociedade. A cada dia novas tecnologias são desenvolvidas e nós como consumidores devemos conhecer e compreender seu funcionamento. Vemos nas salas de aula, sendo essas de escolas privadas ou públicas, a grande dificuldade que os alunos enfrentam em se apropriar dos conceitos físicos, principalmente na área de Física Moderna. Observamos pouca contextualização e falta de exemplos práticos do cotidiano desses alunos, como alguns dos problemas encontrados no dia-a-dia desses discentes. Sendo assim, sair um pouco da abstração das fórmulas matemáticas e mostrar aos alunos como eles podem empregar essas tecnologias, manipular, inventar, construir e melhorá-las, é algo que a experimentação é capaz de proporcionar.

O Ensino de Física com o auxílio de experimentos de baixo custo favorece essa desmistificação de que a Física é algo inacessível para maioria das pessoas e que só os gênios são capazes de compreendê-la. Nas décadas iniciais do século XXI, apesar da maioria das escolas possuírem laboratórios, percebemos que muitos experimentos não proporcionam aos alunos o desenvolvimento de suas próprias concepções, pois estão apenas reproduzindo “receitas” e listas pré-estabelecidas de problemas com resultados predefinidos. Com os experimentos de baixo custo o aluno tem a oportunidade de pôr verdadeiramente a mão na massa para desenvolver seus conhecimentos empiricamente.

A ideia de usar experimentos de baixo custo como procedimento de Ensino de Física foi desenvolvida como atividade do PIBID com os alunos do último ano do Ensino Médio da Escola Estadual João Ferreira de Souza, escola pública localizada em Santa Cruz-RN, no ano letivo de 2015, durante uma feira de ciências. A partir dessa experiência, foi planejada uma proposta de Unidade Didática que pudesse ser implantada nas aulas de Física Moderna. Assim, esta monografia traz informações acerca do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) programa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) no qual fomos bolsistas durante os anos da graduação, tornando-se, para nós, um espaço de motivação de ensino-aprendizagem. Foi nesse espaço que desenvolvemos atividades com experimentos de baixo custo, pois, percebermos que

os alunos demonstravam grande dificuldade na assimilação dos conteúdos quando usávamos a metodologia tradicional de aulas discursivas, razão pela qual passamos a utilizar os experimentos de baixo custo e especificamente para esse trabalho a calculadora solar.

Esta monografia é composta por essa Introdução e mais três capítulos, o primeiro intitulado: A CAPES e o PIBID em notas sobre o Projeto Interdisciplinar do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) *Campus* Santa Cruz-RN, traz um registro bibliográfico baseado, principalmente, no trabalho da professora Dra. Sílvia Regina Pereira de Mendonça, no qual mostramos a história da CAPES e sua criação nos anos 1950. Logo após discorreremos sobre o PIBID, da sua implantação no *Campus* Central do IFRN, em Natal-RN, até seu início no IFRN *Campus* Santa Cruz-RN, em 2011.

No capítulo 2: Trabalhando com Efeito Fotoelétrico por meio da montagem de uma calculadora solar com material de baixo custo, mostramos um experimento que dispensa o uso de pilhas e servirá para demonstrar como funciona o Efeito Fotoelétrico. Neste capítulo fazemos a fundamentação teórica do nosso trabalho, tratando do Efeito Fotoelétrico, das primeiras observações com Hertz, do desenvolvimento deste conhecimento por Planck, à explicação final dada por Einstein, até a comprovação por experimento feita por Compton em 1923. Para essa pesquisa nos baseamos principalmente nos trabalhos do professor Dr. Luiz Jorge Negri. Fazemos também a demonstração da montagem do experimento passo a passo, com a descrição dos materiais empregados e a explicação de seu funcionamento.

No terceiro e último capítulo, proposta de unidade didática para ensinar Efeito Fotoelétrico, nos utilizamos da montagem da calculadora solar como procedimento de ensino para estudantes do Ensino Médio. Atemos-nos aos princípios físicos em detrimento da parte matemática deliberadamente, para que alunos com dificuldades básicas na linguagem matemática possam se apropriar das ideias físicas envolvidas no tema Efeito Fotoelétrico sem ter obrigatoriamente que desenvolver os cálculos.

CAPÍTULO 1 - A CAPES E O PIBID EM NOTAS SOBRE O PROJETO INTERDISCIPLINAR DO IFRN CAMPUS SANTA CRUZ

Neste capítulo discorreremos em breves notas acerca da CAPES e do PIBID como forma de situar o leitor no espaço-tempo social e político educacional de onde deriva-se esse trabalho monográfico. Para isso, consultamos o Portal da CAPES e recorreremos à tese da professora Dra. Silvia Regina Pereira de Mendonça (MENDONÇA, 2016).

1.1 NOTAS HISTÓRICAS ACERCA DA CAPES

O Brasil de 1950 era governado pelo então presidente Getúlio Vargas (1882-1954) quando o país passava por grandes transformações socioeconômicas, iniciava seu processo de industrialização e a população começava a sair do campo e procurar novas oportunidades nas grandes cidades. Para acompanhar esse desenvolvimento era necessário que os profissionais fossem qualificados para trabalhos na indústria. Diante dessa necessidade foi instituída a Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Segundo o *site* oficial da instituição (2016, grifos no original) a CAPES foi criada a 11 de julho de 1951, regida pelo Decreto nº 29.741 tendo como objetivo *“assegurar a existência de pessoal especializado e em quantidade e qualidades suficientes para atender às necessidades dos empreendimentos públicos e privados que visam ao desenvolvimento do país”*. Ela foi criada para atender uma necessidade do Estado e da sociedade brasileira em processo de industrialização, pois nesse momento o Brasil tinha apenas cinco universidades. De acordo com TEIXEIRA (1989, p.186), eram essas: a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ, 1920), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG, 1949), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, 1950), Universidade Federal da Bahia (UFBA, 1950), Universidade Federal do Paraná (UFPR, 1950).

O professor Anísio Spínola Teixeira (1900 – 1971) segundo dados obtidos no *site* eletrônico da Fundação Anísio Teixeira: em 1951, a convite do ministro da Educação, o jornalista e advogado Ernesto Simões da Silva Filho, retornou à ação no plano federal, assumindo a Secretaria-Geral da Campanha – posterior Comissão de Aperfeiçoamento do Pessoal do Ensino Superior (CAPES -1951-1964).

Considerado um dos maiores educadores brasileiros, Anísio Teixeira deixou uma obra pública excepcional que, ainda hoje, está à frente do nosso tempo. Sua formação educacional foi fortemente influenciada pelo pragmatismo do filósofo John Dewey, de quem foi aluno no Teachers College e cujas ideias divulgou no Brasil. Mas foi, sobretudo, nos embates entre a gestão cotidiana da educação e sua visão de futuro, em meio a aliados e adversários, que aprendeu a organizar homens e instituições. Dentre as obras literárias de Anísio Teixeira destacam-se: Aspectos americanos de educação (1928); A educação e a crise brasileira (1956); Educação e o mundo moderno (1977); entre tantas outras.

Em 1970, a CAPES tem sua sede transferida do Rio de Janeiro para Brasília e em 1974 passa a ser “órgão central superior, gozando de autonomia administrativa e financeira” por meio do Decreto nº 74.299. Após esse decreto a CAPES passa a colaborar com o Departamento de Assuntos Universitários (DAU) na política nacional de pós-graduação, a promoção de atividades de capacitação de pessoal de nível superior, a gestão da aplicação dos recursos financeiros, orçamentários e de outras fontes nacionais e estrangeiras, a análise e compatibilidade das normas e critérios do Conselho Nacional de Pós-Graduação.

Em 1981, a CAPES passa a ser reconhecida como órgão responsável pela elaboração do Plano Nacional de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, pelo Decreto nº 86.791, com a extinção do Conselho Nacional de Pós-Graduação. O país era governado pelo então presidente General João Batista Figueiredo (1964 – 1969), último presidente dos chamados “anos de chumbo”. Nesse momento o país já reivindicava o fim da ditadura militar que havia sido instaurada em 1964.

Cronologicamente, nós temos os seguintes fatos que antecederam esse evento: primeiro: a reforma universitária de 1968 que, segundo SAMPAIO (1991, p. 15): foi uma reforma promulgada pelo Governo Federal em 1968 e correspondia a uma versão do projeto proposto por Darcy Ribeiro para a Universidade de Brasília; segundo HOSTINS (2006) em seu trabalho: Os Planos Nacionais de Pós-graduação (PNPG) e suas repercussões na Pós-graduação brasileira:

[...] A reforma de 1968 e os substanciais recursos oferecidos pelas agências de financiamento da pós-graduação e da pesquisa (CAPES, CNPq e FINEP), dentro dos sucessivos Planos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, profissionalizaram o sistema universitário, com a implantação dos regimes de tempo integral e de dedicação exclusiva e, sobretudo, implementaram uma consistente política de pós-graduação, com a avaliação pelos pares sob a coordenação da CAPES. (TRINDADE, 2003, *apud* HOSTINS, R. C. L., 2006, P. 138).

De acordo com o *site da CAPES*, em 15 de março de 1990 no governo de Fernando Collor a CAPES foi extinta pela Medida Provisória nº 150, porém devido às intensas mobilizações acadêmicas e científicas o órgão foi recriado no dia 12 de abril pela Lei nº 8.028/1990, passando a se chamar Fundação de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. A CAPES nos dias atuais desempenha papel fundamental na expansão e consolidação da pós-graduação *stricto sensu* (mestrado e doutorado) em todos os estados da federação.

Suas principais atividades podem ser agrupadas nas seguintes linhas de ação, cada qual desenvolvida por um conjunto estruturado de programas:

- Avaliação da pós-graduação *stricto sensu*;
- Acesso e divulgação da produção científica;
- Investimentos na formação de recursos de alto nível no país e no exterior;
- Indução e fomento da formação inicial e continuada de professores para a educação básica nos formatos presencial e a distância. No qual está inserido o programa PIBID.

1.2 O PIBID

De acordo com MENDONÇA (2016, p. 83, grifos da autora), o PIBID foi iniciado com a Chamada Pública MEC/CAPES/FNDE, nº 01/2007, publicado no Diário Oficial da União (DOU), em 13/12/2007 e teve sua implementação efetivada, em nível nacional, por intermédio do Edital MEC/CAPES/FNDE nº 01/2007, “*com vistas a fomentar a iniciação à docência de estudantes das instituições federais de educação superior e preparar a formação de docentes em nível superior, em curso presencial de licenciatura de graduação plena, para atuar na educação básica pública*”.

Por meio dessa Chamada Pública o PIBID passa a atuar, como ação conjunta do Ministério da Educação, por intermédio da Secretaria de Educação Superior (SESu), da CAPES e do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE).

Segundo MENDONÇA (2016, p. 83) pela Portaria Normativa nº 38 o MEC institui o PIBID com seus respectivos objetivos e direcionamentos. Em seguida, outros documentos trouxeram orientações necessárias ao funcionamento e regulamentação efetiva. Com a Portaria nº 122 (BRASIL, 2009) o PIBID é instituído

no âmbito da CAPES e com o Decreto nº 7.219 foi institucionalizado, sendo, desta forma, consolidado como uma política de Estado (BRASIL, 2010).

O PIBID é uma iniciativa para o aperfeiçoamento e a valorização da formação de professores para a Educação Básica. Esse concede bolsas a alunos de licenciatura participantes de projetos de iniciação à docência, desenvolvidos por Instituições de Educação Superior (IES) em parceria com escolas de Educação Básica da rede pública de ensino.

É requisito que os projetos do PIBID devem promover a inserção dos estudantes de licenciatura no contexto das escolas públicas desde o início de sua formação acadêmica para que desenvolvam atividades didático-pedagógicas sob orientação de um docente da licenciatura e de um professor da escola.

Ainda de acordo com MENDONÇA (2016) o PIBID tem como objetivos:

- a) Incentivar a formação de docentes em nível superior para a educação básica;
- b) Contribuir para a valorização do magistério;
- c) Elevar a qualidade da formação inicial de professores nos cursos de licenciatura, promovendo a integração entre educação superior e educação básica;
- d) Inserir os licenciandos no cotidiano de escolas da rede pública de educação, proporcionando-lhes oportunidades de criação e participação em experiências metodológicas, tecnológicas e práticas docentes de caráter inovador e interdisciplinar que busquem a superação de problemas identificados no processo de ensino-aprendizagem;
- e) Incentivar escolas públicas de educação básica, mobilizando seus professores como co-formadores dos futuros docentes e tornando-os protagonistas nos processos de formação inicial para o magistério;
- f) Contribuir para a articulação entre teoria e prática necessárias à formação dos docentes, elevando a qualidade das ações acadêmicas nos cursos de licenciatura. (MENDONÇA, 2016, p. 85).

1.2.1 O PIBID nas licenciaturas do IFRN *Campus* Santa Cruz

Neste tópico, abordamos o PIBID no Curso de Licenciatura em Física do IFRN *Campus* Santa Cruz. Porém, antes iremos descrever um pouco da história do PIBID no IFRN.

O primeiro edital MEC/CAPES/FNDE de seleção pública de propostas de projetos de iniciação à docência, voltados ao PIBID, foi divulgado no dia 12 de dezembro de 2007, o, então, Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte – CEFET-RN, atual IFRN, apresentou o projeto institucional de iniciação à docência no âmbito do referido programa, conforme as condições estabelecidas. O projeto institucional apresentou a necessidade de atendimento para

as três licenciaturas em andamento na instituição: Licenciatura em Física, Licenciatura em Geografia e Licenciatura em Espanhol. Mendonça (2016, p. 86).

Ainda segundo MENDONÇA (2016, p. 89) no ano de 2009, o IFRN passou a contar com novos *campi* e, também, com novos cursos de licenciatura. No final de 2009, foi submetida e aprovada uma nova proposta do IFRN para o Edital PIBID 2009, o que permitiu a inclusão de seis novas licenciaturas. O novo projeto permitiu ampliar significativamente a abrangência de Bolsas de Iniciação à Docência no Rio Grande do Norte, uma vez que todos os novos cursos funcionavam em *campi* diferentes do IFRN, localizados no interior do Estado.

O IFRN *Campus* Santa Cruz localiza-se na sede do município de mesmo nome. É uma cidade do Rio Grande do Norte, polo da Microrregião da Borborema Potiguar que apresenta quadro educacional preocupante e, em consequência desse, também preocupam outros índices sociais. É uma cidade que não tem potencial econômico definido, a ocupação principal de seus habitantes está situada no funcionalismo público, no comércio, na avicultura, na agricultura familiar e no setor informal.

Esse município conta na esfera pública com escolas de Ensino Fundamental e de Ensino Médio (estaduais). Essas apresentam grandes dificuldades no ensino e na aprendizagem, de acordo com os últimos dados do ENEM¹. Ademais uma das escolas da rede estadual localizada nesse município aparece em 1º lugar, dentre os 20 piores resultados do Rio Grande do Norte, segundo o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB). (MENDONÇA, 2016, p. 28).

Ainda de acordo com MENDONÇA (2016, p. 90) em setembro de 2009, dentro do programa de expansão da educação tecnológica, promovido pelo Governo Federal, começou a funcionar o IFRN - *Campus* Santa Cruz, oferecendo os cursos de Informática, Refrigeração e Climatização, em três modalidades: Subsequente com duração de dois anos (para quem terminou o Ensino Médio); Integrado com duração de 4 anos (para os alunos advindos do 9º ano); Integrado EJA com duração de 4 anos (para maiores de 18 anos que não têm Ensino Médio) e Licenciatura em Física. No ano de 2012, foi implantado o curso de Licenciatura em Matemática.

¹ Exame Nacional do Ensino Médio

1.2.2 PIBID Interdisciplinar

Segundo o Edital PIBID nº 61/2013, a proposição de um projeto de natureza interdisciplinar justifica-se pela necessidade de se propiciar aos licenciandos uma formação que possibilite a construção do conhecimento de forma contextualizada, a partir da inter-relação entre os conteúdos das áreas de Física e Matemática. Licenciaturas oferecidas no IFRN *Campus* Santa Cruz.

Atualmente, o ingresso no Ensino Superior se faz pelo ENEM, e este processo não aborda Física, Química e Biologia como sendo disciplinas distintas, mas, sim, englobadas em Ciências da Natureza. Contudo, a estrutura curricular do Ensino Médio ainda é formatada no sistema de disciplinas específicas, contrariando a forma utilizada pelo Exame. Assim, utilizando o ENEM como referência, no Projeto Interdisciplinar propõe-se a realização de atividades nas escolas atendidas pelo PIBID. Essa proposta alicerça no incentivo ao ato de pensar e refletir sobre o que deve ser feito diante de questões abrangentes, já que é gerada uma situação cognitiva de mobilização de diversos conhecimentos oriundos de diversas áreas. Dessa forma, para que o licenciando tenha uma formação mais completa, visando prepará-lo para atender às demandas educacionais da atualidade, propõe-se o uso da interdisciplinaridade como prática na sua formação. Essa metodologia proporcionará desde o início de sua formação, a possibilidade de fazer conexões entre os conteúdos das áreas de Ciências da Natureza e Matemática.

Diante desse aspecto, o PIBID é visto como fundamental para promover aos estudantes em formação, a oportunidade de estarem em sala de aula desenvolvendo atividades didáticas e pedagógicas sob a orientação de um docente da licenciatura e de um professor da escola de forma interdisciplinar.

O PIBID Interdisciplinar no IFRN *Campus* Santa Cruz teve início em março de 2014 com trinta e seis bolsas de iniciação à docência, seis bolsas de supervisão e duas bolsas de coordenação, atuando nas escolas nas áreas de Ensino Fundamental e de Ensino Médio.

Com o objetivo de propiciar aos licenciandos das áreas abrangidas pelo programa (Física e Matemática) a prática de ensino planejada para as ações ocorre de forma contextualizada. Assim, são desenvolvidas atividades usando a inter-relação entre os conteúdos, pois, como já enfatizamos o programa baseia-se no ENEM para incentivar os alunos a desenvolverem pensamento crítico, propondo

atividades que melhorem a parte cognitiva dos alunos em relação às disciplinas envolvidas.

A seleção para bolsista do PIBID da qual participamos se deu seguindo critérios definidos pelo projeto institucional PIBID/IFRN, Edital 2013, e no ano subsequente fomos designados para atuar na Escola Estadual José Bezerra Cavalcanti em Santa Cruz/RN, conhecida por Pedagógico. Instituição de Ensino que atende às seguintes etapas e modalidades de ensino: Ensino Fundamental – anos finais, Ensino Médio Regular, Educação de Jovens e Adultos (EJA) e Ensino Fundamental e Ensino Médio pelo Pró-Jovem Urbano, funciona nos três turnos. Essa Escola é situada em um bairro periférico chamado Três a Um e sua clientela é oriunda em grande parte de alunos da zona rural do município de Santa Cruz.

Uma das funções do nosso grupo do PIBID Interdisciplinar é a de preparar os alunos do 9º Ano para o Ensino Médio, por meio de cursos de curta duração. Nesses cursos são ministrados conteúdos básicos referentes à Física com o intuito de mitigar as deficiências de conhecimento que os alunos apresentam quando chegam ao Ensino Médio.

Outra de nossas funções é a preparação dos alunos do Ensino Médio para as provas do ENEM. No início tivemos muita dificuldade em fazer com que eles tivessem interesse em participar das aulas. Diante disso, sugerimos desenvolver experimentos para atrair a atenção deles. O primeiro foi o experimento de lançamento de foguete feito com material de baixo custo. Isso despertou em alguns alunos o interesse para participar do projeto.

Nessa Escola a grande maioria dos alunos não tinha interesse em prestar o ENEM e, novamente, vivenciamos os mesmos problemas encontrados no 9º Ano: falta de conhecimentos básicos de Língua Portuguesa e de Matemática. É difícil se falar de Física Moderna para alunos que leem muito pouco e os que leem não conseguem interpretar as questões. Com esse grupo nós trabalhamos com apresentações de vídeos, simuladores eletrônicos e mais experimentos de baixo custo. Uma maquete do Sistema Solar foi outro dos experimentos utilizados nesse momento.

Outro objetivo do projeto visa sanar as deficiências dos alunos por meio de plantões de dúvidas, quando vamos à Escola em horários determinados para ajudar os alunos com dificuldades nos conteúdos ministrados pelos professores. Nesse ponto, foi interessante perceber que os alunos só nos procuravam na época de

provas e, mesmo assim, nunca chegamos a nos debruçar sobre os conteúdos específicos de Física, pois passávamos a maior parte do tempo ensinando tabuada e resoluções básicas de Matemática para os alunos do Ensino Médio. Um dos casos que mais chamou nossa atenção foi o de uma aluna do 2º Ano do Ensino Médio que mesmo olhando uma tabuada desenhada numa cartolina pregada na parede da sala do PIBID, não conseguia dar as respostas por não saber associar linha e coluna.

Em 2015, fomos transferidos para a escola Estadual João Ferreira de Souza, também em Santa Cruz. Instituição de Ensino que atende as etapas da Educação Básica: Ensino Fundamental – nos anos finais e Ensino Médio. Essa Escola está localizada no bairro do Paraíso, situada numa área de grande *déficit* socioeconômico e cultural. Foi nessa Escola que tivemos uma participação mais efetiva junto aos alunos, isso devido ao empenho e à colaboração de nosso supervisor, professor César. Lá trabalhamos com apresentação de experimentos numa feira de ciências realizada no fim do ano. Nesse evento foi apresentado o projeto que ora desenvolvemos nessa monografia e apresentamos nos capítulos que se seguem.

CAPÍTULO 2 - TRABALHANDO COM O EFEITO FOTOELÉTRICO POR MEIO DA MONTAGEM DE UMA CALCULADORA SOLAR COM MATERIAL DE BAIXO CUSTO

Vivemos em um mundo no qual cada vez mais os cidadãos se dão conta da importância de diversificar nossas matrizes energéticas. Desse modo, utilizar recursos renováveis passou a ser imprescindível para a estratégia econômica do país. Nós brasileiros contamos com um potencial enorme de energias sustentáveis, dispomos de uma grande riqueza hídrica, capacidade de desenvolvimento de energia eólica e solar, por isso, é preciso que cada vez mais nossos alunos possam aprender na prática como funcionam essas tecnologias.

Buscando formas alternativas de ministrar as aulas referentes à Física Moderna, especificamente, sobre o Efeito Fotoelétrico, pensamos em utilizar o experimento da calculadora solar de baixo custo que utiliza LED'S para conversão de energia solar em elétrica ao invés do sistema químico/elétrico com as pilhas, para que os alunos tivessem maior possibilidade de se apropriar dos conhecimentos adquiridos em sala de aula e com o uso do experimento torná-los em algo tangível. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), é indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. (BRASIL, 2015, p.37).

Nesse capítulo tratamos inicialmente o desenvolvimento do estudo sobre o Efeito Fotoelétrico, das primeiras observações com Hertz, do desenvolvimento deste conhecimento por Planck, da explicação final dada por Einstein, até a comprovação por experimento feita por Compton em 1923, fazendo uma revisão bibliográfica do tema. Em seguida, tratamos da montagem do experimento da calculadora solar de baixo custo e finalizamos com as explicações de todo o funcionamento do experimento.

2.1 EFEITO FOTOELÉTRICO COMO CONTEÚDO DE ENSINO EM FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

O Ensino Médio na organização da educação brasileira é a última etapa da Educação Básica. É nessa etapa que os jovens brasileiros de 14 a 17 anos começam a ter contato com a Física como conteúdo formal de ensino e aprendizagem. (BRASIL, 1996). Sendo assim, conforme as normativas legais e os currículos do Ensino Médio o Efeito Fotoelétrico faz parte dos conteúdos de Física Moderna dessa etapa de Ensino em Física, embora que este conteúdo não esteja fazendo parte do ENEM, pois, o exame tem abordado-o de forma implícita.

O que vimos nas escolas por onde tivemos a oportunidade de atuar no PIBID, é que, na grande maioria dos casos, essa temática raramente era apresentada. Os professores alegavam que a principal dificuldade era o inchamento do currículo escolar.

Por essa razão, pensamos em trabalhar com a experimentação escolhendo o tema Efeito Fotoelétrico, e iniciamos com a pergunta: o que é o Efeito Fotoelétrico?

“O efeito fotoelétrico ocorre quando radiações eletromagnéticas² incidem numa placa metálica e cargas elétricas podem absorver energia suficiente para escaparem dela” (BISCUOLA, 2013, p. 268).

Esse fenômeno foi observado em 1887 pelo físico alemão Heirinch Hertz (1857–1894). Ele realizou experimentos que confirmaram a existência das ondas eletromagnéticas³ (Figura 01). Segundo NEGRI (2015, p. 34),⁴ Hertz estava investigando a descarga elétrica entre dois eletrodos, assim, pode observar que a intensidade da descarga aumentava quando os eletrodos eram iluminados com radiação ultravioleta. Esse resultado sugeria que mais elétrons eram emitidos a partir das superfícies iluminadas. Foi desse modo que Hertz confirmou a teoria da transferência de energia em sistemas atômicos que poderia ser feita exclusivamente em quantidades discretas, (quantização da energia) de James Clerk Maxwell (1831-1879), físico escocês.

² A energia que é transportada por uma onda eletromagnética é designada por radiação eletromagnética.

³ Perturbações no campo eletromagnético.

⁴ A Física do Átomo. [Apostila de Aula].

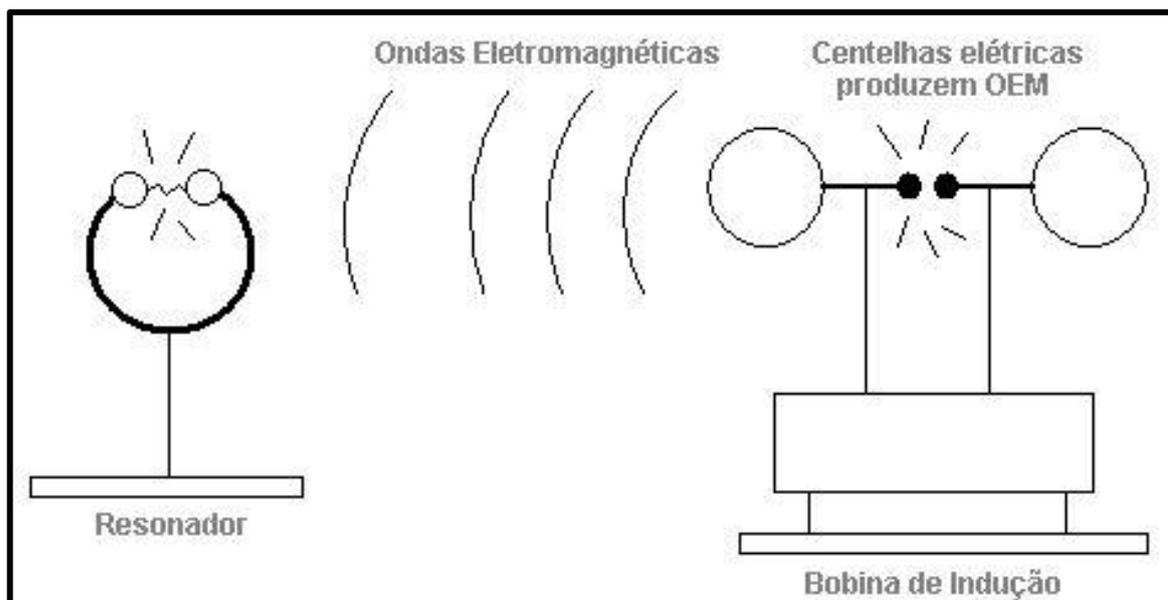


Figura 01 – Representação simplificada do experimento de Hertz - 1887
 Fonte: <http://fisicaequantizacao.blogspot.com.br/>. Acesso em: 03 jun. 2016.

Em 1899, o físico inglês J. J. Thomson (1856–1940) realizou experiências com um tubo de Crookes⁵ (Figura 02), submetendo gases a altas voltagens. Com isso foi possível observar o surgimento de emissões. Essas foram chamadas de raios catódicos (CARUSO e OGURI, 2006, p. 332). Esses raios ao serem expostos a um campo elétrico externo eram desviados sempre na direção da placa carregada positivamente. Logo, ele percebeu que a natureza desses raios era negativa. Repetiu o experimento com outros gases e os resultados se repetiram. Essa repetição fez com que ele concluísse que essas cargas estavam presentes em todos os tipos de matéria e que ao contrário do que se pensava à época o átomo possuía uma partícula subatômica que ele denominou de *elétron*.

⁵ A "ampola de Crookes" é feita de vidro ou quartzo e dentro dela se faz o vácuo. Ela contém duas placas metálicas ligadas a uma fonte de tensão elétrica. A placa ligada ao polo negativo é chamada de catodo e a outra, ligada ao polo positivo, é o anodo. Quando a tensão entre o catodo e o anodo fica bem elevada surge um feixe luminoso que sai do catodo e atravessa o tubo. São os "raios catódicos". Disponível em: <http://www.seara.ufc.br/especiais/fisica/raiosx/raiosx-1.htm>. Acesso em 21 Nov. 2016.

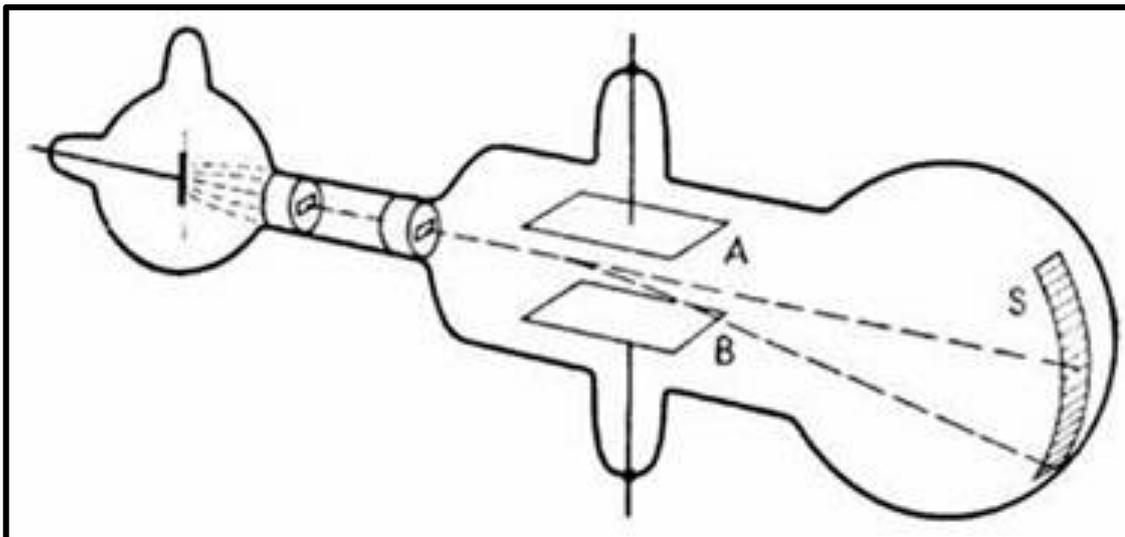


Figura 02 – Experimento de J. J. Thomson - 1899

Fonte: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/descoberta-eletron>. Acesso em: 03 jun. 2016.

Em 1900, o físico alemão Max Planck (1858-1947), apresentou numa reunião da Sociedade Alemã de Física o artigo: Sobre a Teoria da Lei de Distribuição de Energia do Espectro Normal. O que a princípio não despertou muita atenção dos seus pares. Todavia, mais tarde, esse veio a ser considerado como um dos marcos do nascimento da Física Quântica (EISBERG 1979, p. 18). Foi nesse artigo que Planck introduziu sua constante h na tentativa de explicar as propriedades da radiação térmica. Outro conceito relacionado com essa constante é o fato da energia assumir valores discretos (quantização da energia), isso porque na Física Clássica a energia era considerada uma variável contínua. Ele observa que essa energia E - é diretamente proporcional à frequência f . A esses pacotes discretos de energia Planck dá o nome de *quanta* (plural de *quantum*) NEGRI (2015, p. 25). Planck apresenta sua fórmula no seguinte formato:

$$E = h.f \quad (2.1)$$

Em 1902, o alemão Philipp Eduard Anton Von Lenard (1862 – 1947), realizou um experimento (Figura 03) e constatou que quando uma radiação eletromagnética adequada incide na placa metálica P_1 , o galvanômetro⁶ registra a passagem de uma corrente elétrica. Portanto, a energia que os elétrons da placa P_1 , absorvem da

⁶ São indicadores de corrente elétrica: amperímetros sem escala.

radiação é destinada, em parte, para extraí-los da placa e, em parte, para que tenham energia cinética suficiente para chegarem até a placa P_2 . (BISCUOLA, 2013, p. 268). Lenard denomina esses elétrons que são extraídos de fotoelétrons.

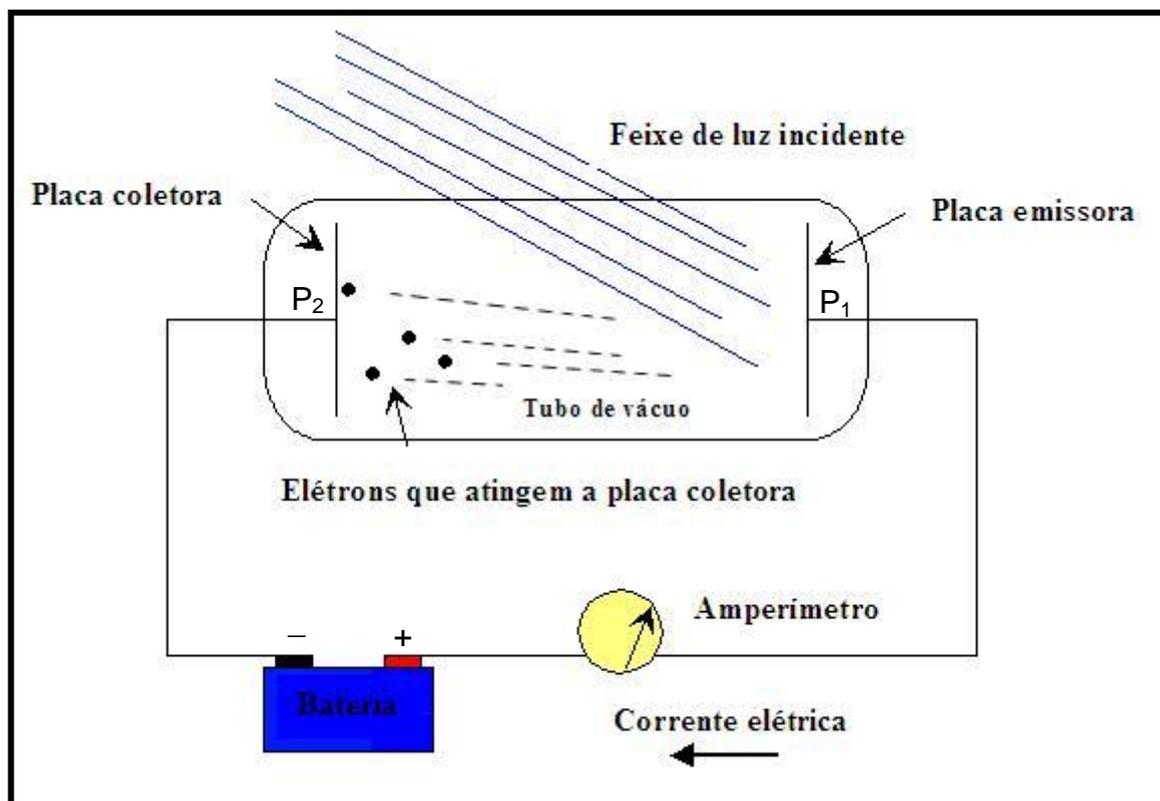


Figura 03 – Experimento de Lenard - 1902

Fonte: https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod03/m_s01.html. Acesso em: 21 Nov. 2016.

De acordo com Caruso e Oguri (2006) os principais resultados desse experimento foram:

- A ocorrência de emissão de elétrons não depende da intensidade da luz incidente;
- Havendo a emissão, a corrente é proporcional à intensidade da luz quando a frequência e o potencial de corte são mantidos constantes;
- A ocorrência de emissão depende da frequência da luz;
- Para cada metal há um limiar de frequência, abaixo do qual não há a emissão;
- Para uma determinada frequência, o potencial de corte independe da intensidade da luz;
- A energia cinética dos elétrons e o potencial de corte crescem com a frequência da luz. (Caruso e Oguri, 2006, p. 332).

O problema é que esses resultados não podiam ser explicados pela teoria ondulatória de Maxwell. Para um físico dos nossos dias, a teoria eletromagnética de Maxwell, como foi publicada por ele no século XIX, é tão diferente do eletromagnetismo atual que deixaria qualquer físico contemporâneo perplexo. Ela

não pode ser traduzida para termos utilizados atualmente pela física moderna, que se baseia na existência do elétron e ausência do éter. Apesar dessas diferenças, o método desenvolvido a partir dos trabalhos de Maxwell é muito eficiente para explicar vários fenômenos eletromagnéticos e ópticos e, por isso mesmo, é usado até hoje. [...] Em meados do século XIX a teoria ondulatória da luz era amplamente aceita em toda Grã-Bretanha. Da mesma forma que consideramos o som como uma onda que se propaga por diversos materiais, nessa época os físicos consideravam que a luz seria uma onda semelhante ao som. No entanto, o meio pelo qual a luz se propagava era diferente – seria um meio elástico (capaz de sofrer deformações sem perder suas propriedades originais) imperceptível aos nossos sentidos que preencheria todo o espaço. Este meio era conhecido como “éter”. SILVA⁷ (2016).

Vejamos algumas considerações a essas contradições, segundo BISCUOLA, (2013).

- Segundo a Teoria Ondulatória de Maxwell, os elétrons deveriam absorver continuamente a energia incidente, eles deveriam escapar com energias cinéticas maiores quando recebem a luz mais intensa, o que não acontece.
- Segundo essa teoria se uma radiação de intensidade muito baixa produzisse o fenômeno, os elétrons deveriam demorar um tempo considerável para acumular a energia necessária à extração. [...] o que conflita radicalmente com as observações experimentais.
- O fato das energias cinéticas dos fotoelétrons dependerem da frequência da radiação incidente, também não podia ser explicado por essa teoria, já que o importante era o elétron acumular energia suficiente para escapar do metal, o que está relacionado com a intensidade da radiação, e não com a sua frequência. (BISCUOLA, 2013, p. 269).

Foi então que em 1905, conhecido pelos físicos como “*annus mirabilis*” (ano miraculoso), o físico alemão Albert Einstein (1879 -1955) explicou o resultado dos experimentos de Lenard. Einstein amplia a teoria de Planck às radiações eletromagnéticas e propõe que essas energias também seriam quantizadas, tratando um feixe de partículas como *fótons*, NEGRI (2015, p. 36). Ele assume que a energia de um fóton seria dada por:

$$E = h \cdot f \tag{2.2}$$

Segundo NEGRI (2015) Einstein deduz que: quando uma radiação eletromagnética de frequência f - incide sobre uma placa metálica, haverá colisões entre os fótons e os elétrons do metal. Nessas colisões o fóton pode fornecer toda

⁷Cibelle Celestino Silva é física, especialista em história da ciência. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/8975592323807707>. Acesso em: 17 de Nov. 2016

sua energia a um único elétron. Quando o elétron absorve esse fóton - poderá ser extraído da placa.

Ainda de acordo com NEGRI (2015):

[...] o mecanismo proposto por Einstein para explicar a interação da radiação com a matéria era simples em sua essência: colidindo com um elétron o fóton pode transferir sua energia, sendo essa interação um processo do tipo “tudo ou nada” em que o elétron obtém toda ou nenhuma energia do fóton. Quando o elétron absorve toda a energia do fóton, este simplesmente deixa de existir. (NEGRI, 2015, p. 36).

Caso a energia não seja suficiente o elétron permanecerá na placa. Assim, Einstein supõe que parte da energia recebida pelo elétron era perdida antes de sair do material, pois o elétron teria que realizar certo trabalho para vencer a barreira de potencial. Esse trabalho varia de um material para outro. Então, a equação do Efeito Fotoelétrico é dada da seguinte forma:

$$E_c = h \cdot f - w \quad (2.3)$$

E_c – É a energia cinética do fóton.

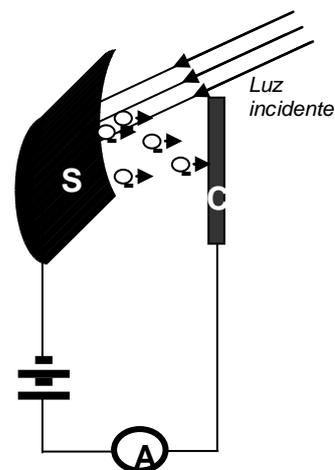
h – É a constante de Planck.

f – Frequência.

w - Função trabalho de um condutor: é a energia mínima necessária para que um elétron possa escapar (sair) da estrutura do condutor.

Examinando o Efeito Fotoelétrico.

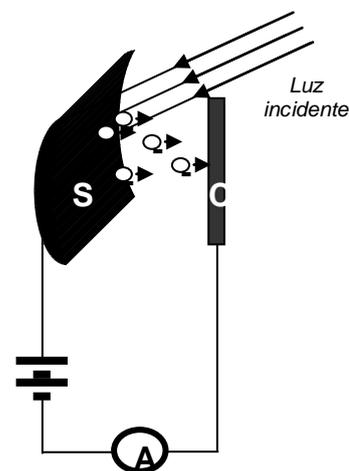
A figura ao lado é uma representação esquemática de um foto-tubo moderno. Na superfície fotossensível S incide um feixe de luz e os elétrons emitidos pela superfície (os *fotoelétrons*) são recebidos no coletor C, normalmente mantido a um potencial positivo relativo ao emissor (*observe como a bateria é ligada no circuito*). Tanto o emissor (S) quanto o coletor (C) são envolvidos por um recipiente (*não mostrado na figura*) onde se faz o vácuo.



A existência de uma corrente fotoelétrica é indicada pelo amperímetro **A** (*muito sensível: um pico-amperímetro*).

Observou-se experimentalmente que para um dado material que serve de emissor o comprimento de onda da luz incidente deve ser menor que certo valor crítico (diferente para diferentes superfícies) para que os fotoelétrons possam ser emitidos. A frequência mínima correspondente a esse comprimento de onda é a frequência de corte da superfície considerada. Para a maioria dos metais essa frequência de corte corresponde à frequência do ultravioleta (comprimento de onda crítico de 200 a 300 nm), mas para o potássio e o óxido de césio, situa-se na região do espectro visível (de 400 a 700 nm).

Uma situação particularmente interessante corresponde àquela em que a polaridade da bateria no foto-tubo esquematizado é invertida (*figura ao lado; observe que o coletor está, agora, ligado ao polo negativo da bateria*). Nessa situação o campo elétrico existente entre o emissor S e o coletor C exerce uma força em sentido oposto ao movimento inicial dos fotoelétrons (*o coletor fica eletrizado negativamente*). Assim o movimento dos fotoelétrons será retardado pela diferença de potencial entre S e C.



Variando-se essa ddp de forma gradativa chega-se a um valor tal que a indicação do amperímetro é nula: nenhum fotoelétron atinge o coletor. Esse valor específico da ddp é chamado de potencial de corte e nós o indicaremos por V_0 . A importância desse experimento para a determinação do potencial de corte é quase óbvia: o potencial de corte fornece uma indicação direta (*macroscópica*) da energia cinética máxima com que os elétrons abandonam a superfície emissora. De fato, por definição de ddp e o teorema da energia cinética podemos escrever: NEGRI (2015, p. 35).

$$\frac{1}{2}mv_{\max}^2 = eV_0 \quad (2.4).$$

A intensidade da radiação incidente não é o fator determinante da ocorrência do Efeito Fotoelétrico, pois existe um valor mínimo de frequência abaixo do qual não se observa tal fenômeno. Esse resultado significa que a velocidade máxima de

emissão de elétrons é independente da intensidade da luz (leia-se energia incidente), mas dependente da frequência. A corrente fotoelétrica (quando ocorre o fenômeno, portanto) aumenta com a intensidade da luz porque é o número de elétrons emitidos que aumenta e não a energia de cada elétron: intensidade maior significa mais energia disponível para mais elétrons. NEGRI (2015).

Para nosso estudo recomendamos o uso de um *software* para melhor entendimento sobre o ponto de corte e determinação da constante de Planck, o professor poderá utilizar a sala de informática e acessar o simulador eletrônico,⁸ disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric.

Para desenvolver sua teoria Einstein abandona a teoria ondulatória da luz, e ao quantizar essa energia em pequenos pacotes passa a pensar na luz (radiação) constituída de corpúsculo ou partícula. Em 1921 Einstein recebe o prêmio Nobel de Física por seu trabalho sobre o Efeito Fotoelétrico.

Em 1916, o físico norte-americano Robert Andrews Millikan (1868 – 1953), determinou a relação carga/massa do elétron e confirmou experimentalmente as previsões de Einstein para o Efeito Fotoelétrico. Vejamos uma descrição do experimento (Figura 4) realizado por Millikan.

O atomizador de perfume foi usado para borrifar óleo de relógio na câmara acima do capacitor. Durante a pulverização algumas gotículas de óleo ionizam-se por atrito. Quando essas gotículas penetram no capacitor, ficam sob a ação do campo elétrico que há entre as placas do capacitor. Nos primeiros experimentos Fletcher investigou o efeito de um campo criado pela aplicação de um potencial de 1000 volts. Imediatamente observou (através do pequeno microscópio) que algumas gotículas subiam lentamente, enquanto outras desciam rapidamente, um resultado lógico para quem sabia que algumas gotículas estavam positivamente carregadas, e outras negativamente. Ligando e desligando a bateria na frequência adequada, ele conseguia selecionar uma gotícula e mantê-la no seu campo de visão por um longo tempo. Com algumas medidas e o tratamento matemático utilizado por Millikan e Begemann, Fletcher⁹ obteve, com seu rústico equipamento, resultados bastante razoáveis.

⁸ Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências. As sims PhET baseiam-se em extensa pesquisa, em educação e envolvem os alunos através de um ambiente intuitivo, estilo jogo, onde os alunos aprendem através da exploração e da descoberta

⁹ Louis Begemann (1870-1945) e Harvey Fletcher (1884-1981), físicos americanos alunos de Millikan.



Figura 04 – Experimento de Millikan para determinação da carga do elétron - 1916
 Fonte: <http://fisicaequantizacao.blogspot.com.br/>. Acesso em: 03 jun. 2016.

A constante de Planck h foi determinada fotoeletricamente, tendo como valor $h = 6,57 \cdot 10^{-34}$ J.s , o resultado obtido com 0,5 % de precisão.

Segundo PAIS (1995, p. 491), mesmo com todas as explicações sobre o Efeito Fotoelétrico de Einstein a ideia de quantização das radiações eletromagnéticas, o fóton era liminarmente rejeitado pela comunidade científica, foi apenas em 1923 que o físico americano Arthur Holly Compton (1892 – 1962) fez um experimento e acabou com a resistência, de longa data, ao conceito de fóton. Esse descobrimento veio mais tarde a ter seu nome como homenagem, efeito Compton.

No seu experimento (Figura 5), Compton colidiu raios X contra um alvo de grafite, mediu a intensidade dos raios X espalhados como função de seu comprimento de onda e depois mediu os raios X espalhados em qualquer ângulo α . Os comprimentos de onda espalhados são medidos observando-se a reflexão de Bragg¹⁰ em um cristal. Suas intensidades são medidas por uma câmara de ionização (EISBERG, 1979, p. 59,).

Conforme PAIS (1995), o resultado positivo da experiência de Compton prova que a radiação se comporta como se fosse constituída por projéteis discretos de

¹⁰ Sir W.H. Bragg e seu filho Sir W.L. Bragg, Em 1913 explicaram porque das faces clivadas de cristais refletem feixes de raios-X a certos ângulos de incidência.

energia, não só em relação à transferência de energia, mas também a transferência de *momentum*. (PAIS, 1995, p. 492).

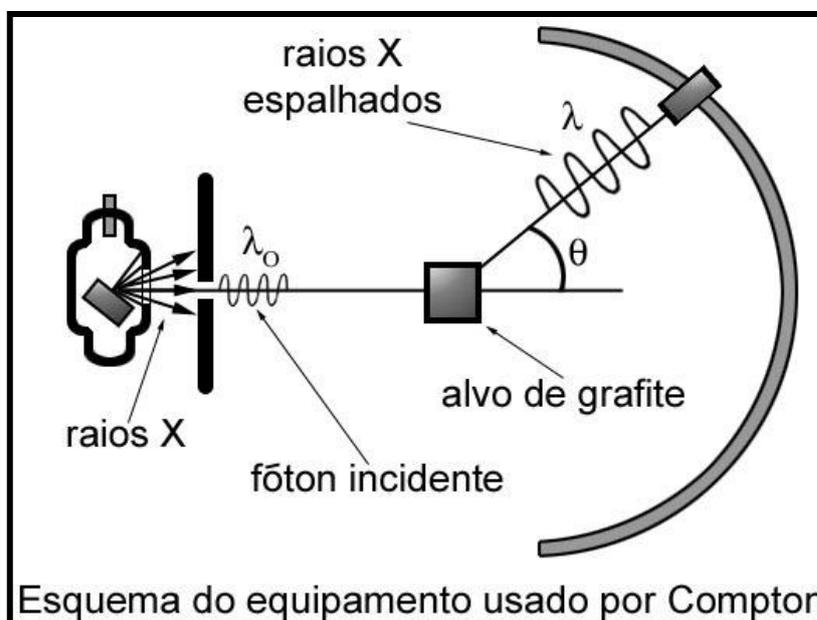


Figura 05 – Experimento de Compton - 1923

Fonte: <https://alemdainercia.wordpress.com/2016/03/01/fisica-quantica-efeito-compton/>. Acesso em 18 Nov. 2016.

Essa revisão bibliográfica foi necessária porque o experimento por nós construído como procedimento para o Ensino de Física Moderna requer conhecimentos sobre o Efeito Fotoelétrico.

A seguir apresentamos como foi realizada a montagem da calculadora solar de baixo custo.

2.1.1 Montando uma calculadora solar como atividade experimental para o Ensino de Física no Ensino Médio

O projeto da calculadora solar de baixo custo foi desenvolvido após análise de vários experimentos exibidos no *YouTube*¹¹. O escolhido pertence ao canal: Eletrônica Arduino e Android, que se adequou melhor aos propósitos de um experimento para aplicação e análise com vistas à elaboração de uma monografia situada no campo do Ensino de Física.

Feita a escolha demos início a montagem da calculadora solar, conforme relato a seguir.

¹¹ YouTube é um *site* que permite que os seus usuários carreguem e compartilhem vídeos em formato digital.

a) MATERIAL UTILIZADO:

1 - Calculadora Eletrônica tipo CC AA (1,5 V).



Figura 06 – Calculadora

Fonte: <http://minibox.lojaintegrada.com.br/calculadora-eletronica-fix-fx-804>. Acesso em: 05 out. 2015.

2 - Seis lâmpadas de LED¹² brancas (alto brilho) com encapsulamento na cor branca;

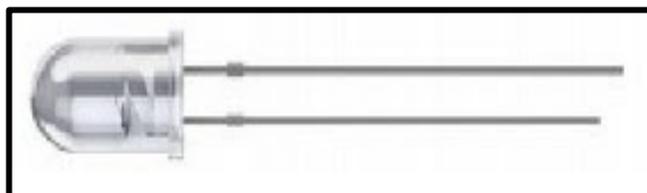


Figura 07 – LED

Fonte: Disponível em: http://www.123rf.com/stock-oto/led_light.html?mediapopup=19706682. Acesso em: 05 out. 2015.

O LED é um tipo especial de diodo que converte energia elétrica em energia luminosa. A principal função de um diodo semicondutor, em circuitos de corrente contínua, é controlar o fluxo da corrente, permitindo que a corrente elétrica circule apenas em um sentido.

¹² Light Emitter Diode – Diodo Emissor de Luz

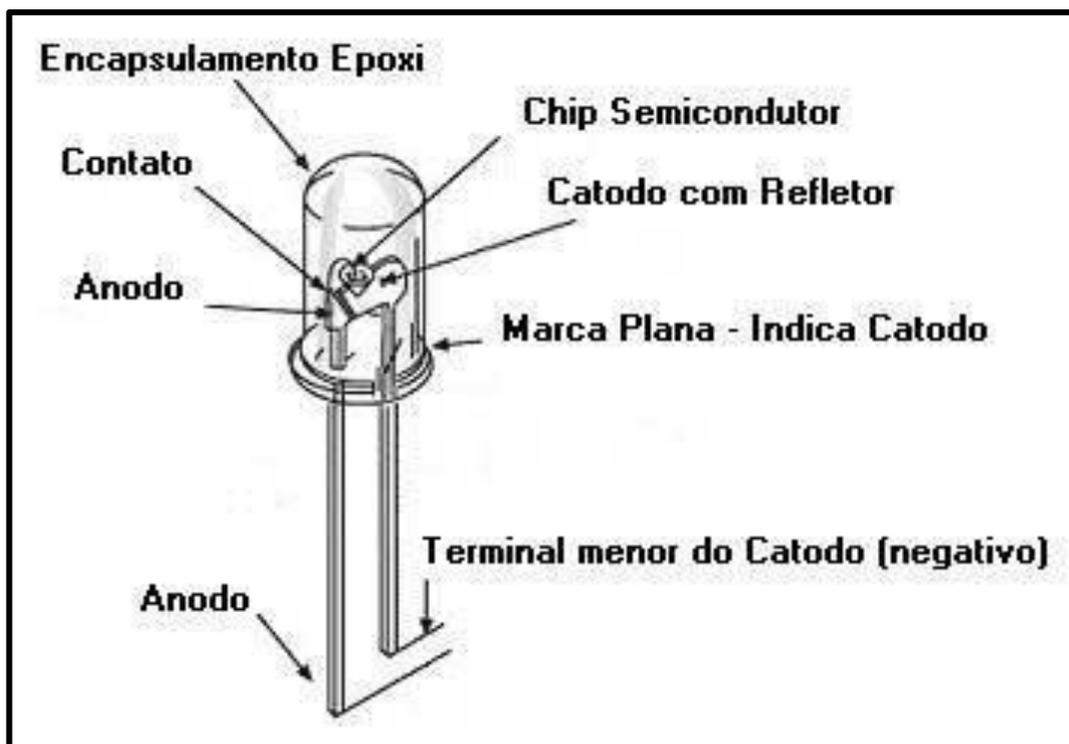


Figura 08 – Esquema do LED.

Fonte: <https://wchristianeletrotecnica.wordpress.com/2011/05/28/led-o-que-como-funciona-2/>.
Acesso em: 06 jun. 2016

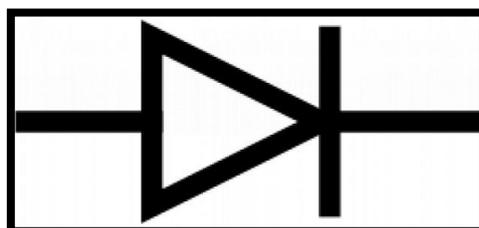


Figura 09 – Símbolo do diodo

Fonte: <http://br.freepik.com/fotos-vetores-gratis/diodo-simbolo>. Acesso em: 24 jun. 2016.

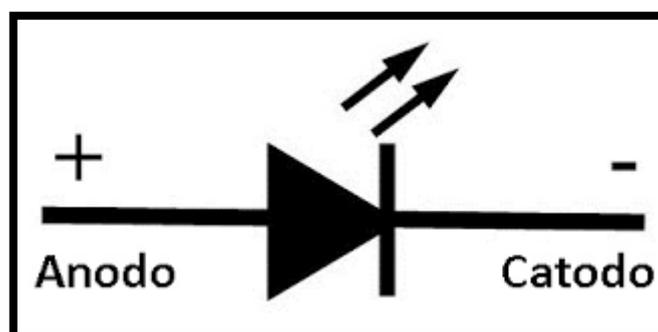


Figura 10 – Símbolo LED

Fonte: Disponível em: <http://br.freepik.com/fotos-vetores-gratis/diodo-simbolo>.
Acesso em: 24 jun. 2016.

a) - Capacitor de 10 μF (microfarad)¹³ X 63 V;

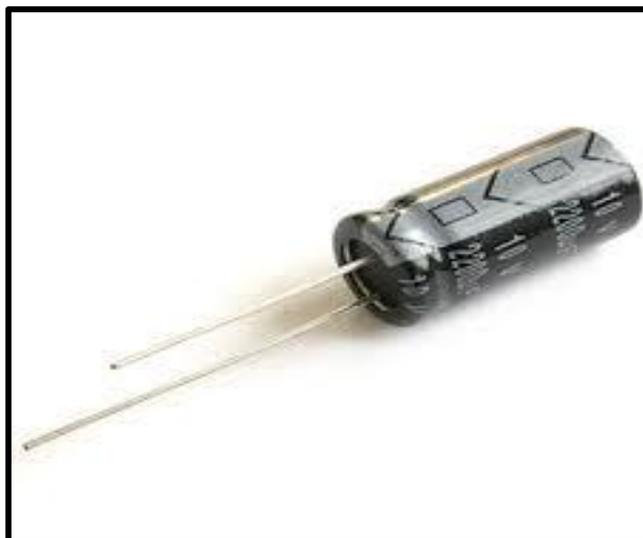


Figura 11 – Capacitor

Fonte: <http://tecnicohiromu.no.comunidades.net/capacitores-entenda-como-funciona>.
Acesso em: 14 jun. 2016.

O capacitor elétrico é um elemento do circuito elétrico que tem como função armazenar energia elétrica. Os capacitores são usados como filtros, uma espécie de reservatório de energia ou como “amortecedores” evitando que ocorram variações grandes de corrente num circuito. Os capacitores são formados por duas placas de metal tendo entre elas um material isolante (dielétrico) que lhes dá nome (cerâmica, poliéster e eletrolíticos).

As especificações do capacitor são: Tensão de trabalho que é medida em *volts* e varia entre 3 V e 1200 V. E a capacitância (capacidade) que é medida em *Farads*, porém como esta unidade é muito grande são mais utilizados seus submúltiplos, por exemplo, o *microfarad* (μF).

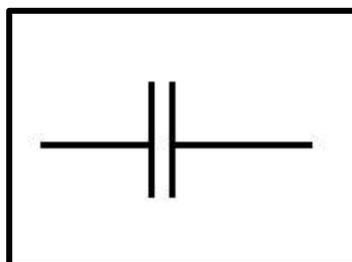


Figura 12 – Símbolo do capacitor.

Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Capacitor_Symbol_alternative.svg.
Acesso em: 14 jun. 2016.

¹³ Farad (símbolo F) é a unidade de capacitância (ou capacidade elétrica) do Sistema Internacional de Unidades (SI). Seu nome foi dado em homenagem ao cientista britânico Michael Faraday (1791 — 1867).

- b) - Dois fios de 1mm^2 ($\cong 15\text{ cm}$);
- c) - Fio de solda de estanho¹⁴; ($\cong 50\text{ cm}$).



Figura 13 – Fio de solda de estanho

Fonte: <http://www.cabosgolden.com.br/produtos/index.php>. Acesso em: 07 jun. 2016.

- d) - Papelão.

b) FERRAMENTAS

- 1. - Ferro de soldar;



Figura 14 – Ferro de soldar.

Fonte: <http://www.repel.com.br/diversos/ferro-de-solda-30w-220v-smart.html>. Acesso em: 08 jun. 2016.

¹⁴ “As soldas à base de chumbo, assim como suas substitutas, são utilizadas para fixação de componentes eletrônicos na manufatura de circuitos eletroeletrônicos. A liga de estanho e chumbo (63Sn-37Pb) é uma das mais utilizadas para os processos de montagem de placas e circuitos eletrônicos, pois o chumbo possui um ótimo grau de molhagem e excelentes características no que se refere ao acabamento do produto final (GARCIA, *et al.*, 2009).”

2. Tesoura

c) MONTAGEM

- Utilizando a tesoura corte um retângulo de 8 cm x 10 cm no papelão;
- Faça duas colunas com 2 (dois) furos no papelão para por os LEDs; e um par de furos para o capacitor;

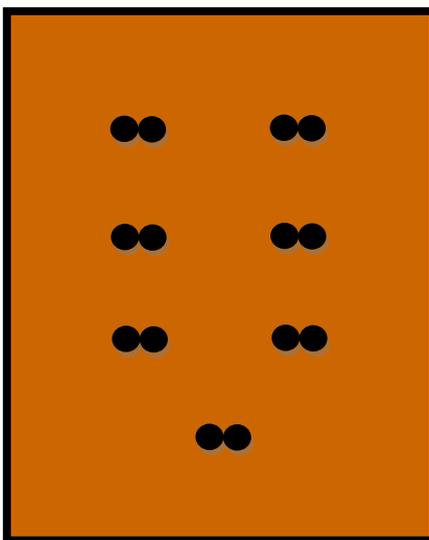


Figura 15 – Disposição dos furos no papelão.
Fonte: Elaborado pelo autor

- Ponha os LEDs com os polos positivos para direita e os negativos para a esquerda;



Figura 16 – Disposição dos LED's no papelão.
Fonte: Autor

- Na primeira coluna direcione os polos positivos (direita) na horizontal e os polos negativos (esquerda) na vertical para baixo;

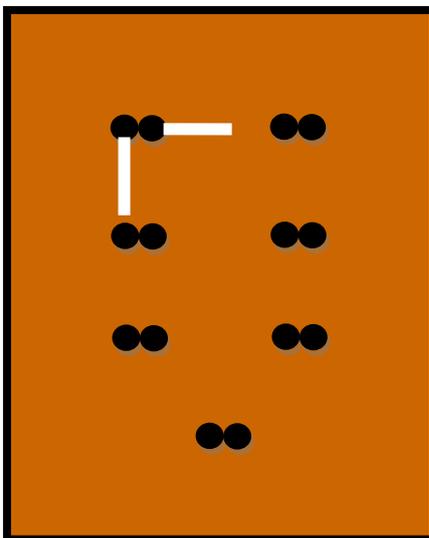


Figura 17 – Direcionando os polos dos LED'S.
Fonte: Elaborado pelo autor

- Na segunda coluna direcione os polos negativos (esquerda) na horizontal e os polos positivos (direita) na vertical para baixo.
- Solde os polos negativos da primeira coluna;
- Solde os polos positivos da primeira coluna com os negativos da segunda coluna;
- Solde os polos positivos da segunda coluna.

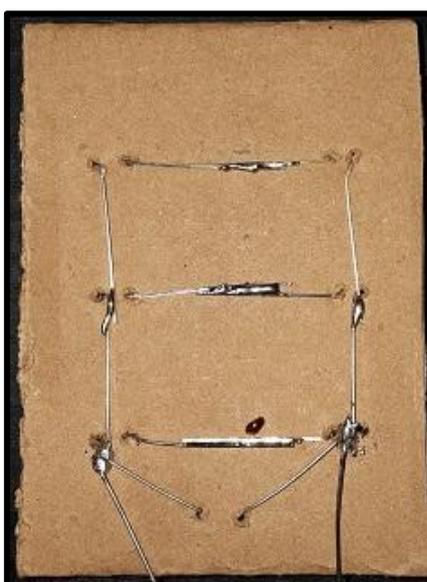


Figura 18 – Soldas dos LEDs.
Fonte: autor.

- Solde o polo positivo do capacitor com o positivo dos LED'S e o polo negativo do capacitor com o negativo dos LED'S.
- Solde os dois fios, um em cada polo da calculadora (lugar onde põe a pilha).



Figura 19 – Soldas dos fios na calculadora.
Fonte: autor.

- Solde o fio do polo negativo da calculadora com o polo negativo da placa e o fio do polo positivo da calculadora com o positivo da placa de LED'S;

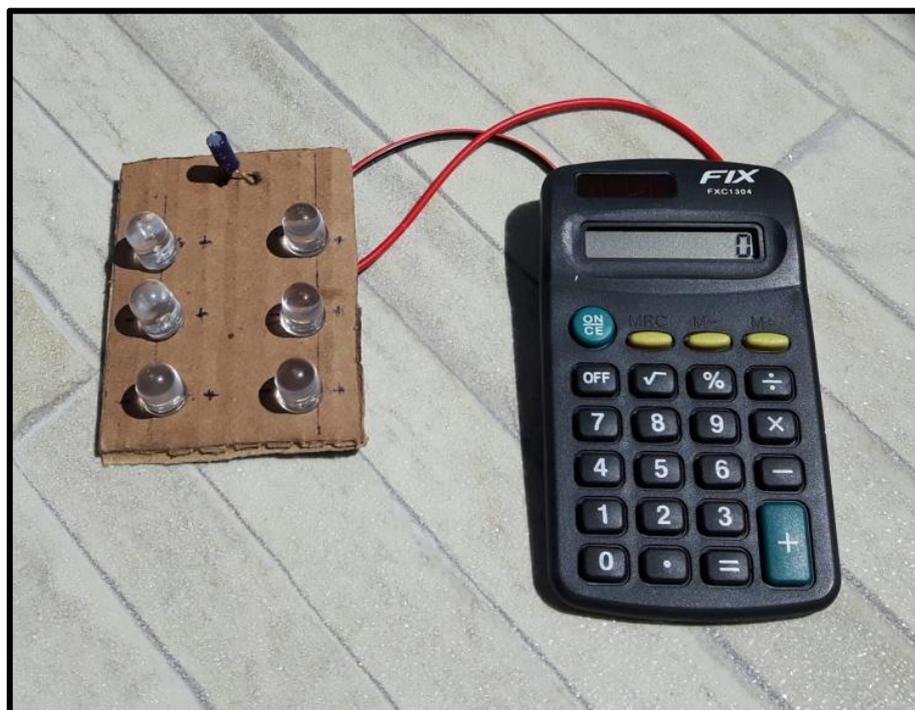


Figura 20 – Calculadora Solar de baixo custo
Fonte: autor.

2.1.2 Explicando o funcionamento dos LED's

Os LED's são utilizados nesse experimento em substituição as pilhas, para o fornecimento de energia da calculadora. Como eles tem a capacidade de transformar energia elétrica em energia luminosa usamos suas propriedades para fazer o caminho inverso, ou seja, transformar energia luminosa (energia solar) em energia elétrica. Em sua constituição os LEDs são feitos de materiais semicondutores, o que quer dizer que eles nem são bons nem maus condutores de eletricidade. Na verdade a sua condutividade depende da temperatura a qual seja submetido.

O material semicondutor mais utilizado pela indústria de componentes eletrônicos é o silício (Si), o germânio também foi muito utilizado, porém, deixou de sê-lo devido a sua sensibilidade a temperatura. Esses materiais possuem quatro elétrons na sua camada de valência¹⁵, os chamados: átomos tetravalentes. Quando átomos tetravalentes se ligam a outros átomos tetravalentes formam as ligações covalentes (Figura 21), esses tipos de ligações são muito fortes estruturalmente. Outro motivo pelo qual o silício é utilizado é devido à facilidade de se alterar suas propriedades eletrônicas, para tal acrescenta-se um átomo de outro material, é o que se chama dopagem. A dopagem é um processo químico no qual átomos estranhos são introduzidos na estrutura cristalina¹⁶ de uma substância. Os Materiais encontrados em sua forma natural, geralmente contêm impurezas que se instalam durante o processo de formação desses materiais. Essa situação pode ser caracterizada como processo de dopagem natural.

A dopagem também pode ser realizada em laboratório, com o objetivo de introduzir no cristal uma determinada quantidade de átomos de impurezas, de forma a alterar, de maneira controlada, as propriedades físicas naturais do material.

Em um cristal semicondutor a dopagem é geralmente realizada para alterar as suas propriedades elétricas. O grau de condutividade bem como o mecanismo de condução do semicondutor dopado irá depender dos tipos de átomos introduzidos no cristal, como descrito a seguir. Wendling Jr. (2009)

Ela pode ser de dois tipos: tipo *p* e tipo *n*.

¹⁵ Camada de valência é a última camada a receber elétron em um átomo a partir de sua distribuição eletrônica.

¹⁶ Estruturas cristalinas são arranjos *regulares*, tridimensionais, de átomos no espaço.

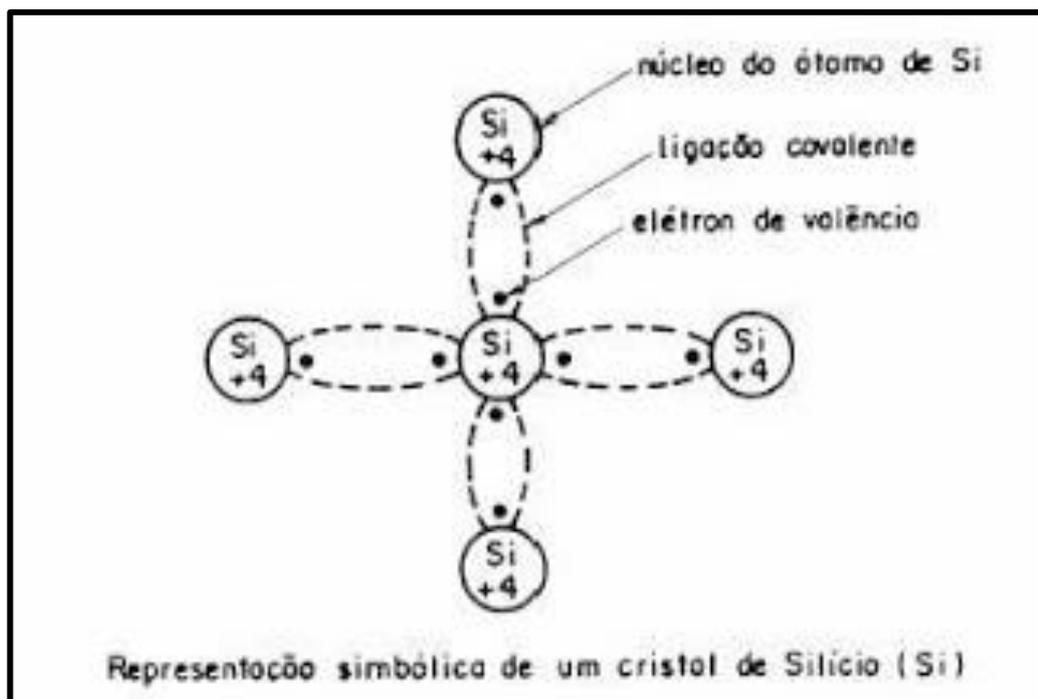


Figura 21 – Representação de um átomo de silício.

Fonte: <http://fatecelectronica.blogspot.com.br/2011/08/materiais-semicondutores.html>.
Acesso em: 09 jun. 2016.

A dopagem de semicondutores tipo p (Figura 22) ocorre quando se acrescenta um átomo com falta de um elétron na camada de valência. Isso ocorre, por exemplo, quando dopamos o silício com um átomo de índio (In).

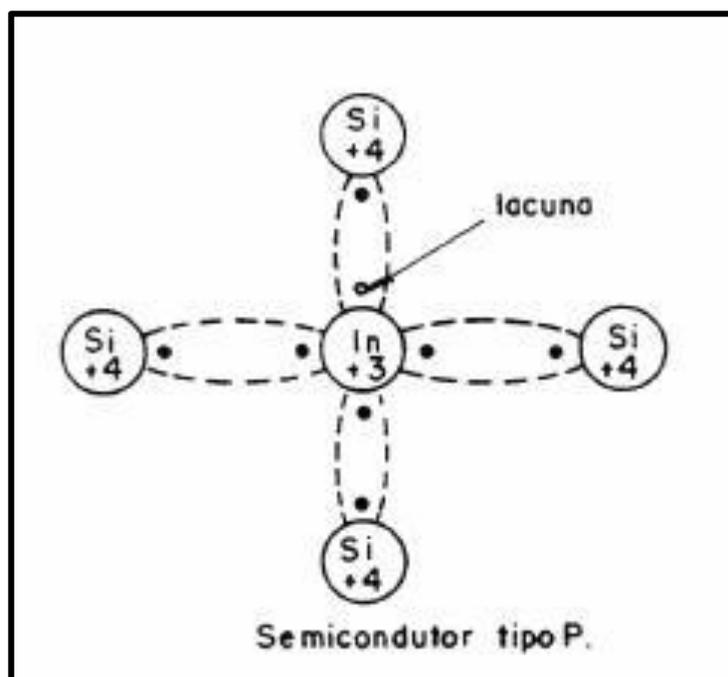


Figura 22 – Dopagem tipo p .

Fonte: <http://fatecelectronica.blogspot.com.br/2011/08/materiais-semicondutores.html>.
Acesso em: 09 jun. 2016.

Nesse tipo de ligação o elétron só poderá se movimentar para as lacunas (buracos) (Figura 23).

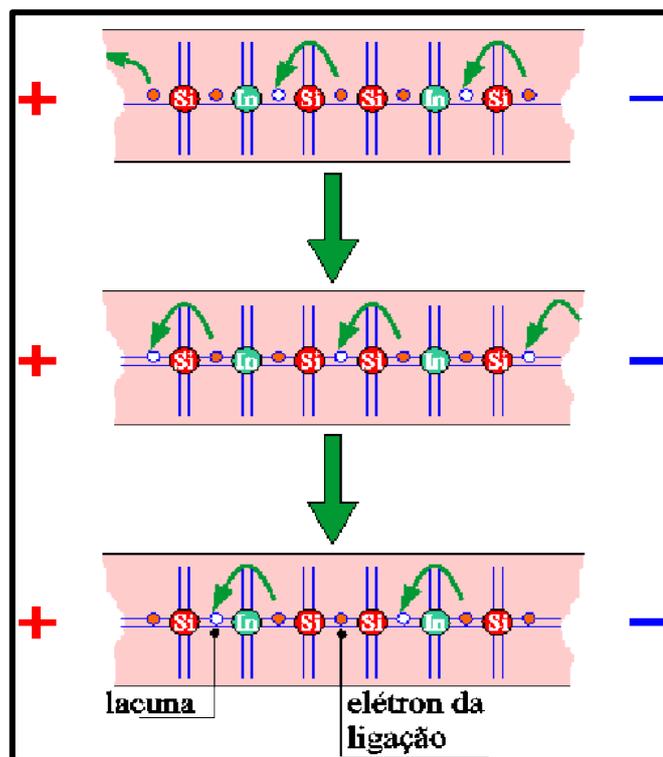


Figura 23 – Dopagem tipo n .

Fonte: <http://eletronicasemlimites.blogspot.com.br/2013/07/diodos.html>.

Acesso em: 09 jun. 2016.

A dopagem tipo n (Figura 24) é feita acrescentando-se um átomo com excesso de um elétron na camada de valência. Um exemplo é a dopagem do silício com um átomo de antimônio. Nesse tipo de ligação o elétron extra transitará livremente.

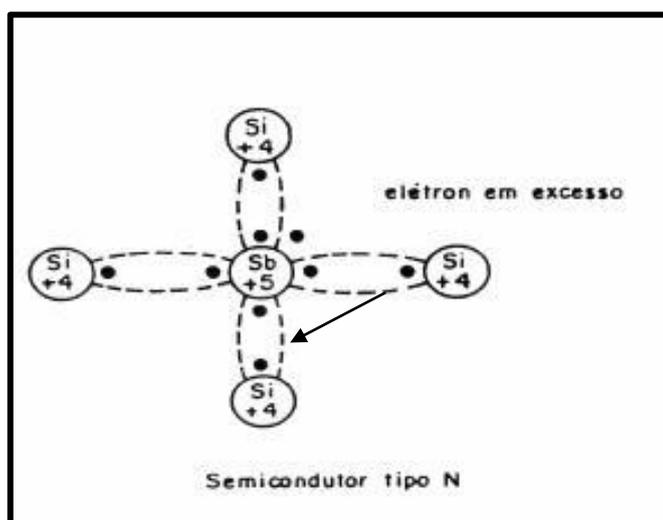


Figura 24 – Dopagem tipo n .

Fonte: <http://fatecelectronica.blogspot.com.br/2011/08/materiais-semicondutores.html>.

Acesso em: 09 jun. 2016.

O LED é um exemplo de semiconductor pn , ou seja, é feita a junção de um semiconductor tipo p e um semiconductor tipo n , mais conhecido por junção pn . Logo, após a junção os elétrons livres e as lacunas espalham-se entre as junções. Essa recombinação dos elétrons livres com as lacunas produz uma zona de cargas positivas na região n e de cargas negativas na região p , esse agrupamento de cargas na junção denomina-se região de depleção (Figura 25).

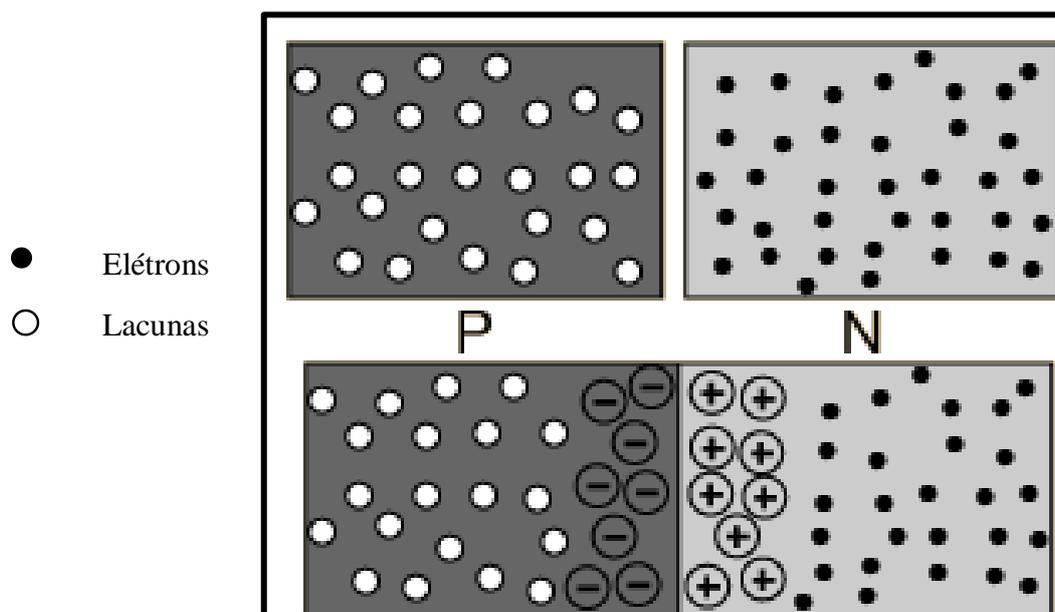


Figura 25 – Zona de depleção.

Fonte: <http://blog.rodolfoferraz.com/2011/11/juncao-p-n-criacao-da-regiao-de.html>.
Acesso em: 09 jun. 2016

Quando um fóton incide sobre essa junção ele pode ser absorvido pelos elétrons da camada de valência (Figura 26), se sua energia estiver na mesma ordem de grandeza de E_g (*energy gap*) ou *band gap* (banda proibida), que é a transição entre a banda de condução e a banda de valência, o elétron poderá chegar à banda de condução e se moverá livremente. Saindo um elétron da banda de valência ficará um buraco que com a iluminação constante alimentará o sistema com pares de elétrons e buracos criados pela absorção dos fótons.

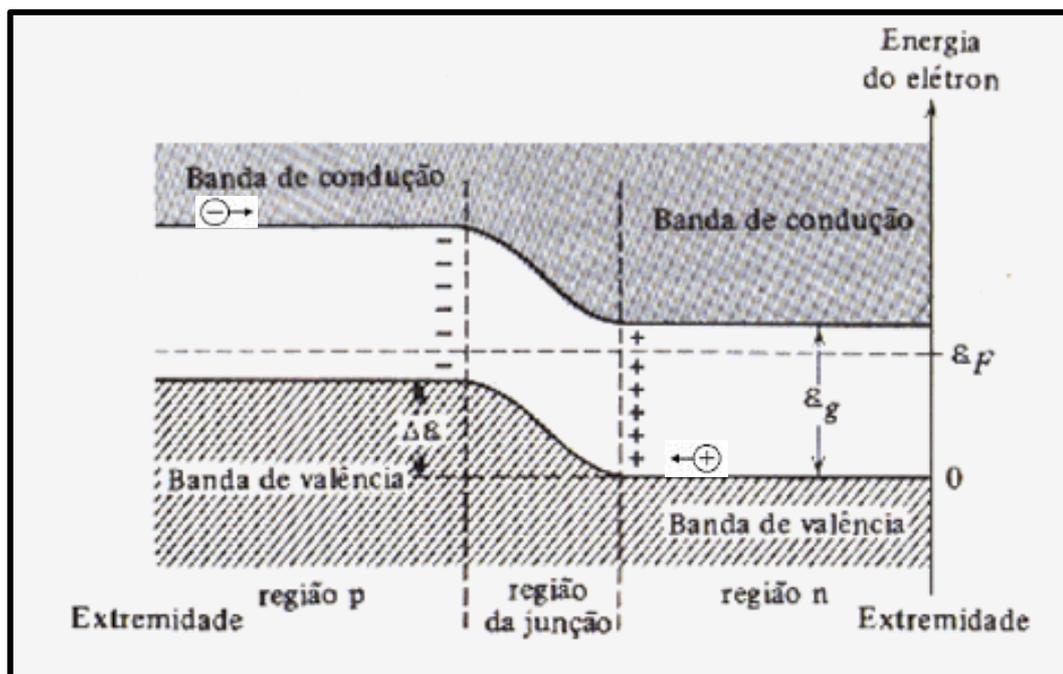


Figura 26 – Absorção do fóton na banda de valência

Fonte: <https://www.eecis.udel.edu/~portnoi/academic/academic-files/bandtheory.html>.

Acesso em: 13 jun. 2016.

Ocorrerá que com a presença de átomos dopantes no LED, os elétrons da banda de condução irão se deslocar para a região *n* e os buracos da banda de valência passarão para a região *p*, com isso haverá uma corrente de elétron se movendo pelo fio condutor (Figura 27) da região com maior número de elétrons para a com menor número.

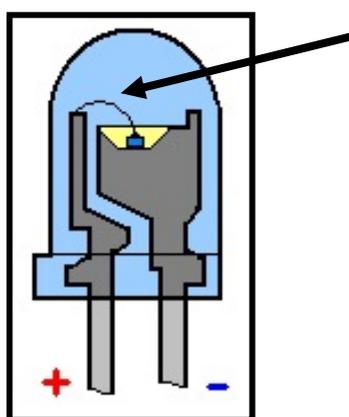


Figura 27 – Fio condutor do LED

Fonte: <https://dicasdozebio.com/2013/04/11/leds-como-ligar-sem-queimar/>.

Acesso em: 13 jun. 2016.

A montagem dos LEDs na placa no nosso experimento foi feita de forma paralela, já que nesse caso eles funcionarão como resistores e dessa forma fará com que:

- a) A ddp seja a mesma em cada resistor;
- b) A corrente se divida – de forma inversamente proporcional a cada resistência - por cada resistor;
- c) A resistência equivalente à associação de N resistores é determinada por:
- $$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_N}$$
- d) No caso particular de N resistores iguais teremos: $R_{eq} = R/N$

O que também reflete o fato de a resistência do resistor equivalente ser sempre menor que a menor das resistências dos resistores que compõem a associação, NEGRI (2014, p. 09). Isso devido à Lei de Ohm: $U = R \cdot I$

Em que:

U =diferença de potencial, ddp

R = resistência

I = corrente elétrica (fluxo orientado de cargas)

Nesse caso percebemos que para nosso experimento precisávamos manter a tensão (ddp) igual em todos os pontos. Em nosso experimento a tensão nos terminais da calculadora variou em função da intensidade da radiação solar, chegando até 1,5 V. Para diminuir as variações na corrente utilizamos um capacitor.

Calculadora montada agora é hora de rever todos os conhecimentos físicos que foram necessários para chegarmos até aqui.

No próximo capítulo fazemos uma sugestão de Unidade Didática utilizando esse experimento acima detalhado, como procedimento de ensino, no qual os professores poderão aproveitar a montagem da calculadora solar de baixo custo para trabalhar o tema Efeito Fotoelétrico.

CAPÍTULO 3 - PROPOSTA DE UMA UNIDADE DIDÁTICA PARA O ENSINO DO EFEITO FOTOELÉTRICO UTILIZANDO A CALCULADORA SOLAR DE BAIXO CUSTO

Neste capítulo propomos uma Unidade Didática sobre o tema: O uso da calculadora solar de baixo custo como metodologia de ensino do Efeito Fotoelétrico. Este pode ser trabalhado com alunos do Ensino Médio tendo como base os conhecimentos discutidos no capítulo anterior, as experiências deles sobre o tema, bem como seus conhecimentos prévios.

Segundo Passos (2006, p. 118) o conceito de Unidade Didática proposto por Morrison¹⁷ diz que: a experiência vivida pelo estudante e os conteúdos de aprendizagem sejam amplos, ricos e homogêneos, tornando-se importantes em sua vida, e, ao mesmo tempo, que sejam constituídos em uma totalidade coerente de conteúdo a ser aprendido. Nesse caso, cabe ao ensino garantir o domínio de conhecimentos, pois aprendizagens superficiais não levam à estruturação de atitudes e às mudanças de comportamento. A prova decisiva do valor do ensino será a permanência do conhecimento, a duração e a capacidade de aplicá-los às atividades reais proporcionadas pela vida.

Já para Libâneo (1994, p. 233) “unidades didáticas são um conjunto de temas inter-relacionados que compõem o plano de ensino de uma série. Cada unidade didática contém um tema central do programa, detalhado em tópicos.” Uma unidade didática serve para delimitar os conteúdos a serem trabalhados de forma mediada, para que a partir dela se possa formular objetivos específicos com vistas aos resultados esperados em termos de aquisição de conhecimentos, habilidades e competências necessárias à aprendizagem dos alunos.

Assim, seguindo o modelo desenvolvido por Almeida (2014) elaboramos a proposta de unidade didática a seguir.

¹⁷ Henry C. Morrison (1871 – 1945) educador americano.

3.1 IDENTIFICAÇÃO

- a)** Tema: Efeito Fotoelétrico.
- b)** Duração: três encontros de 90 min cada (2h/aula).

3.2 OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM

- a)** Objetivo Geral:

Debater o tema: Efeito Fotoelétrico e utilizar a montagem da calculadora solar de baixo custo como recurso didático para que os alunos possam ter uma melhor assimilação dos conceitos físicos envolvidos no tema e, por conseguinte da dualidade onda-partícula.

- b)** Objetivos Específicos

- Conhecer a capacidade de geração de energia das radiações (luz) solares.
- Entender o que é o Efeito Fotoelétrico, como ele ocorre e onde pode ser identificado no dia a dia.

3.3 CONTEÚDOS

- a)** Física Moderna;
- b)** Efeito Fotoelétrico

3.4 METODOLOGIA

A distribuição das atividades em aulas poderão seguir o cronograma de encontros (Figura 25), pois conforme Almeida (2014, p. 56):

Os conhecimentos científicos são importantes, eles são construídos pelos alunos na etapa da teorização. Mas, há outro ponto relevante que diz respeito aos diferentes tipos de saberes que os alunos constroem como resultado das relações técnico-científicos, sociais, políticos e éticos.

Figura 28– Quadro Cronograma de encontros e de atividades

1º Encontro		
Momento	Atividade	Desenvolvimento da aula
01 (20 min)	Apresentação do tema	O professor apresentará o tema da aula: Efeito Fotoelétrico, de forma expositiva e dialógica com o auxílio do projetor multimídia tendo como parâmetro os conhecimentos apresentados no Capítulo 2.
02 (70 min)	Aula sobre o Efeito Fotoelétrico	O professor deverá expor a fundamentação teórica (Ver Capítulo 2, Tópico 2.1), atendo-se, principalmente aos conceitos físicos. Para essa aula deverá ser utilizado um projetor multimídia com um apresentador de <i>slides</i> e o quadro, para exposição dos tópicos. Uma dica é que: para melhor entendimento sobre o ponto de corte e determinação da constante de Planck, o professor poderá utilizar a sala de informática e acessar o simulador eletrônico, ¹⁸ disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric . O professor deverá informar que no próximo encontro será feita a montagem da calculadora solar.
2º Encontro		
Momento	Atividade	Desenvolvimento da aula
01 (20 min)	Orientações sobre a montagem da calculadora solar	O professor deverá dividir os alunos em grupos com quatro ou cinco alunos, e distribuir o material para a montagem da calculadora (Ver Capítulo 2, SubTópico 2.1.1).
02 (70 min)	Mãos à obra.	O professor acompanhará a execução dos trabalhos pelos alunos, indagando-os a respeito do tipo de LED escolhido para o experimento, sobre a melhor forma de montar os LED's, as diferenças entre a associação em paralelo de resistores e/ou em série.
3º Encontro		
Momento	Atividade	Desenvolvimento da aula
03 (90 min)	Encerramento	O professor poderá intermediar uma discussão entre os grupos questionando as percepções de cada aluno sobre os conceitos físicos apresentados.

Fonte: autor.

¹⁸ Fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade de Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências. As sims PhET baseiam-se em extensa pesquisa, em educação e envolvem os alunos através de um ambiente intuitivo, estilo jogo, onde os alunos aprendem através da exploração e da descoberta

3.5 RECURSOS NECESSÁRIOS

- a)** Calculadora Eletrônica tipo CC AA (1,5 V);
- b)** Seis lâmpadas de LED brancas (alto brilho) com encapsulamento na cor branca;
- c)** Capacitor de 10 μF (microfarad) X 63 V;
- d)** Dois fios de 1mm² (\cong 15 cm);
- e)** Ferro de soldar;
- f)** Fio de solda de estanho; (\cong 50 cm);
- g)** Papelão.
- h)** Tesoura

3.6 AVALIAÇÃO

Os alunos serão avaliados a partir da participação e de seus questionamentos durante o desenvolvimento da unidade didática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho tratamos o tema do Efeito Fotoelétrico e para isso nos valem do uso da montagem da calculadora solar de baixo custo que utiliza LED'S para conversão de energia solar em elétrica ao invés do sistema químico/elétrico com as pilhas como metodologia de ensino, com o intuito de apresentar mais uma ferramenta para que os professores possam trabalhar em sala de aula com seus alunos, independentemente do grau de conhecimento matemático deles.

Iniciamos com um resgate bibliográfico da história da CAPES, responsável pelo custeio da bolsa de estudo do autor do trabalho aqui apresentado, por meio do PIBID, no qual tivemos a oportunidade de conhecer o dia-a-dia dos professores e suas dificuldades, assim como as dos alunos e seus anseios.

Discorreremos na fundamentação teórica sobre os princípios físicos, deixando na unidade didática uma proposta de trabalho que poderá ser desenvolvida a critério de cada professor. Assim, dedicamos à atenção final a essa proposta de unidade didática, como sugestão para que os professores utilizem a montagem da calculadora solar de baixo custo como metodologia de ensino nas suas salas de aula.

Entendemos assim, que apresentamos aos alunos uma Física mais acessível de forma que eles possam desenvolver o gosto pelo aprendizado, manipulando, construindo, tentando, errando, pensando, até o regozijo do acerto.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Nelson Cosme da. **Física do Meio Ambiente como disciplina nas Licenciaturas em Física**: proposta de uma unidade didática para ensinar efeito estufa e aquecimento global. 2014. 236f. Dissertação (Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte). Natal, 2014.

ALMEIDA, Antônio Carlos Aido de. **Estudo das correlações entre a atividade solar e processos atmosféricos**. 2001. 89f. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

BISCUOLA, **Física 3**: Gualter José Biscuola, Newton Villas Bôas, Ricardo Helou Doca. – 2. Ed. – São Paulo: Saraiva, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **PIBID**. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=467&id=233&option=com_content&view=article. Acesso em: 13 Jun. 2016.

_____. **Decreto nº 74.299**, de 18 de Julho de 1974. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-74299-18-julho-1974-422808-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 09 mai. 2016.

_____. **Decreto nº 86.791**, 28 de Dezembro de 1981. Disponível em: <http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaTextoIntegral.action?id=201073&norma=214893>. Acesso em: 24 nov. 2016.

CAPES. **História e Missão**. Disponível em: <http://www.capes.gov.br/historia-e-missao>. Acesso em: 23 out. 2015.

CARUSO, Francisco e OGURI, Victor. **Física Moderna: Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

CANAL X PROJETOS... **Como Fazer Painel Solar Caseiro**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=pRwzjdpRO3E>. Acesso em: 03 jun. 2016.

EISBERG Robert. *et al.* **Física Quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 1979. [Apostila de Aula].

GARCIA, L. R. *et al.* Correlação entre propriedades mecânicas e arranjo dendrítico de ligas Sn-Zn utilizadas em solda sem a presença de chumbo. **Revista Matéria**, v 14, n. 2, 2009.

HOSTINS, R. C. L. **Os Planos Nacionais de Pós-Graduação (PNPG) e suas repercussões na Pós-Graduação brasileira**. *Perspectiva* (Florianópolis), v. 24, p. 133-160, 2006.

IBGE. **Perfil dos Municípios Brasileiros – 2009**, 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2009/> Acesso em: 21Jul. 2016.

LIBÂNEO, José Carlos. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1994. (Coleção Magistério – Série Formação do Professor).

MENDONÇA, Sílvia Regina . **Representação Social sobre o Ensino de Matemática de Licenciandos vinculados ao PIBID: dinâmica de formação** 2016, 291f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2016.

NEGRI, Luiz J. **A Eletrodinâmica**. Material de Aula do Curso de Física. IFRN, 2014.

_____. **A Física do Átomo**. Introdução à Física Nuclear. Material de Aula do Curso de Física. IFRN, 2015.

PAIS, Abraham. **1918 – “Sutil é o Senhor...”**: a ciência e a vida de Albert Einstein. Tradução Fernando Parente e Viriato Esteves. (Revisão da tradução César Benjamim). Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.

PASSOS, Ilma A. V. **Técnicas de ensino: novos tempo, novas configurações**. Campinas, SP: Papyrus, 2006.

SAMPAIO. H. **A evolução do ensino superior brasileiro, 1808 – 1990**. Disponível em: <http://nupps.usp.br/downloads/docs/dt9108.pdf>. Acesso em: 15 de Nov. 2015.

SILVA, Cibelle. **Instituto de Física de São Carlos - USP**. Disponível em: <http://www.ghc.usp.br/Biografias/Maxwell/Maxwell.html>. Acesso em: 17 de Nov. 2016.

TEIXEIRA, Anísio. **Ensino superior no Brasil: análise e interpretação de sua evolução até 1969**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1989.

UFRGS... **Experimento da gota de óleo de Millikan**. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/historia/millikan.html>. Acesso em: 03 jun. 2016.

WENDLING JR. J.M.A. **Semicondutores**. Disponível em: HTTP://www.fegunesp.br>semicondut_v1.html. Acesso em: 10 mai. 2016.