



UFU - Universidade Federal de Uberlândia
Física Licenciatura - INFIS

JONAS MAXIMIANO FILHO

Ensino de Materiais Semicondutores: Uma Proposta Para o Ensino Médio.

UBERLÂNDIA-MG
2019

JONAS MAXIMIANO FILHO

Ensino de Materiais Semicondutores: Uma Proposta Para o Ensino Médio.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Física Licenciatura da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para conclusão do curso.

Orientador: Djalmir Nestor Messias

**UBERLÂNDIA-MG
2019**

AGRADECIMENTOS

A Deus que me ajudou em todos os momentos de dificuldade, que colocou e tirou pessoas do meu caminho conforme a necessidade e que me dava alegria em todos os momentos.

A minha mãe e meus irmãos que estão comigo para me ajudar em qualquer situação.

A todos os mestres e professores que fizeram parte da minha formação, em especial Alessandra Riposati Arantes e Marcel Novaes pela grande consideração e paciência que tiveram comigo em vários momentos.

Ao meu orientador, professor Djalmir Nestor Messias, pela assistência no tempo que lhe coube, pelas correções e incentivos.

Aos vários amigos com os quais pude compartilhar vários momentos de estudo e de descontração.

RESUMO

A Física Moderna e Contemporânea causa um grande impacto no dia-a-dia das pessoas. Apesar disso a sua inserção no Ensino Médio dificilmente acontece. Pensando nisso este trabalho tem o intuito de construir uma proposta de incorporação deste conteúdo nessa etapa da educação. Mais do que isso, a intenção foi planejar atividades que os alunos, tanto achem interessante, quanto percebam a relação do conteúdo com o dia-a-dia deles. Entre os tópicos abordados estão: válvulas termoiônicas com o intuito de mostrar algumas aplicações dos semicondutores na atualidade pela introdução de um contexto histórico, teoria de bandas em um nível adequado ao ensino médio e ao tempo que se dispõe, dopagem de semicondutores e construção de um circuito simples que usa LDR(resistor dependente da luz, do inglês Light Dependent Resistor). Levar este conteúdo ao ensino médio apesar de tirar os professores um pouco da zona de conforto, não é tão complexo, além de levar, para os alunos, conhecimentos mais próximos da realidade tecnológica atual.

Palavras-chave: Ensino Médio, Semicondutor, Aplicações

ABSTRACT

Modern and Contemporary Physics has a great impact on people's daily lives, although their insertion in high school hardly happens. With this in mind, this work aimed to build a proposal to incorporate this content in this stage of education, more than that, the intention was to plan activities that students find interesting and realize the relationship of content with everyday life. The topics covered include: thermionic valves to show some applications of semiconductors of today by introducing a historical context, band theory at a level suitable for high school and available time, semiconductor doping and construction of a simple circuit that has a LDR. Bringing this content to high school while taking teachers a bit out of the comfort zone is not that complex, and it brings to students closer knowledge of current technological reality.

Keywords: Semiconductor, High School, Applications

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - materiais utilizados no experimento 1 com plástico.....	25
Figura 2 - materiais utilizados no experimento 1 sem plástico.....	25
Figura 3 - corte no recipiente de plástico.....	26
Figura 4 - corte na garrafa.....	26
Figura 5 - construção das válvulas no fundo do recipiente de plástico.....	27
Figura 6 - colocação da haste de madeira.....	27
Figura 7- corte no balão e furo da tampa.....	28
Figura 8 - colocação do fundo de balão na tampa, visão por cima.....	28
Figura 9 - colocação do fundo de balão na tampa, visão por baixo.....	28
Figura 10 - o balão da tampa como válvula.....	29
Figura 11 - colocação de outro balão na tampa.....	29
Figura 12 - finalização do experimento 1.....	29
Figura 13 - válvula diodo didaticamente.....	31
Figura 14 - marcação da altura do centro de massa da cadeira em pé.....	36
Figura 15 - marcação da altura do centro de massa da cadeira deitada.....	36
Figura 16 - marcações das alturas do centro de massa da cadeira em diferentes posições.....	36
Figura 17 - união das camadas de valência de dois átomos.....	37
Figura 18 - níveis de energia dos átomos dentro e fora de uma estrutura.....	38
Figura 19- esquema do circuito.....	42
Figura 20 - materiais usados no experimento 2.....	42
Figura 21 - furos no pedaço de capa de caderno.....	43
Figura 22 - o LED e LRD na capa de caderno visto por cima.....	43
Figura 23 - o LED e LRD na capa de caderno visto por baixo.....	43
Figura 24 - conexão do resistor no circuito.....	44
Figura 25 - colocação dos fios na bateria.....	44
Figura 26 - circuito finalizado.....	45
Figura 27 - desdobramento de um nível de energia num sistema de seis átomos.....	54
Figura 28 - Energias de uma banda de energia em relação a distância interatômica.....	54
Figura 29 - Ilustração das Bandas de Energia formados uma estrutura de muitos átomos.....	55
Figura 30 - Variação entre os Gaps dos Materiais Condutores, Isolantes e Semicondutores.....	55
Figura 31 - Banda de Condução e Banda de Valência em uma junção PN.....	57

SUMÁRIO

1 Introdução.....	8
2 Referencial Teórico.....	10
2.1 A Importância da Física Moderna e Contemporânea nas escolas.....	10
2.2 A Proposta CTS e os Semicondutores.....	11
2.3 Os Três Momentos Pedagógicos.....	12
2.4 O que dizem as Leis.....	14
2.5 Livros Didáticos.....	16
2.6 Revisão Bibliográfica sobre o conteúdo.....	16
3. A Sequência Didática.....	23
4. Detalhamento Aula a Aula.....	25
5. Considerações Finais.....	46
6. Referências.....	48
7. Anexo.....	52

1. Introdução

Diversos dispositivos tecnológicos atuais diferem-se em suas aplicações devido a forma como a eletricidade é conduzida em seu interior. Como exemplos podemos citar os fios de cobre no interior de uma residência e a resistência de um chuveiro elétrico. Esta condução está diretamente relacionada com a chamada condutividade elétrica do material. A partir dessa propriedade é possível classificar os materiais como condutores, isolantes, materiais mau condutores e semicondutores que são materiais que têm propriedades elétricas intermediárias. Os materiais semicondutores, por exemplo, possuem extrema importância no modo de vida atual, isso devido à sua aplicação na construção dos dispositivos eletrônicos que são usados em incontáveis aplicações. Apesar de não visíveis nos dispositivos eletrônicos, esses aparelhos possuem materiais semicondutores em seus componentes.

A eletrônica é ramo da tecnologia que estuda e utiliza grandezas elétricas e suas variações para captar, transmitir e processar informações. Ela teve início em 1906 com a invenção da válvula triodo, por Lee de Forest (Kitsch, 1950), esse dispositivo possibilitou a amplificação de sinais elétricos. Depois deste momento vários dispositivos eletrônicos foram criados como dispositivos semicondutores (tais como transistores, termistores e circuitos integrados), tubos de raios catódicos entre outros. A primeira conquista da eletrônica foi o rádio, possibilitando a comunicação e a propagação de informação à distância, através da voz e da música (Texeira; Morais Almeida, 2014). Mais tarde o desenvolvimento da eletrônica trouxe a transmissão à distância de imagens em movimento: a televisão. Um tempo depois vieram os computadores e diversos outros equipamentos (Cury; Capobianco, 2011).

Inicialmente os equipamentos eletrônicos tinham sua base nas válvulas à vácuo, mas algum tempo depois, com exceção de raríssimos equipamentos, essas válvulas foram substituídas por transistores. Essa substituição aconteceu por vários motivos, por exemplo, as válvulas ocupam um grande espaço, superaquecem com facilidade. Vários problemas que existiam com as válvulas foram solucionados com os transistores. que foram criados, pela primeira vez, em 1947 pelos físicos J. Bardeen, W. Brattain e W. Shockley (J. Chiquito; Lanciotti Jr, 1998). Até os dias de hoje, existem diversos estudos para aprimorar esses equipamentos que utilizam os semicondutores e isso tem transformado diariamente a maneira como a sociedade vive.

Não somente as telecomunicações mudaram com os semicondutores, equipamentos como os LEDs (Light Emitter Diode) e placas solares também surgiram a partir do desenvolvimento desses equipamentos feitos de semicondutores. Esses equipamentos que já fazem parte da vida cotidiana das pessoas, estão mudando a maneira da sociedade criar e usar energia, de maneira cada vez mais sustentável, barata e sem desperdício.

No ensino de Física, os semicondutores e suas aplicações são conteúdos da Física Moderna e Contemporânea (FMC, concepções de física desenvolvidos desde o início do século XX até os dias atuais), que apesar de ser extremamente importante ainda é pouco implementado no ensino de física. F. Ostermann (Ostermann, 2001), aponta que “deveria haver mais Física Contemporânea no Ensino Médio e menos fósseis da Física Clássica”. E diz que, desta maneira, os alunos terão uma escolarização de nível médio atualizada, adequada ao “exercício da cidadania na sociedade contemporânea. Além deste texto vários outros trabalhos ressaltam a importância da inserção de conceitos de FMC no ensino médio, principalmente aqueles ligados a física quântica, como é o caso dos semicondutores.

Com esse pensamento, o objetivo deste trabalho é propor uma sequência didática sobre materiais semicondutores, ressaltando a sua importância na vida cotidiana e no avanço tecnológico.

2. Referencial Teórico

Neste Capítulo será apresentado o referencial teórico, desenvolvendo o embasamento teórico desta proposta, além de apresentar alguns estudos já realizados sobre o tema. Na seção 2.1 é retratada a importância da física moderna e contemporânea nas escolas. Na seção 2.2 é visto como os materiais semicondutores e a proposta CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade é uma proposta que procura fazer uma análise crítica e interdisciplinar da Ciência e da Tecnologia num contexto social) se encaixam no ensino. Na seção 2.3 são apresentados os três momentos pedagógicos. A seção 2.4 descreve como a apresentação de semicondutores no ensino médio se encaixa nas leis que o regem. Na seção 2.5 é mostrado como é abordado o conteúdo de semicondutores nos livros didáticos e na seção 2.6 é feita uma revisão bibliográfica de alguns artigos que apresentam esse assunto.

2.1 A Importância da Física Moderna e Contemporânea (FMC) nas escolas

A Lei de Diretrizes e bases da Educação do Brasil, de 1996 reza que o Ensino Médio tem entre os seus objetivos:

- a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores [...].
- a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina [...].
- domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna [...]

Declarando assim, a necessidade de que sejam apresentados no ensino médio conteúdos relacionados com tecnologias atuais, conhecimentos que estejam mais próximos do dia-a-dia dos alunos. Tais necessidades ainda estão um pouco longe de serem supridas na realidade da maioria das escolas no Brasil. No que diz respeito às aulas de física: “a prática escolar usual exclui [...] as grandes mudanças no pensamento científico ocorridas na virada deste século e as teorias daí decorrentes”. Sendo que a grande concentração de tópicos é referente a física desenvolvida aproximadamente entre 1600 e 1850 (Terrazzan, 1992).

Essa defasagem “provocada por um currículo de física desatualizado resulta numa prática pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno. Isso não permite que ele compreenda qual a necessidade de se estudar essa disciplina”(Ferreira de Oliveira et al, 2007). A relação histórica, cultural e social que a física possui com o nosso cotidiano normalmente não entram no espaço das escolas, isso porque as aulas, em sua maioria, se resumem em fórmulas e equações matemáticas.

Além deste problema na III Conferência Interamericana sobre Educação em Física , um grupo de trabalho de ensino em física moderna levanta várias justificativas para o ensino de FMC na escola (Ostermann, 2000):

- “despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;
- os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não vêem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual idéias revolucionárias mudaram a ciência totalmente;
- é do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física;
- é mais divertido para o professor ensinar tópicos que são novos. O entusiasmo pelo ensino deriva do entusiasmo que se tem em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso. É importante não desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino;
- Física Moderna é considerada conceitualmente difícil e abstrata; mas, resultados de pesquisa em ensino de Física têm mostrado que, além da Física Clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la.”

2.2 A Proposta CTS e os Semicondutores

Os materiais semicondutores, fazendo parte dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea, nos permite colocar todas essas razões acima para a apresentação desse tema no ensino médio, mas mais do que isso, semicondutores são materiais que estão presentes em muitas tecnologias do nosso cotidiano, entre elas estão, diodo, transistor, LED, placa solar e laser. Essas aplicações têm mudado constantemente a sociedade por mais de meio século, chegando ao ponto que, alfabetizar os cidadãos em ciência e tecnologia é uma necessidade do mundo contemporâneo (Santos; Mortimer, 2002). Não apenas mostrando os avanços da ciência, que é algo que a mídia já faz, mas mostrando como é possível o cidadão agir, tomar decisão, compreender o que está acontecendo quando os especialistas falam sobre um assunto. “Essa tem sido a principal proposição dos currículos com ênfase em Ciência, Tecnologia e

Sociedade (CTS)”. Segundo Lino Pinto e Soares Dias Vermelho (Lino Pinto; Soares Dias Vermelho, 2017) “o ensino com enfoque em CTS possui um caráter multidisciplinar, integrando a educação científica, tecnológica, social e ambiental, no qual, os conteúdos científicos busquem contemplar a discussão de aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos”.

Devido às grandes transformações que as tecnologias produzidas com semicondutores causaram na sociedade, uma proposta CTS é extremamente interessante de ser aplicada ao tema semicondutores no ensino médio. Isso porque “o enfoque CTS inclui dentre outros, a responsabilidade social, o exercício da cidadania crítica e ativa, a flexibilidade cognitiva e o interesse em atuar em questões sociais” (Lopes Côrrea; Teixeira de Araújo, 2014) . Esta proposta tem como objetivo valorizar os interesses coletivos, as necessidades humanas, pois por meio da discussão de valores como solidariedade, fraternidade, reciprocidade, respeito ao próximo é que haverá a formação de cidadãos críticos, que valorizam a sociedade. (Lopes Côrrea; Teixeira de Araújo, 2014).

Além disso, “o objetivo central da educação de CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões” (Santos; Mortimer, 2002) . Com muita clareza as tecnologias que usam semicondutores são de grande importância no mundo atual, tornando o conhecimento em semicondutores algo de vital importância para que os alunos saibam agir e interagir com essas tecnologias na sociedade.

2.3 Os Três Momentos Pedagógicos

A dinâmica dos três momentos pedagógicos foi abordada, inicialmente, por Delizoicov na década de 80, objetivando promover a transposição da concepção Freireana de educação para o ambiente da educação formal (Muenchen; Delizoicov, 2014). “Segundo tal paradigma, os conteúdos precisam ser abordados de forma problematizada, estruturados sob a perspectiva de um tema central, partindo dos conhecimentos prévios dos estudantes; passando por um instante de reorganização do saber, através do desenvolvimento de situações que proporcionem um conflitamento entre os saberes prévios e o conhecimento científico; e, finalizando-se por meio de um momento de fixação onde o conhecimento adquirido é

aplicado na resolução de determinadas situações (Lopes Coelho, 2017).” Essa ideia levou a construção de uma didática que leva três etapas:

Problematização: É a escolha adequada de formulação de problemas de forma que seja introduzido ao aluno um novo conhecimento, ou seja, conceitos, leis e teorias físicas, esse novo conhecimento deve ser imprescindível para a solução do problema abordado (Delizoicov, 2001). Assim sendo é necessário que o problema abordado venha antes da formulação do conceito, para que possa gerar no aluno a necessidade de adquirir certo conhecimento que ele não possui e que não foi apresentado pelo professor. Isso é o contrário do que normalmente é feito, pois a apresentação do conceito é, na maioria dos casos, feita antes dos problemas, que são aplicados como método de fixação. É necessário que o problema formulado tenha significado para o aluno, fazendo-o perceber que ele necessita de um conhecimento que é inédito para ele.

"Antes de tudo o mais, é preciso saber formular problemas. E seja o que for que digam, na vida científica, os problemas não se apresentam por si mesmos. É precisamente esse sentido do problema que dá a característica do genuíno espírito científico" (Bachelard, 1977).

Organização do Conhecimento: são trabalhados, sob a orientação e o auxílio do professor, os conhecimentos necessários para que os alunos consigam compreender a proposta inicial e o tema que está sendo trabalhado (Baldissarelli de Araújo et al, 2013).

Aplicação do Conhecimento: “momento que se destina a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento”(Muenchen; Delizoicov, 2014).

Alinhado ao que foi exposto sobre os 3 momentos pedagógicos Moreira (Moreira, 2014) diz: “Estudar requer apropriação da significação dos conteúdos, a busca de relações entre os conteúdos e entre eles e aspectos históricos, sociais e culturais do conhecimento.

Requer também que o educando se assume como sujeito do ato de estudar e adote uma postura crítica e sistemática”.

A aplicação dos três momentos pedagógicos é capaz de aderir à aprendizagem essas características, abordar aspectos históricos, sociais e culturais, sabemos isso porque esse método foi criada para aplicar as ideias de Paulo Freire ao ensino, que pensava muito na importância da aplicação da abordagem desses aspectos na aprendizagem.

2.4 O que dizem as Leis

Os textos das leis de diretrizes e bases da Educação Nacional (LDB), Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) dizem que o ensino médio deve priorizar um conteúdo amplo, multidisciplinar, priorizando temas que abranjam um conhecimento que vá de acordo com as necessidades do indivíduo na sociedade, ao contrário do que é visto, a ênfase e a utilização de fórmulas e insistência em resolução de exercícios repetitivos. Desta maneira “é preciso rediscutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada” (BRASIL, 1999).

Os textos concordam que os conhecimentos de Física tem fundamental importância na formação científica do cidadão contemporâneo assinalando que o estudo de seus conceitos devem ser contextualizado, interagindo com outras disciplinas, desta maneira os conteúdos vão ganhar significado, pois poderá ser aplicado ao dia a dia de jovens e adolescentes. Ainda colocam o fato de que alguns aspectos da chamada física moderna são indispensáveis para que os alunos possam compreender de forma mais abrangente os conhecimentos físicos necessários para o compreensão da forma de funcionamento das tecnologias mais recentes”(Ferreira de Oliveira et al, 2007).

O PCN+ diz que “os critérios que orientam a ação pedagógica deixam de tomar como referência primeira “o quê ensinar de Física”, passando a centrar-se sobre o “para que ensinar Física”, explicitando a preocupação em atribuir ao conhecimento um significado no momento mesmo de seu aprendizado. Quando “o que ensinar” é definido pela lógica da Física, corre-se o risco de apresentar algo abstrato e distante da realidade, quase sempre supondo implicitamente que se esteja preparando o jovem para uma etapa posterior: assim, a cinemática, pela lógica da física, é indispensável para a compreensão da dinâmica, da mesma

forma que a eletrostática o é para o eletromagnetismo. Mas ao contrário, quando se toma como referência o “para que” ensinar Física, supõe-se que se esteja preparando o jovem também para ser capaz de lidar com situações reais, crises de energia, problemas ambientais, manuais de aparelhos, concepções de universo, exames médicos, notícias de jornal, e assim por diante” (BRASIL, 2002), devemos parar de pensar que os conteúdos dados devem seguir uma ordem e começar a pensar que os conteúdos devem ser apresentados pensando na sociedade que o aluno vive.

Também pelo PCN+ é dito “Esse objetivo mais amplo requer, sobretudo, que os jovens adquiram competências para lidar com as situações que vivenciam ou que venham a vivenciar no futuro, muitas delas novas e inéditas” (BRASIL, 2002). Com isso é necessário que a preocupação central com os conteúdos seja deixada de lado para substituí-la pela identificação de competências que os alunos possam precisar no futuro, são esses conhecimentos que os alunos terão a necessidade de adquirir no processo de escolaridade média.

Todas essas observações desde os objetivos do ensino médio, até a LDB, PCN e PCN+ demonstram a necessidade de aproximar do ensino de física no ensino médio conteúdos que estejam mais próximos da realidade dos alunos, temas que estejam de forte maneira relacionado com a parte social dos estudantes, conteúdos que sejam atuais que ainda estejam em debate, nas suas implicações sociais, ambientais e tecnológicas.

Como já observado a área de Física Moderna e Contemporânea possui vários conteúdos interessantes de serem abordados na perspectiva do objetivo do ensino médio, mas além disso é perceptível que em outros textos da lei a FMC também é visto como algo que necessita ser implementado no ensino.

Outra interessante observação é que as propostas, os objetivos, do CTS e dos três momentos pedagógicos possuem a visão de deixar a proposta de ensino mais próxima da parte social do estudante, levando em consideração os conhecimentos prévios que eles trazem, a maneira como eles vivem. Essa perspectiva também é vista nas leis que determinam como deve ser a aprendizagem no ensino médio, fazendo dessas propostas interessantes de serem aplicadas na sala de aula.

2.5 Livros Didáticos

O livro didático é “um recurso facilitador da aprendizagem e instrumento de apoio à prática pedagógica”, conforme manifestação do professor de ciências que diz: “o livro didático auxilia o estudante quanto a ampliar sua compreensão, interpretação e, também ao professor para conduzir os temas e orientar a pesquisa”(Vianna et al, 2000).

Considerando a grande influência que os semicondutores possuem no cotidiano, levando ao fato que é necessário abranger mais esse conteúdo no ensino médio, é necessário a apresentação desse conteúdo nos livros didáticos, isso infelizmente pouco acontece como descreve Giarola Alves (2017), ao analisar as propostas de trabalhos sobre semicondutores nos livros didáticos, dizendo “observa-se que não foi encontrado em nenhum livro analisado uma proposta de como trabalhar o tema Materiais Semicondutores, ele é apresentado de forma superficial, sendo abordado como tópicos, apêndices e “para saber mais””

De fato, ao procurarmos materiais didáticos sobre o tema somente um aparece com certa facilidade, um material desenvolvido pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física – GREF (Copelli, et al, 1998). Esse trabalho propõe de maneira diferenciada propostas de trabalho em diversos temas relacionados aos conteúdos de física para o ensino médio. Dentro deste conteúdo, de 46 páginas, 4 são dedicados ao ensino de materiais semicondutores, o que é um grande começo. “Os autores abordam o conceito clássico do modelo atômico – Modelo de Bohr, para em seguida fazer uma analogia e construir a teoria de Bandas de Energia, a nível do ensino médio” (Giarola Alves, 2017).

2.6 Revisão Bibliográfica sobre o conteúdo.

Nesta seção é feita uma revisão em 3 artigos representativos que abordam o tema semicondutores no ensino médio. É necessário ressaltar a escassa quantidade de artigos sobre esse assunto.

O primeiro revisado foi uma dissertação de mestrado intitulado *MATERIAIS SEMICONDUCTORES: Uma abordagem para o ensino médio*, cujo o recorte está abaixo:

ANDRESSA GIAROLA ALVES

MATERIAIS SEMICONDUTORES: UMA ABORDAGEM PARA O
ENSINO MÉDIO

*SEMICONDUCTOR MATERIALS: AN APPROACH FOR HIGH SCHOOL
EDUCATION*

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino em Física, área de concentração em Ensino em Física, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 10 de fevereiro de 2017.

Prof. Dr. João Antônio Corrêa Filho

UFSJ

Prof. Dr. Helena Libardi

UFLA

Prof. Dr. Júlio César Ugucioni

UFLA

Prof. Dr. Antonio dos Anjos Pinheiro da Silva
Orientador

Prof. Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel
Coorientador

LAVRAS – MG

2017

Este trabalho construiu uma proposta com o objetivo de “após esta sequência de atividades os alunos consigam diferenciar semicondutores do tipo intrínsecos e extrínsecos (tipo P e N) assim como, caracterizar uma junção do tipo PN, compreendendo o mecanismo da polarização reversa e direta, que consiste no princípio básico de funcionamento dos diodos, bem como, relacionar estes conceitos com os avanços tecnológicos e sociais”.

A proposta é separada em sete atividades em que na primeira apresentava-se três diferentes tipos de lâmpadas, fluorescente, incandescente e lâmpada LED, pretendendo explorar os conhecimentos prévios dos alunos sobre essas lâmpadas. Na segunda atividade existe uma discussão, após uma atividade extraclasse, sobre a grande presença das LEDs no cotidiano.

Na terceira e quarta atividades são realizadas apresentações, a partir de vídeos aula expositiva e dialogada, o que faz de um material condutor, semicondutor e isolante pela teoria de bandas, utilizando nessas duas últimas atividades o texto do GREF intitulado “ tamanhos são documentos” do apoio. Esse texto foi usado apenas de apoio porque “verificou-se uma grande dificuldade dos alunos em associar, somente com a leitura do texto seguida de discussão, os dois modelos e também de compreender que quando o átomo isolado se agrega a outro átomo para compor uma molécula, este agrupamento passa a ter outra configuração enérgica”

Na atividade 5 é pedido aos alunos que reproduzam em uma maquete o modelo de teoria de bandas para isolantes, condutores e semicondutores. Como atividade 6, em um roteiro investigativo, é apresentado aos alunos a dopagem de semicondutores e na última abordagem é apresentada a junção P e N e o diodo.

O título do segundo artigo que foi revisado é *OFICINA DIDÁTICA SOBRE SEMICONDUTORES E SUAS APLICAÇÕES SOB A ESTRATÉGIA DE ABORDAGEM MULTIRREPRESENTACIONAL*, como está destacado no recorte abaixo:

Experiências em Ensino de Ciências V.14, No.2 2019

**OFICINA DIDÁTICA SOBRE SEMICONDUTORES E SUAS APLICAÇÕES SOB A
ESTRATÉGIA DE ABORDAGEM MULTIRREPRESENTACIONAL**

*Didactic workshop about semiconductors and their applications under the strategy of multiple
representations approach.*

Leidi Katia Giehl [leidikatiagiehl@yahoo.com.br]
Reginaldo Aparecido Zara [reginaldo.zara@gmail.com]
*Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste
Foz do Iguaçu Paraná*

*Recebido em: 27/08/2018
Aceito em: 11/04/2019*

Este texto apresenta uma oficina didática que aborda o conteúdo de semicondutores utilizando a estratégia de multimodos e múltiplas representações(MMR) que de acordo com o texto é a prática de representar um mesmo conceito ou processo científico em diferentes formas. Essa prática contribui para o atendimento às particularidades dos estudantes, possibilitando também a manifestação emocional que cada estudante possui com o conteúdo.

Os autores descrevem que a opção de trabalhar com oficinas abre a possibilidade de abordar o conteúdo de uma forma mais criativa e ao mesmo tempo cria um diálogo mais aberto entre os participantes, quebrando hierarquias e permitindo que os estudantes se tornem capazes de experimentar, decidir e teorizar acerca do conteúdo em questão.

A oficina foi então organizada tendo como tema as propriedades elétricas dos materiais semicondutores e suas aplicações na tecnologia, e sua organização do conteúdo das atividades aplicadas foi feita da seguinte maneira:

No 1º Encontro: Atividade diagnóstica 1, Vídeo: “Impacto dos semicondutores na economia”, Circuito virtual e Construção do circuito.

No 2º Encontro: Mapa mental, Texto: “Luzes do novo século”, Vídeo: “Da areia ao silício”, Vídeo: “Dopagem – Telecurso 2000”, Vídeo: “Teste de lâmpadas” e Elaboração de Painel Ilustrativo.

No 3º Encontro: Mapa mental, Vídeo: “Semicondutores”, Experimento demonstrativo “O LED e as células fotovoltaicas”, Vídeo: “Transistores”, Manuseio de peças do computador, Construção de história quadrinhos e Construção de um vídeo (tutorial) pelos alunos.

No 4º e Último Encontro: Apresentação: história em quadrinhos e vídeo, Jogo de perguntas e respostas, Atividade diagnóstica 2.

O resultado foi observado nos comentários dos alunos e nas avaliações diagnósticas: na primeira avaliação diagnóstica algumas questões não foram nem respondidas pelos alunos alegando não conhecer nada sobre o assunto e os que responderam apresentaram conceitos incorretos ou conhecimento superficial. Já o resultado da segunda avaliação diagnóstica foi melhor, demonstrando que a oficina contribuiu para a compreensão do assunto.

Os autores comentam que na aplicação da oficina foi observado “um real interesse por parte dos alunos no estudo de temas desta área da Física, havendo inclusive relatos de que gostariam que houvesse mais oficinas deste tipo avançando neste estudo e conhecendo outros conteúdos da FMC”

O terceiro trabalho revisado, é também uma dissertação de mestrado de 2019, tem como título *UMA ELETRODINÂMICA PARA A ERA DIGITAL: A FÍSICA DOS SEMICONDUCTORES E A REVOLUÇÃO DO USO DE LEDS NA ILUMINAÇÃO.*

UMA ELETRODINÂMICA PARA A ERA DIGITAL: A FÍSICA DOS SEMICONDUTORES E A REVOLUÇÃO DO USO DE LEDS NA ILUMINAÇÃO

José Miranda da Rocha

Orientadores:

Deise Miranda Vianna

Sidnei Percia da Penha

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

No texto é descrito uma sequência didática de 10 atividades e como foi a sua aplicação:

Atividade 1: Foi feita a leitura do texto “a criação da luz”. Após a leitura desse texto, os estudantes observaram uma foto de um satélite da NASA à noite, onde é possível identificar regiões com diferentes luminosidades no planeta. Com base nisso, foi pedido que os grupos identificassem as possíveis causas da diferença de iluminação entre algumas regiões.

Atividade 2: Os alunos leram os textos “Do fogo às lâmpadas LED”, “Lâmpadas incandescentes saem do mercado a partir de julho de 2016”, “A relação entre a iluminação Pública e Criminalidade”. Após a leitura, os grupos apresentaram os principais aspectos presentes nos mesmos. Depois das falas dos estudantes, o professor pegou uma lâmpada incandescente e mostrou o filamento de tungstênio e explicou para os estudantes as dificuldades encontradas historicamente para se conseguir um filamento adequado para a lâmpada incandescente

Atividade 3: Na terceira atividade, os estudantes tinham que identificar alguns tipos diferentes de lâmpadas, suas tensões elétricas e potências nominais de funcionamento. Os estudantes não tiveram dificuldade em identificar os tipos de lâmpadas e suas características elétricas presentes em sua embalagem.

Atividade 4: Na quarta atividade, foi proposto um experimento no qual os estudantes tiveram que montar um circuito elétrico para acender uma lâmpada incandescente pingando d'água e um LED verde, utilizando duas pilhas, suporte para pilha e fios com garras de jacaré.

Os grupos conseguiram ligar a lâmpada pingo d'água sem dificuldades, mas no caso da LED foi observado uma dificuldade por causa da polaridade elétrica. Isso serviu para ensinar os alunos sobre a polaridade dos LED logo em seguida, mesmo que não fosse possível abordar, neste momento, a razão da polaridade.

Atividade 5: foi apresentado o conceito de semicondutores e então dado uma lista de materiais e seus respectivos valor de resistividade elétrica. Assim, foi pedido que os estudantes classificassem os materiais presentes na tabela como condutores, semicondutores ou isolantes elétricos. Após o preenchimento da tabela o professor apresentou o silício e o germânio como os principais elementos semicondutores. Em seguida foi explicado a formação da estrutura cristalina do silício e a condução de corrente feita por elétrons e lacunas nos semicondutores.

Atividade 6: A partir de uma representação bidimensional da estrutura cristalina do silício dopada com fósforo, os alunos deveriam responder se a introdução desse elemento alteraria a condutividade do material e justificar sua resposta, foi possível perceber que a discussão, entre os alunos, possibilitou aos estudantes entenderem a importância do quinto elétron do elemento dopante para o aumento da condutividade da estrutura cristalina do semicondutor. Mas a mesma estratégia não teve um resultado tão bom em relação a dopagem com boro.

Atividade 7: o professor deu um diodo para cada um dos grupos e disse que este elemento é formado a partir da junção de um semicondutor do tipo N com um semicondutor do tipo P. Após essa explicação, o professor apresentou a proposta da atividade aos grupos; responder à seguinte pergunta: “ O que acontece ao juntarmos um semicondutor dopado do tipo N com um do tipo P? Você acha que poderá ocorrer algum movimento de cargas elétricas entre estes dois semicondutores?

Essa discussão levantada serviu como gancho para a explicação do conceito de barreira de potencial

Atividade 8: Foi feita uma atividade experimental sobre a existência de condução elétrica no diodo no dois tipos de polarização possível (direta e reversa). E houve a apresentação do LED como um diodo capaz de emitir luz.

Atividade 9: Os estudantes estimaram o valor da barreira de potencial para LEDs de quatro cores diferentes. Mostrando que o valor da barreira de potencial do LED está

relacionado com a cor emitida pelo LED. Para isso utilizaram uma fonte de tensão variável construída por eles e quatro LEDs de diferentes cores: vermelho, amarelo, verde e azul.

Atividade 10: Nessa atividade, os estudantes compararam a eficiência energética de uma lâmpada incandescente pingo d'água e um LED de alto brilho. Para isso precisaram medir o valor da corrente elétrica e voltagem de cada um dos dispositivos para calcular a potência elétrica de cada um dos componentes. Para comparar a quantidade de luz emitida, utilizaram o celular na função de luxímetro.

Além dos trabalhos supracitados, foram encontrados outros similares que não serão detalhados, visto que com esses, até aqui destacados, é possível se ter um panorama do que está sendo feito nesta área.

3. A Sequência Didática

Tendo consciência do impacto que os semicondutores, e as tecnologias que envolvem esses materiais, têm no nosso cotidiano, mudanças sociais, ambientais, científicas, como já descrito anteriormente, pensamos em criar uma sequência didática que apresentasse de forma básica os conceitos destes materiais e mostrasse uma aplicação simples de ser construída.

Isso vai de encontro com propostas metodológicas descritas no referencial teórico, CTS e os Três Momentos Pedagógicos, desta maneira, este trabalho teve a intenção de levar para a sequência didática essas duas propostas.

A sequência didática foi dividida em 6 atividades cada uma com o tempo de duração estimado de 50 minutos, uma hora aula. Dada a complexidade do tema, e os conhecimentos prévios necessários para à sua compreensão, esperamos que ela seja aplicada a turmas do terceiro ano do Ensino Médio.

A atividade 1 tem o nome “Válvula termiônica na história da computação”, aqui é proposto levar para os alunos um pouco da história da computação, com o auxílio de um bomba de ar, fazendo analogia com a válvula termiônica, e também com o auxílio de um vídeo, chamado “Evolução dos computadores - GERAÇÃO ZERO” que conta um pouco sobre essa história. Além disso, também é explicado o porquê do surgimento do transistor, colocando um contexto histórico para os semicondutores, além de possibilitar o primeiro momento pedagógico, indagando sobre qual é a tecnologia que envolve o transistor e várias outras tecnologias contemporâneas.

Na atividade 2 é feita inicialmente a separação da sala em grupos, se possível 4 grupos, para a realização de uma apresentação de temas envolvendo semicondutores na aula 5. No segundo momento da aula se dá com uma recapitulação dos principais conceitos de condutores e isolantes também introduzindo o conceito de semicondutores.

Na atividade 3 é proposta a explicação do que são os níveis quânticos de energia a partir de uma analogia mecânica chamada de Cadeira de Piekara (Golab-Meyer; Zofia, 1991). Após esse momento é proposto uma introdução, dentro do tempo disponível e num nível compatível ao ensino médio, de teoria de bandas.

Na atividade 4 a sugestão é utilizar um simulador para explicar o que é dopagem e junção PN.

Na atividade 5 é feita a apresentação dos alunos sobre os temas propostos na atividade 2 (nesta atividade os alunos são divididos em grupos, para cada grupo é dado um tema pelo professor), durante a apresentação dos alunos o professor faz orientações e comentários que achar necessário.

A atividade 6 consiste no terceiro momento pedagógico, a aplicação do conhecimento. É proposto um pequeno experimento para este momento: a construção de um simples circuito que tem o princípio de funcionamento dos postes de luz, liga à noite e desliga a luz durante o dia, neste circuito é utilizado um LDR(resistor dependente da luz, do inglês Light Dependent Resistor) que é feito de um material semicondutor. Após este momento ainda nesta última atividade é entregue um questionário para os alunos responderem extra-classe, que servirá como mais uma avaliação e também como um feedback dos alunos sobre estas atividades.

Esta proposta pode ser realizada em qualquer momento após ter sido apresentado os conceitos de condutores e isolantes, não necessitando ser logo em seguida, visto que na atividade 2 existe um momento de recapitulação desses conceitos.

Para aqueles que procuram levar esse conteúdo ao ensino médio, mas não possuem um grande conhecimento sobre o assunto, foi deixado um anexo com um resumo sobre a teoria de bandas, nada de muito complexo, só com as informações necessárias sobre a teoria para que seja possível acompanhar as informações colocadas nas entrelinhas da proposta.

4. Detalhamento Aula a Aula

Para a primeira atividade é necessário que o professor leve um brinquedo caseiro para a sala de aula, uma bomba para encher balão, feita com garrafa pet. Este é o experimento 1 detalhado abaixo:

Experimento 1

Descrição do experimento:

A explicação de qual é a ideia de um válvula diodo acaba por ser, apesar de simples, algo muito abstrato para os alunos do ensino médio. Uma analogia mais visual acaba por ser necessário.

Este experimento tem como objetivo chamar a atenção dos alunos que o ar entra no balão, mas não sai, servindo assim como uma analogia visual de um diodo. Assim o professor pode salientar que o fluxo de ar acontece sempre em em um único sentido, do mesmo modo que o fluxo de elétrons (ou seja, a corrente elétrica) flui apenas num único sentido em um diodo.

Montagem Experimental:



Fig. 1: Garrafa e Pote de Plástico usado para fazer o Experimento 1

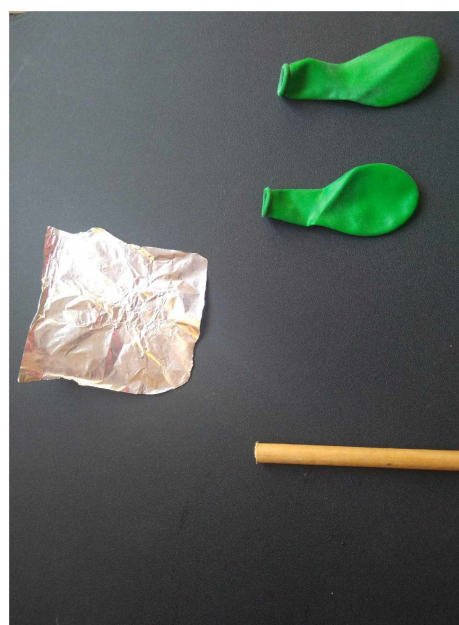


Fig.2: Balões, Haste de Madeira e Papel de alumínio usado no experimento 1

Neste experimento são utilizados:

- Uma garrafa (necessário que seja uma bastante circular, sem regiões mais “magras” que outras).
- 2 balões de borracha
- uma haste, não importa o material, desde que seja pouco flexível, aqui foi usado de madeira.
- folha de alumínio, 1 pedaço de 2cm x 1cm.
- pote de plástico, como um pote de margarina, neste caso foi usado este recipiente ao lado da garrafa na Figura 1, o pote tem que ter alguma região que seja possível recortar que tenha as mesmas dimensões do diâmetro da garrafa, neste caso, foi recortado o fundo do pote, uma área circular de 6cm de diâmetro, mesmo tamanho do fundo da garrafa utilizada.
- cola quente.

OBS: Todos esses materiais podem ser substituídos, o interessante é utilizar o que está disponível em casa.

Iniciando a montagem o fundo da garrafa e do recipiente de plástico são cortados, de forma que o que foi cortado do fundo recipiente seja circular, com diâmetro aproximado ao fundo da garrafa, como mostrado nas figuras 3 e 4.



Fig. 3: Recorte feito no Fundo do Pote, parte retirada têm 6 cm de diâmetro



Fig. 4: Recorte feito no fundo da garrafa

No pedaço do fundo do recipiente são feitos 3 furos: um no meio, um no lado direito e outro do lado esquerdo do furo do meio. Além disso, é recortado a folha de alumínio em dois pedaços de 1cm x 1cm cada, esses pedaços são colados com cola quente próximos dos furos

do lado esquerdo e direito de forma que seja possível, com a movimentação das folhas de alumínio, cobrir os furos. Esses pedaços de folha de alumínio servirão como válvulas, deixando ou não o ar passar pelos furos, dependendo do movimento da haste, o resultado desse processo é mostrado na Fig. 5.

Depois disso é colocado a haste no furo do meio. Fixado com cola quente como é visto na Fig. 6.



Fig. 5: Válvulas feitas no recorte do Fundo do Pote de Plástico.



Fig. 6: Fixação da Haste de Madeira no Fundo do Pote de plástico.

Na tampa é necessário fazer um furo também no meio, e então passar por cima um pedaço de um dos balões, servindo como mais uma válvula impedindo que o ar volte para a garrafa depois de passar pelo furo, como é visto na Fig 8 e 9.

Para isso primeiramente fazemos um furo no meio da tampa e então é preciso fixar um pedaço de balão por cima do furo de forma firme. É complicado fixar o pedaço do balão na tampa com cola quente por isso o interessante utilizar outros meios fazer o que é proposto, para superar essa dificuldade, foi recortado a parte de baixo de um dos balão como mostrado abaixo.



Fig. 7: Recorte feito em um Balão de Borracha e Furo feito na Tampa da Garrafa.

Com essa parte de baixo do balão, parte de baixo recortada do balão, a tampa é encoberta. como mostrado nas Figuras 8 e 9.

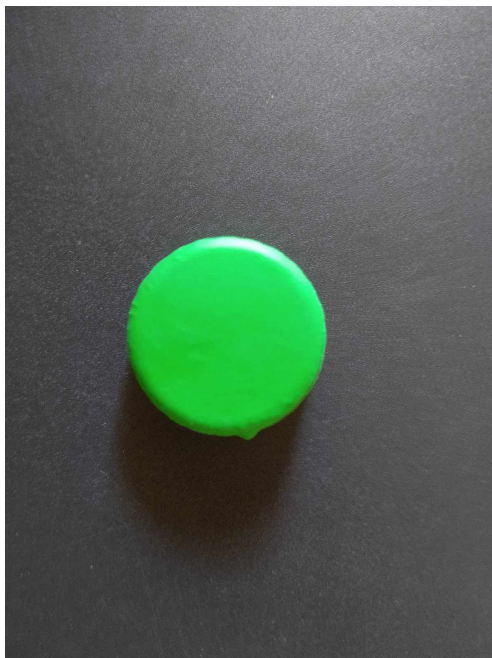


Fig. 8: Tampa encoberta pela Balão visto por Cima



Fig. 9: Tampa encoberta pelo Balão visto por Baixo

Após isso, é preciso esticar o balão para algum lado até que a parte de cima da tampa fique parcialmente coberta, como na Figura 10, esticando ainda o balão, a tampa é enroscada na garrafa. Desta maneira o balão fica firme servindo como a válvula proposta, que permite o ar sair da garrafa mas não entrar pelo furo. Por cima da válvula é colocado o outro balão de borracha que ainda não foi usado, como mostrado na Figura 11.



Fig. 10: colocação da tampa na garrafa, com o recorte do balão servindo como válvula.



Fig.11: O Segundo Balão é colocado por Cima da Válvula feita na Tampa

Para finalizar é encaixado a parte do fundo do recipiente de plástico e da haste de madeira no interior da garrafa, como na Figura abaixo.

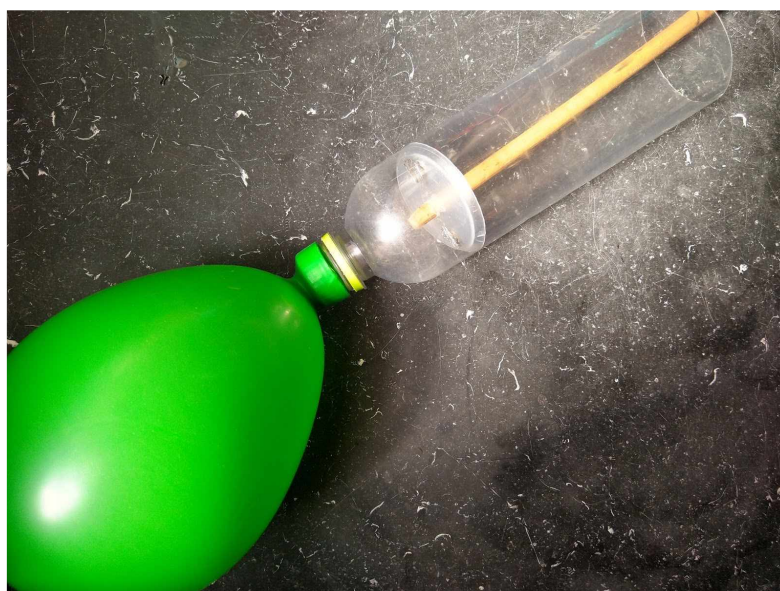


Fig.12: Haste colocado no interior da garrafa

Utilização:

Com o movimento de vai e vem da haste será observado que o balão se encherá de ar que não voltará para a garrafa, ou seja não sairá ar do balão, com um pouco de tempo é observado a bexiga se esvaziando mas numa velocidade que não interfere no propósito que é fazer uma analogia com os diodos. Nessa analogia o ar seria os elétrons.

Quadro 1 - Estrutura da primeira atividade.

Atividade 1: válvula termiônica na história da computação.
Objetivos: ● Conhecer o efeito termiônico. ● Compreender o funcionamento das válvulas termiônicas, mas principalmente o efeito central das válvulas termiônicas, a unidirecionalidade da corrente. ● Perceber a importância das válvulas termiônicas no passado e a diversidade das tecnologias construídas a partir dos semicondutores nos dias atuais.
Recursos didáticos : ● Materiais utilizados no Experimento 1: ○ Uma garrafa. ○ 2 balões. ○ folha de alumínio. ○ pote de plástico. ○ cola quente. ○ tesoura ou estilete ● imagem didática de válvulas diodo colocada no desenvolvimento do tema.
Desenvolvimento do tema: ● Realizar o experimento 1, demonstrando a unidirecionalidade do ar. ● Explicar o que é o efeito termiônico. ● usando a Figura 13 e as analogias que podem ser feitas pelo experimento 1 (Fig 14) explicar o que é uma válvula diodo.

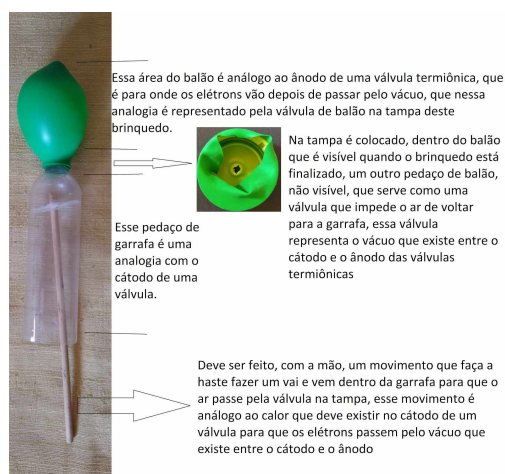


Fig.13 Explicação das analogias entre o brinquedo do experimento 1 e as válvulas.

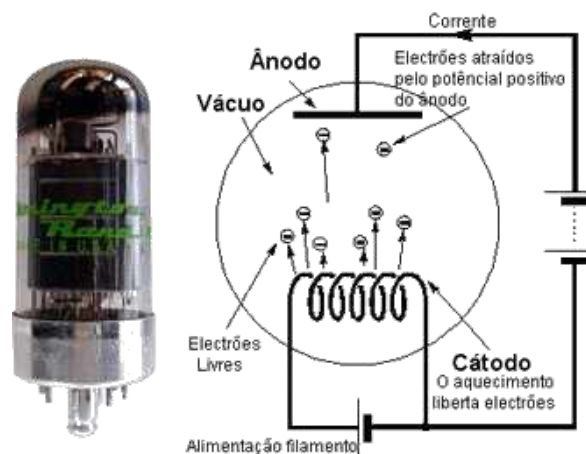


Fig.14 Imagem didática de uma válvula termiônica.

- Assistir o Vídeo “Evolução dos computadores-GERAÇÃO ZERO” disponibilizado na plataforma youtube.com, demonstrando a importância que as válvulas tiveram e a importância que os transistores têm até hoje. Essa ideia de explicar o funcionamento dos transistores deixa os alunos mais interessados nos próximos temas.
- Falar rapidamente que, além dos transistores, os LEDs, células solares, alguns lasers também usam tecnologias parecidas, tem o mesmo fundamento por trás. Que fundamento é esse? Essa é uma pergunta instigadora, sendo aqui o primeiro momento pedagógico.

Considerações sobre a aula:

Os alunos convivem diariamente com tecnologias que utilizam semicondutores, mas, na maioria dos casos, não sabem que esses materiais existem e nem onde são utilizados. Isso acontece porque na maioria dos casos as tecnologias que utilizam transistores por exemplo são usados no interior de outras aplicações, computadores, que essas sim são bem vivenciadas pelos alunos. Por esse motivo, é difícil encontrar uma forma de aplicar o primeiro momento pedagógico diretamente sobre o assunto semicondutores de forma que faça sentido para os alunos. Isso levou a propor uma aula introdutória, que é a atividade 1, tornando, no final,

possível uma aplicação do primeiro momento pedagógico mais significativa para os alunos. O primeiro momento pedagógico nesta atividade foi aplicada ao levar para os alunos a questão “além dos transistores, os LEDs, células solares, alguns lasers também usam tecnologias parecidas, tem o mesmo fundamento por trás. Que fundamento é esse?”, que é uma pergunta que faz os alunos refletirem sobre o tema e sobre a vida cotidiana deles, quando pensam nas tecnologias citadas, que estão a volta de todos.

Nesta aula introdutória foi utilizado propostas CTS para que os alunos reconheçam a importância desse conteúdo em sua vida, como é o caso do vídeo e do desenvolvimento do conteúdo das válvulas, que nos dois casos possuem conteúdos bastante históricos, ajudando na introdução ao tema semicondutores.

Como foi dito as válvulas têm um funcionamento que deixam os alunos confusos por isso o experimento mostrado foi escolhido pensando em fazer uma analogia visual com os diodos e várias são essas comparações que podem ser feitas. Não só o ar pode ser comparado aos elétrons, mas também, a mão da pessoa movimentando a haste pode ser comparado ao calor que libera os elétrons do cátodo. Também é possível comparar a parte da garrafa ao cátodo e o balão ao ânodo. Assim também o espaço vazio do diodo, entre o cátodo e o ânodo, pode ser comparado a válvula de balão na tampa da garrafa, quanto mais analogias o professor fizer, mais alunos poderão compreender a proposta.

Quadro 2 - Estrutura da segunda atividade.

Atividade 2: Os materiais semicondutores.
Objetivos: ● Montar os grupos e estabelecer os temas da apresentação que será feita na 5ª aula. ● Adquirir o conceito de material semicondutor.
Recursos didáticos : ● Tabela de materiais e suas resistividades.
Desenvolvimento do tema: ● Dividir a turma em quatro grupos, e separar para cada grupo um tema: ○ Apontador laser,

- LED,
- Transistor,
- Células fotovoltaicas.

O professor deve dizer que todos esses temas estão relacionados com diodo. (Para que não aconteça dos grupos não pesquisarem como o diodo se relaciona com os temas, o que é bem provável no grupo das células fotovoltaicas. Os grupos irão pesquisar sobre os temas e fazer uma apresentação na 5ª aula.

- De maneira dialogada revisar conceitos como, materiais condutores, isolantes, resistência, resistividade elétrica e apresentar o conceito de material semicondutor:

Começando com a revisão o professor pergunta para os alunos o que é material condutor e onde é usado? Este é um conceito que já foi apresentado aos alunos anteriormente, por que essa é uma proposta que deve ser apresentado após os estudantes já terem visto conceitos como condutor e semicondutor, por esse motivo, alguns alunos conseguirão responder com relativa facilidade, dizendo que, por exemplo, materiais condutores são aqueles materiais que conduzem eletricidade.

Logo depois de fazer as considerações que o professor achar necessário sobre a questão anterior o professor faz a pergunta o que é “conduzir eletricidade?” Dependendo da resposta que os alunos apresentarem na questão anterior, com essa pergunta o professor tem a oportunidade de achar a relação da resposta dos alunos com corrente elétrica, transporte de elétrons e dar exemplos. O professor faz neste momento uma distinção entre corrente elétrica e energia elétrica, principalmente ao fato de que um consumo de energia elétrica não quer dizer um consumo de corrente.

Então o professor questiona, mas todo material conduz corrente? Os alunos, por já terem contato com o conteúdo se lembrarão dos isolantes, logo depois o professor pede exemplos de isolantes.

Neste momento o professor pergunta e os semicondutores, falado na aula passado, conduzem ou não corrente? Pelo nome os estudantes não terão dificuldades de perceber que são materiais que têm propriedades intermediárias e isso virá nas respostas.

Com estas perguntas o professores têm a oportunidade de apresentar o conceito de materiais semicondutores, apresentando o silício como principal semicondutor na tecnologia e onde encontrá-lo na natureza, na areia principalmente, enfatizando que os dispositivos apresentados no início da aula são feitos desses materiais.

Depois da apresentação dos semicondutores o professor questiona, como é medido se um material é condutor, isolante ou semicondutores? Essa questão, provavelmente, os alunos terão um pouco de dificuldade para responder, de lembrar o conceito de resistividade. Mas com essa questão o professor levanta esse conteúdo e o revisa.

- Levar a tabela 1 para ser preenchida pelos alunos.

Tabela 1

Material	Resistividade (Ωm)	Classificação
Prata	1.59×10^{-8}	Condutor
Cobre	1.72×10^{-8}	Condutor
Ouro	2.44×10^{-8}	Condutor
Ferro	1.0×10^{-7}	Condutor
Carbono	3.5×10^{-5}	Condutor
Germânio	4.6×10^{-1}	Semicondutor
Silício	6.4×10^2	Semicondutor
Vidro	10^{10} a 10^{14}	Isolante
Enxofre	10^{15}	Isolante
Teflon	10^{22} a 10^{24}	Isolante

Tabela 1. Tabela para ser entregue para os alunos preencherem a parte azul, que deve estar em branco quando os alunos preencherem

A parte em azul deve ser apagada para ser entregue para os alunos, desta maneira a parte azul é a parte que deve ser preenchida pelos alunos, que estará apagada quando estiver com eles.

- Pedir para os alunos levarem na próxima aula caixas, ou recipientes de outros formatos, e uma folha A4 para realização de uma dinâmica no início da próxima aula.

Considerações sobre a aula:

Foi escolhido passar esses temas para a apresentação nesta aula por dois motivos, para os alunos terem o máximo de tempo para pesquisarem sobre os temas e para fazê-los perceberem que não será ensinado algo que está fora da realidade deles.

A escolha de uma aula dialogada para a revisão foi obtida do exemplo observado em um dos referenciais teóricos (Miranda da Rocha, 2019). Neste trabalho foi usada a aula dialogada para apresentar o conceito de semicondutores e obtiveram um bom resultado, com isso foi decidido adaptar a aula dialogada para a revisão da atividade 2 deste trabalho.

Aqui nesta aula foi começado o segundo momento pedagógico, a organização do conhecimento, que se desenrola na atividade 5.

Quadro 3 - Estrutura da terceira atividade

Atividade 3: O porquê de alguns materiais serem condutores, outros isolantes e outros semicondutores.

Objetivos:

- Conhecer os níveis quânticos de energia
- Conhecer o que são as bandas de energia e sua relação com as propriedades dos materiais.

Recursos didáticos :

- Caixa retangular
- folha A4

- 2 imagens didáticas para a ilustração de bandas de energia colocadas no desenvolvimento do tema.

Desenvolvimento do tema:

- Fazer a adaptação da dinâmica chamada de Cadeira de Piekara.
 - Pedir para os alunos pegarem os recipientes que trouxeram e comecem a olhar as posições de equilíbrio dos recipientes. Enquanto isso o professor faz o mesmo com algum objeto, colocando de cabeça pra baixo, em pé, de lado (como nas imagens 14 e 15).
 - Depois, marcar na folha A4 a altura de um ponto de referência do objeto, (ponto de altura máxima, centro de massa, etc) de cada posição de equilíbrio do objeto (na figura 16 foi marcado a altura do centro de massa das diferentes posições da cadeira, a marcação I é a altura do centro de massa da cadeira na posição da figura 14 e a marcação II é a altura do centro de massa da cadeira na posição da figura II)

Marcando cada altura encontrada, um desenho análogo aos das figuras 14, 15 e 16 irá aparecer.

Sem nenhuma dificuldade os alunos percebem que os seus desenhos servem para identificar diferentes posições do recipiente e diferentes recipientes quando comparamos um desenho com outro, nas figuras abaixo é mostrado uma ilustração com uma pequena cadeira, que é colocado em várias posições de equilíbrio, e para cada posição de equilíbrio foi marcado na folha A4 a altura do centro de massa.



- Explicar que assim como existem alturas específicas para cada objeto os elétrons também só podem ficar em regiões específicas dentro dos átomos e em cada átomo essas regiões são diferentes, falar também que cada posição está relacionada a uma quantidade de energia, assim os níveis de energia são a melhor maneira de descrever o mundo atômico porque não é fácil ver átomos ou medi-los ou fazer a fotografia deles.

Fig. 14

Fig. 15

Fig. 16

Fig.14, 15 e 16: Marcações de altura de um ponto de referência (nesse caso, centro de massa) de uma cadeira, para diferentes posições da cadeira.

- Mostrar que a camada de valência dos átomos se “unem” quando temos uma estrutura de átomos, essas imagens vão ajudar a exemplificar:



Fig.17: ilustração das camadas de valência de átomos separados (lado esquerdo) e unidos (lado direito)

Vemos neste exemplo, do lado esquerdo dois átomos, representados pelas suas camadas de valência, que quando unidos essas camadas de valência encobrem todos os dois átomos, como mostrado do lado direito.

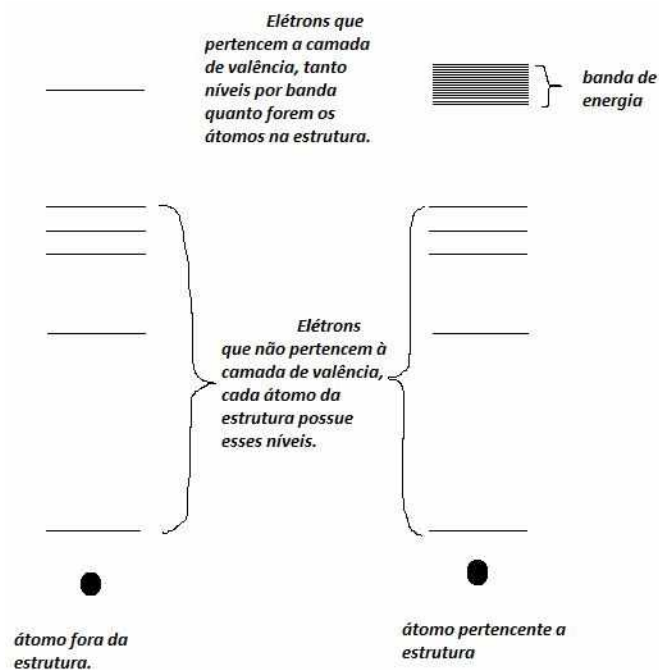


Fig. 18: níveis de energia de um átomo dentro e fora de uma estrutura.

A Fig. 18 resgata a analogia com os níveis de altura das caixas, assim as bandas de energia seriam um ajuntamento dos alturas máximas de várias caixas(átomos).

- Apresentar as bandas de condução, apenas falando que é a banda que fica acima da banda de valência.
- Descrever que a propriedade isolante, condutor e semicondutor do material depende do tamanho do espaço entre a banda de valência e a banda de condução, mostrando que para um material conduzir eletricidade, os elétrons tem que ter energia o suficiente para sair da banda de valência para a banda de condução. Comentando que todo material poderia conduzir eletricidade, mas se a distância for muito grande a energia necessária destruiria o material, no caso dos isolantes. Já os condutores tem um espaço pequeno, ou nem tem, entre essas bandas. Também comentar que os semicondutores possuem um espaço nem tão grande, nem tão pequeno, sendo condutor em alguns casos e semicondutores em outros casos, dependendo da energia.

Considerações sobre a aula:

Apesar da quantidade de conteúdo apresentado nesta aula ter sido bem densa, fica claro que existem muitas coisas que não foram apresentadas sobre o tema desenvolvido. Contudo temos nessa aula a quantidade de conteúdo necessária para completar a apresentação dos próximos conteúdos, além disso um aprofundamento maior no tema não seria viável, pelo tempo disponível.

No início da atividade foi colocado uma adaptação de um método chamado Cadeira de Piekara descrito por (Golab-Meyer, 1991), que é uma analogia feita dos níveis de energia quânticos, esse método consegue descrever como podemos diferenciar diferentes átomos e outras estruturas moleculares a partir dos seus níveis de energia o que a primeira vista é bastante abstrato, mas se torna simples com o método da Cadeira de Piekara. Além disso essa é apenas a parte do método utilizado neste trabalho por que ele também pode ser utilizado para explicar degenerescência, níveis estáveis e instáveis, emissão de fótons entre outras coisas, que não cabe falar aqui.

O texto do GREF chamado tamanhos são documentos pode auxiliar no desenvolvimento do tema, deixado aqui como texto complementar, desta maneira se caso houver a necessidade pode utilizá-lo, mas não foi deixado como principal por que Giarola Alves (Giarola Alves, 2017), que utilizou esse texto em sua apresentação, constatou que o texto não trouxe significado para os alunos, por isso nesta proposta este texto não foi utilizado como texto principal.

Quadro 4 - Estrutura da quarta atividade.

Atividade 4: Dopagem de semicondutores.
Objetivos: ● Conhecer do que são feitos os diodos e transistores. ● Compreender o efeito da dopagem dos semicondutores.
Recursos didáticos : ● simulador chamado semicondutores encontrado em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/semiconductor ● imagens didáticas de estrutura de silício dopado.

Desenvolvimento do tema:

- Relembrar os alunos o que foi feito na aula anterior e dizer que nesse aula será vista como os semicondutores são utilizados nas aplicações já faladas nas aulas anteriores.
- Mostrar a estrutura cristalina do silício e do silício dopado, explicando o que é dopagem, utilizar as imagens de estrutura de silício dopado e não dopado.
- Com o simulador “semicondutores” do PHET explicar:
 - que os semicondutores encontrados naturalmente, semicondutores intrínseco, não conduzem eletricidade;
 - o efeito da dopagem dos semicondutores;
 - o que é um diodo e seu funcionamento.
- Relembrar os alunos que a energia do elétron está relacionado com a posição do elétron, já perguntando o que acontece com a energia faltando dos elétrons que saem do semicondutor tipo N para o tipo P.
- Lembrando a analogia feita na aula anterior com a caixas, colocar uma mesa apoiada sobre dois pés e deixar cair, observando o efeito de liberação de energia em forma de som, assim explicando que a energia faltando quando os elétrons saem do semicondutor tipo N para o tipo P é liberada.
- Após explicar esse efeito será feito uma ligação com os LED's, laser diodos e células solares. Mas será somente um pequeno apontamento a esses temas porque os alunos farão uma apresentação sobre esses temas na próxima aula.

Quadro 5 - Estrutura da quinta atividade.

Atividade 5: apresentação e início da construção de células fotovoltaicas.

Objetivos:

- Fazer as apresentações sobre os temas apresentados na atividade 2.
- Receber instruções sobre a construção da célula fotovoltaica caseira que será construída nas próximas aulas e os materiais necessários.

Recursos didáticos :

- material usado pelos alunos nas apresentações.

Desenvolvimento do tema:

- Os alunos irão fazer as suas apresentações, enquanto isso o professor irá fazer as considerações que achar relevantes
- Falar sobre a construção do circuito que os alunos farão na próxima aula. Pedindo para que cada grupo traga na próxima aula os materiais necessários:
 - Uma bateria 9V
 - Um LDR
 - 3 LEDs (No experimento é utilizado apenas um, mas é recomendável pedir para cada grupo trazer 3 LEDs, por que durante a construção do circuito facilmente os alunos podem queimar os LEDs, por causa da tensão da bateria.
 - Um resistor 4,7K Ohms
 - 80cm de fio de cobre.
 - um pedaço de papelão ou capa de caderno de 2x4cm.

Avaliação:

As apresentações serão usadas como avaliação.

É interessante após todo esse conhecimento mais teórico, os alunos utilizarem os materiais semicondutores de maneira mais concreta em algum experimento. Aproximando mais o conteúdo da vivência dos alunos. É importante a experimentação por que este trabalho tem como objetivo construir uma sequência didática próxima do cotidiano dos alunos. A não experimentação prática pode deixar os alunos com a antiga sensação de que as aulas de física estão fora de suas realidades.

Desta maneira na atividade 6 os alunos construirão um circuito bem simples análogo ao utilizado nos postes de luz, esse experimento é descrito abaixo:

Experimento 2

O Experimento 2 é a construção de um circuito utilizando um LDR que será utilizado na atividade 6.

O circuito construído é este na figura 19.

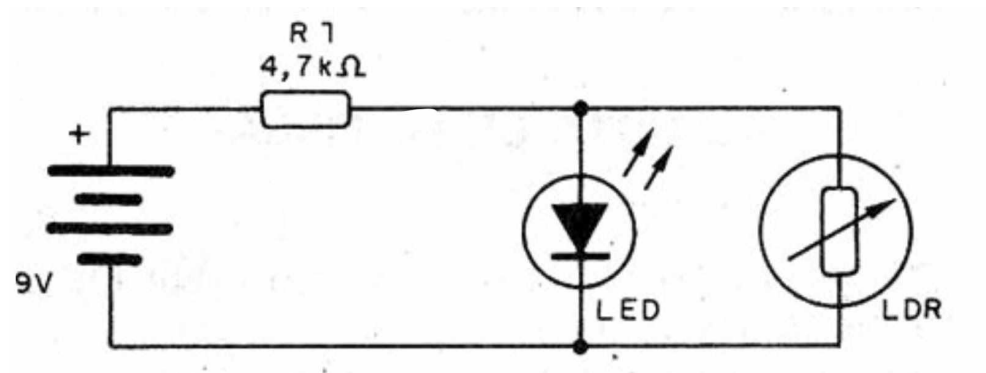


Fig. 19: Circuito montado no Experimento 2.

Montagem Experimental:

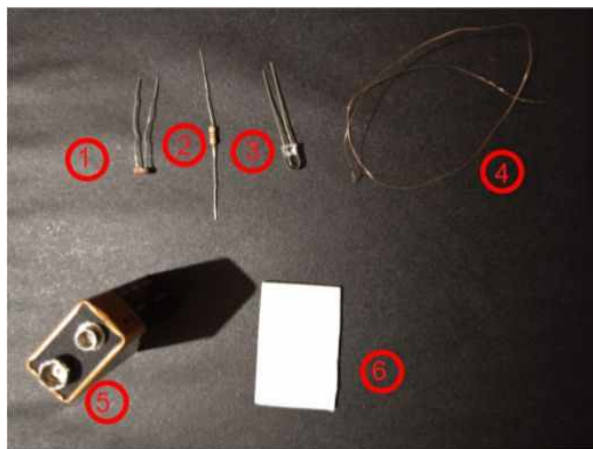


Fig. 20: Materiais utilizados no Experimento 2. A descrição detalhada dos mesmos encontra-se no texto abaixo

Nesse experimento são utilizados (cf Fig. 20):

- **5** - Uma bateria 9V
- **1** - Um LDRs

- 3 - LED
- 2 - Um resistor 4,7K Ohms
- 4 - 80cm de fio de cobre.
- 6 - um pedaço de papelão ou capa de caderno de 2x4cm.

Inicialmente são feitos 4 furos com a tesoura no papelão(ou capa de caderno), 2 na parte de cima separado por 2 mm, sendo a mesma coisa feita na parte de baixo, como visto na figura 21, nestes furos são colocados as entradas da LED e do LDR.

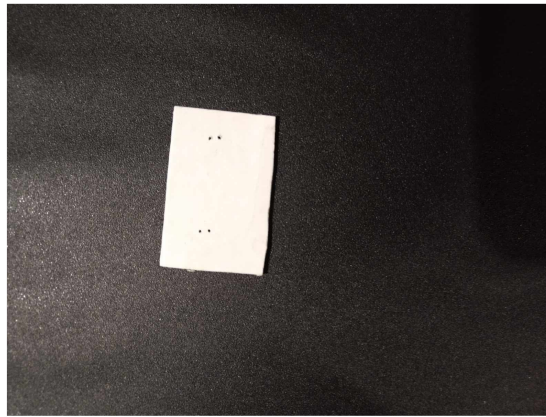


Fig. 21: Perfuração feita no papelão.

Com 2 pedaços de 20cm de fio de cobre o LED e o LDR são conectados em paralelo, de maneira que sobre fio de cobre para que seja conectado os outros materiais, como visto na Figura 22 e 23.

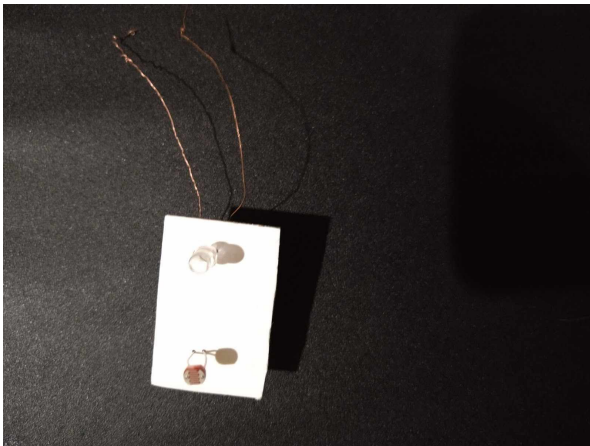


Fig. 22: LED e LDR conectados visto por cima.

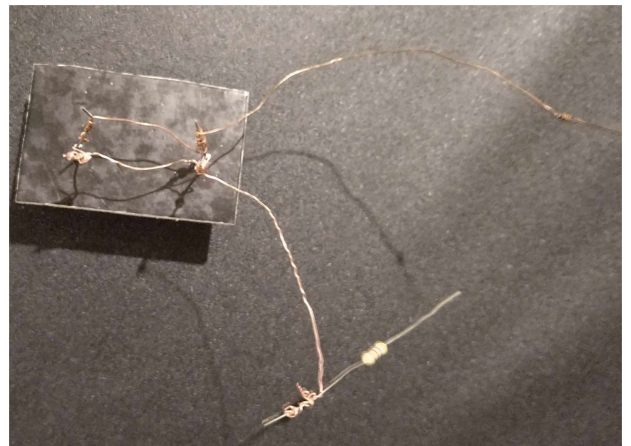


Fig. 23: LED e LDR conectados visto por baixo, com o LDR do lado esquerdo do pedaço de papelão e o LED do lado direito

Agora é preciso colocar o resistor, ele é conectado em um dos fios, não importa o lado, que sai da LED, como na Fig. 24.

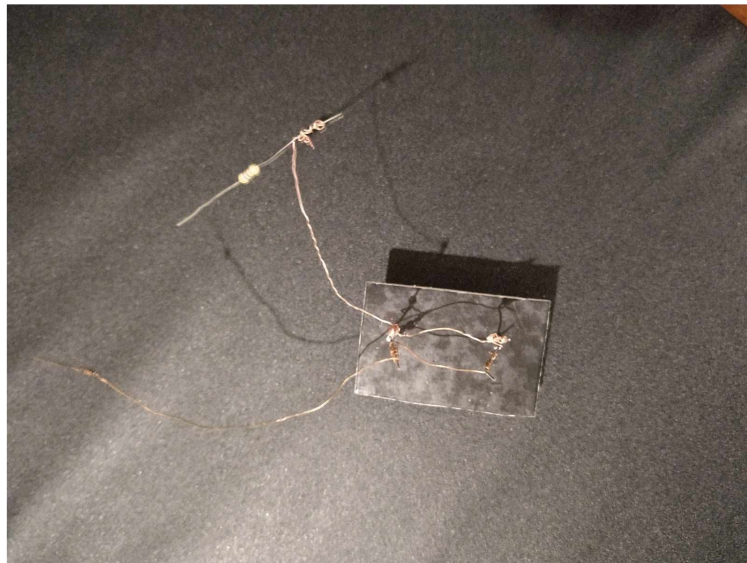


Fig. 24: Forma como o Resistor é conectado com a estrutura.

Por último é necessário colocar a bateria, mas antes disso são colocados dois pedaços de fio de cobre de 20 cm na bateria, um em cada terminal da bateria, como na Fig. 25, para fixar os fios, foi usado aqui fita crepe, mas também existe um clipe específico para fixar fios na bateria que podem ser usados.

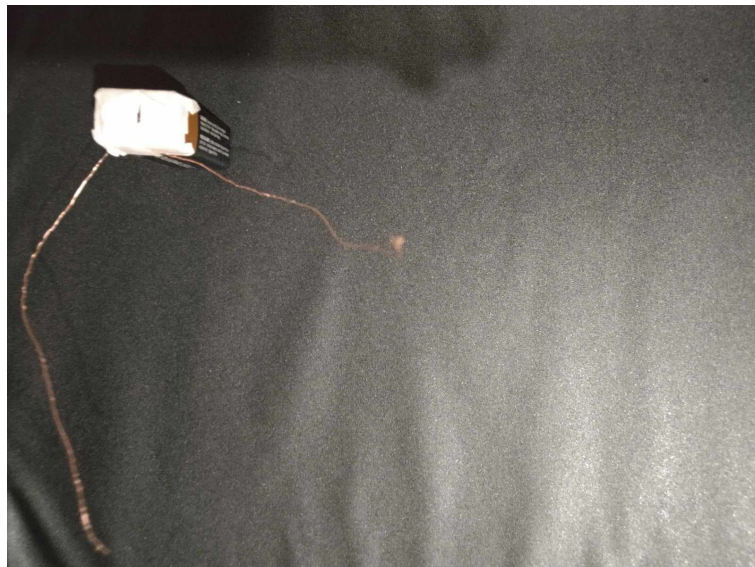


Fig. 25: Pedaços de Fio de Cobre conectados na Bateria.

Conectando o polo positivo da bateria com o polo positivo do LED, e o polo negativo da bateria com o polo negativo do LED, o resultado é como está na figura abaixo:

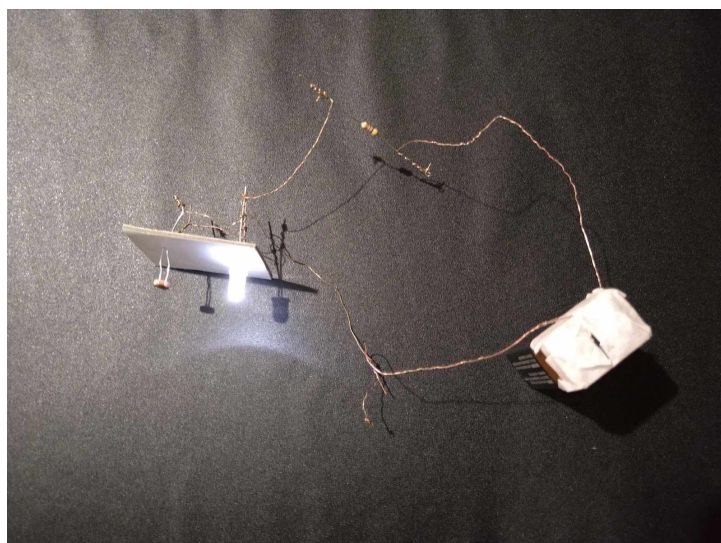


Fig. 26: Resultado final da construção do circuito.

Utilização:

O LDR é um sensor de luz, feito de um material semicondutor, o sulfeto de cádmio ou o sulfeto de chumbo, desta maneira é uma interessante aplicação que pode ser levada nas aulas sobre materiais semicondutores. O LDR pode ser utilizado de várias maneiras, aqui ele foi conectado de maneira que quando há muita luz no ambiente o LED irá desligar e quando a quantidade de luz no ambiente for baixa o LED irá ligar, assim como acontece com os postes de luz, a noite eles ligam e de dia as lâmpadas são desligadas.

O LDR aqui serve como um redirecionador de corrente, quando não há luz em direção a ele, a sua resistência elétrica aumenta, diminuindo a corrente que passa pelo LDR, assim a corrente fornecida pela fonte atravessa apenas o LED, ligando-o. Quando há luz em direção ao LDR, sua resistência elétrica abaixa, aumentando a corrente que passa por ele, não deixando corrente o suficiente para alimentar o LED.

O resistor é necessário para diminuir a corrente que passa pelo LED, se não houver o resistor, o LED queima por causa da voltagem da bateria. Mesmo se não queimasse o LED não deixaria de ligar, por que a corrente que passaria pelo LED seria muito alta mesmo com o desvio para o LDR. Mas o resistor pode ser substituído por dois LEDs ou por um LED e uma resistência de 470 Ohms, se caso o aplicador, o professor achar interessante ele pode substituir.

Quadro 6 - Estrutura da sexta atividade.

Atividade 6: construção de um circuito com LDR.
Objetivos: • construir um experimento com uso dos semicondutores.

Recursos didáticos :

- Material usado na construção do experimento 2.

Desenvolvimento do tema:

- O professor irá explicar o que é o LDR, que ele é feito de um material semicondutor e suas propriedades em relação a resistência.
- Os alunos irão construir juntamente com o professor o experimento 2.

Avaliação:

- Um questionário será dado aos alunos para que seja respondido extraclasse. Essa avaliação servirá como um feedback dos alunos sobre as experiências deles nessas 6 atividades.

As perguntas que estão nesta avaliação são

- 1) Quais foram, na sua opinião, os momentos mais interessantes nas aulas de semicondutores?
- 2) Cite tecnologias que, no seu conhecimento, utilizam materiais semicondutores, tecnologias citadas nas aulas e outras que talvez não foram, mas que você conheceu fora da escola.
- 3) Qual foi a sua maior dificuldade sobre as aulas de semicondutores?
- 4) Como foi para você montar o circuito com LDR?
- 5) Caso tenha algum comentário que queira fazer, deixe aqui.

5. Considerações Finais

Ao iniciar este trabalho, o objetivo era propor uma sequência didática que levasse os materiais semicondutores e sua vasta gama de aplicações para o ensino médio. Para isso foi necessário primeiro procurar por outras propostas de inserção deste conteúdo neste nível de ensino, constatou-se que a quantidade de textos sobre este assunto é relativamente pequena, o que é ruim levando em consideração o objetivo do ensino médio, que é também preparar os alunos para um mundo que é cada vez mais tecnológico. Algo de tamanha relevância no mundo não deveria ficar de fora das paredes da escola. Mesmo em livros didáticos muito pouco é comentado sobre o assunto(ou nada), na esmagadora maioria dos casos, como já foi visto.

Tentando criar uma proposta didática que esteja de acordo com métodos já utilizados no ensino de física, foi colocado momentos de CTS durante a sequência, principalmente nas atividades 1, com o momento histórico, 4, apresentação do diodo, 5, nas apresentação de várias aplicações dos semicondutores e 6 com a construção de um circuito análogo aos dos postes de luz. Nas outras duas atividades o aspecto mais teórico dificultou a colocação de momentos CTS.

Além disso, houve a tentativa de criar uma sequência com os três momentos pedagógicos, a primeira atividade foi feita tentando criar um primeiro momento pedagógico bem elaborado, e isso foi feito na colocação da pergunta instigadora, sendo a atividade 1 como o desenvolvimento dos conhecimentos necessários para ser realizado esse primeiro momento pedagógico no finalizar da aula com a pergunta. Das atividades 2 a 5 observa-se o segundo momento pedagógico, que é a organização do conhecimento, a aquisição dos conhecimentos necessários para que seja possível responder a pergunta instigadora. O terceiro momento pedagógico é realizado na atividade 6 com a aplicação, apresentação de uma aplicação dos materiais semicondutores, que a construção do circuito com LDR, é deixado aqui o comentário que a atividade 6 apesar de ser sim uma aplicação dos semicondutores observa-se que é uma aplicação um pouco deslocada do resto do conteúdo visto nas outras atividades. Assim esperamos que a sequência didática aqui desenvolvida possa ser utilizada em aulas no ensino médio, para trazer conhecimento, ainda que básico, sobre a natureza e possíveis aplicações de materiais semicondutores. Como subproduto deste procedimento

proposto gostaríamos de estimular a curiosidade dos estudantes sobre o tema, de modo a fazê-los buscarem por conta própria mais informações sobre ele.

Devido ao tempo escasso e outras circunstâncias, não foi possível realizar a aplicação desta proposta, é deixado a aplicação de trabalho em aberta para quem dizer realizá-lo.

6. Referências

ALVES, Andressa Giarola. **MATERIAIS SEMICONDUTORES: UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO MÉDIO**. 2017. Dissertação de Mestrado(Mestrado em Ensino de Física)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017. Disponível em:<http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/12749/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Materiais%20semicondutores%20-%20uma%20abordagem%20para%20o%20ensino%20m%C3%A9dio.pdf>. Acesso em 16 set 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Brasília/DF: MEC, SEF, 1998.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+Ensino Médio: Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília/DF: MEC, SEF, 2002.

CORRÊA, Ana Lúcia Lopes; De Araújo. **O conceito de cidadania em situações de ensino e aprendizagem na percepção de alunos de uma instituição pública federal de nível técnico**. São Paulo: Rev. Prod. Disc. Educ.Matem, v.3, n.1, pp.5-20, 2014. Disponível em:<<https://revistas.pucsp.br/pdemat/article/view/19396/14378>>. Acesso em 16 set. 2019.

CORREIA, E. S; DANTAS, J. M; Andrade, J. E. **Considerações acerca dos conceitos de condutores, isolantes e semicondutores nos livros de Ensino Médio sob um olhar da teoria de bandas de energia**. Marabá: Scientia Plena, 2017. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/312354459_Consideracoes_acerca_dos_conceitos_de_condutores_isolantes_e_semicondutores_nos_livros_de_Ensino_Medio_sob_um_olhar_da_teor%C3%ADa_de_bandas_de_energia>. Acesso em: 16 set. 2019.

CURY, Capobianco. **PRINCÍPIOS DA HISTÓRIA DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO, GRANDES INVENÇÕES**. Guarapuava: VIII Encontro Nacional de História da Mídia, 2011. Disponível em:<http://www3.eca.usp.br/sites/default/files/form/cpedagogica/Capobianco-Principios_da_Histria_das_Tecnologias_da_Informao_e_Comunicao_Grandes_Histrias_Principles_of_ICT_History.pdf>. Acessado em 11 out 2019.

DA SILVA, Noel Alves; VASCONCELOS, Tomas Noel Herrera. **CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE A PARTIR DO ESTUDO DOS SEMICONDUTORES NO CONTEXTO DO ENSINO MÉDIO**. São Paulo: Anais do Encontro de Produção Discente PUCSP/Cruzeiro do Sul, p. 1-6, 2014. Disponível em:<<http://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/epd/article/view/964/771>>. Acesso em 16 set. 2019.

DA ROCHA, José Miranda. **UMA ELETRODINÂMICA PARA A ERA DIGITAL: A FÍSICA DOS SEMICONDUTORES E A REVOLUÇÃO DO USO DE LEDS NA ILUMINAÇÃO**. 2019. Dissertação de Mestrado(Mestrado em Ensino de Física)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em:<https://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2019_Jose_Rocha/dissertacao_Jose_Rocha.pdf>. Acesso em 16 set. 2019.

DE ARAÚJO, Laís Baldissarelli; NIEMEYER, Jiane; MUENCHEN, Cristiane. **Os Três Momentos Pedagógicos (3MP) nos trabalhos apresentados nos Simpósios Nacionais de Ensino de Física (SNEFs): um primeiro olhar.** Águas de Lindóia: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013. Disponível em:<<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R1003-1.pdf>>. Acesso em 16 set de 2019.

DE OLIVEIRA, Fabio Ferreira; Vianna; DEISE, Miranda; GERBASSI, Reuber Scofano. **Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores.** Rio de Janeiro: Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n3/a16v29n3.pdf>>. Acesso em 16 set. 2019.

DOS SANTOS, Wildson Luiz Pereira; MORTIMER, Eduardo Fleury. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira.** Belo Horizonte: Rev. Ensaio, v.02, n.02, p.110-132 2002. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/epec/v2n2/1983-2117-epec-2-02-00110.pdf>>. Acesso em 16 set. 2019.

E PAULA, Helder de Figueiredo; ALVES, Esdras Garcia. **UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO SOBRE DISPOSITIVOS CONDUTORES E SEMICONDUTORES DE NOSSO DIA A DIA.** Belo Horizonte: 2007. Disponível em:<<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0397-1.pdf>>. Acesso em 16 set. 2019.

FREITAS, Frederico Campos; DE OLIVEIRA, Adilson Jesus Aparecido. **O uso de vídeos curtos para ensinar tópicos de semicondutores.** São Carlos: Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 3, p.3502, 2015. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v37n3/0102-4744-rbef-37-3-3502.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2019.

GIEHL, Leidi Katia; ZARA, Reginaldo Aparecido. **OFICINA DIDÁTICA SOBRE SEMICONDUTORES E SUAS APLICAÇÕES SOB A ESTRATÉGIA DE ABORDAGEM MULTIRREPRESENTACIONAL.** Foz do Iguaçu: Experiências em Ensino de Ciências, v.14, n..2, 2019. Disponível em:<http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID606/v14_n2_a2019.pdf>. Acesso em 16 set. 2019.

GOLAB-MEYER, Zofia. **“Piekara’s Chair”: Mechanical Model for Atomic Energy Levels.** Cracow, The Physics Teacher, 1991.

J. CHIQUIT, Lanciotti Jr. **O TRANSISTOR, 50 ANOS.** São Carlos, 1998. Disponível em:<http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/veiculos_de_comunicacao/ENF/ENF20N4/ENF20N4_02.PDF>. Acessado em 13 out 2019.

KITSCH, Linton J. **FATHER OF RADIO: THE AUTOBIOGRAPHY OF LEE DE FOREST.** Chicago: Wilcox Follett, 1950. Disponível em:<<https://www.americanradiohistory.com/Archive-Bookshelf/Biography/Father-of-Radio-Autobiography-of-Lee-de-Forest-1950.pdf>>. Acesso em 11 out. 2019.

MUENCHEN, Cristiane; DELIZOICOV, Demétrio. **Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro “Física”**. Bauru: Ciênc. Educ, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v20n3/1516-7313-ciedu-20-03-0617.pdf>>. Acesso em 16 set. 2019.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. **ATUALIZAÇÃO DO CURRÍCULO DE FÍSICA NA ESCOLA DE NÍVEL MÉDIO: UM ESTUDO DESSA PROBLEMÁTICA NA PERSPECTIVA DE UMA EXPERIÊNCIA EM SALA DE AULA E DA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES**. Florianópolis: Cad.Cat.Ens.Fís, v. 18, n. 2: p. 135-151, 2001. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6676/6144>>. Acesso em 16 set. 2019.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. **UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE A ÁREA DE PESQUISA “FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO”**. Porto Alegre: Investigações em Ensino de Ciências, v.5, n. 1, 2000. Disponível em <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/600>>. Acesso em 16 set. 2019.

PINTO, Sabrine Lino; VERMELHO, Sônia Cristina Soares Dias. **Um panorama do enfoque CTS no ensino de ciências na educação básica no Brasil**. Florianópolis: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2017. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1186-1.pdf>>. Acesso em 16 set de 2019.

RICARDO, Elio Carlos. **EDUCAÇÃO CTSA: OBSTÁCULOS E POSSIBILIDADES PARA SUA IMPLEMENTAÇÃO NO CONTEXTO ESCOLAR**. Paris: Ciência & Ensino, v. 1, número especial, 2007. Disponível em: <<http://200.133.218.118:3535/ojs/index.php/cienciaeensino/article/viewFile/160/113>>. Acesso em: 16 set. 2019.

RODRIGUES, Espedito. **UMA PROPOSTA DE ENSINO DE SEMICONDUTORES NO ENSINO MÉDIO**. 2016. Dissertação de Mestrado(Mestrado em Ensino de Física)- Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/6375/5/Dissertação%20-%20Espedito%20Rodrigues%20-%202016.pdf>>. Acesso em 16 set. 2019.

SANCHES, Mônica Bordin. **A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO: QUAL SUA PRESENÇA EM SALA DE AULA?**. 2006. Dissertação de Mestrado(Mestrado em Ensino de Física), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006. Disponível em: <<http://cienciaematematica.vivawebinternet.com.br/media/dissertacoes/ebfe6be3619c755.pdf>>. Acesso em 16 set. 2019.

SOUZA, José Ricardo Patrício da Silva. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: Conceitos e Aplicações para o Ensino Médio**. 2016. Dissertação de Mestrado(Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2016. Disponível em:<http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacao_JoseRicardo.pdf>. Acesso em 16 set. 2019.

COPELLI, et al. **TAMANHOS SÃO DOCUMENTOS**.1998. Texto didático do GREF(Grupo de Reelaboração do Ensino de Física) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. Disponível em:<<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro5.pdf>>. Acessado em 16/11/2019.

TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. **A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO DE FÍSICA NA ESCOLA DE 2º GRAU**. Florianópolis: Cad.Cat.Ens.Fís, v.9, n.3: p.209-214, 1992. Disponível em:<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/7392/6785pdf>>. Acesso em 16 set. 2019.

TEXEIRA, Moraes Almeida. **ASPECTOS HISTÓRICOS, SOCIOCULTURAIS E TECNOLÓGICOS DO RÁDIO E A EDUCAÇÃO**. Florianópolis, 2014. Disponível em:<<https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/204768/2/Pos%20Midias%20-%20Aspectos%20Historicos%20-%20MIOLO.pdf>>. Acessado em 10 out 2019.

Anexo

Teoria de Bandas

A Física Quântica explica o comportamento energético das partículas que fazem parte de um átomo, através de suas funções de onda e da característica ondulatória do elétron. Entretanto, a matéria não se encontra na natureza em seu estado atômico, mas em grandes massas sólidas, líquidas ou gasosas.

A Quântica define que um elétron em um átomo pode assumir níveis discretos de energia, "saltando" de um nível para outro, descreve quais são esses níveis de energia, então podemos saber por exemplo, que em um átomo de hidrogênio, os elétrons ocupam estados de níveis energias específicos e quais níveis são esses.

Quando os átomos de um determinado sistema estão consideravelmente distantes uns dos outros, podemos admitir que os níveis de energia de cada átomo permanece sem alteração, agindo como se o átomo estivesse isolado no universo. Mas se a distância entre eles for melhor que o raio atômico, que é o caso dos materiais sólidos, os elétrons, pertencentes a esses átomos, interferem entre si, ou seja, as funções de onda que descrevem os elétrons individuais se superpõem, somam-se, resultando no desdobramento em mais níveis de energia possíveis. Consequentemente, um dado nível de energia do sistema é desdobrado em vários níveis de energia distintos, é transformado em tanto quanto forem os átomos pertencerem a estrutura do sólido. No gráfico abaixo é mostrado como é esta transformação dos níveis de energia para o caso de um sistema de seis átomos.

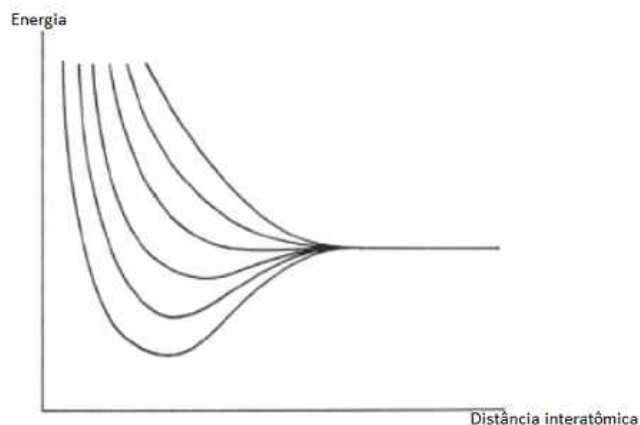


Figura 27: Esquema do desdobramento de um nível de energia num sistema de seis átomos, em função da separação R entre átomos.

Quando a quantidade de átomos na estrutura é muito grande, por exemplo da ordem de 10^{23} , a quantidade de níveis de energia que surgem é também dessa ordem o que deixa a diferença entre os níveis de energia muito pequena, e para fins práticos, essa região é considerada como tendo um contínuo de energia, chamada de banda de energia.

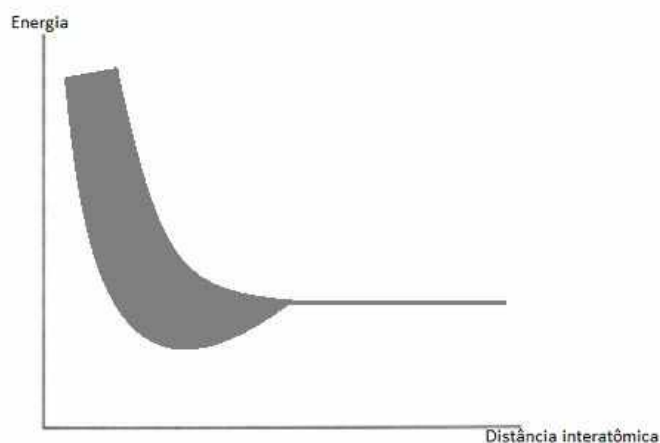


Fig. 28: Energias de uma banda de energia em relação a distância interatômica.

Uma maneira de representar o que acontece é a forma como está na figura na Fig.18, com cada linha representando um nível de energia de um átomo. Uma coisa importante de lembrar aqui é que não são todos os níveis de energia formam bandas em um estrutura

atômica de um sólido, somente aqueles que participam da camada de valência formam bandas, por que são eles que participam das ligações químicas.

Com considera-se que as bandas são regiões contínuas de energia é mais interessante representar como na figura abaixo:

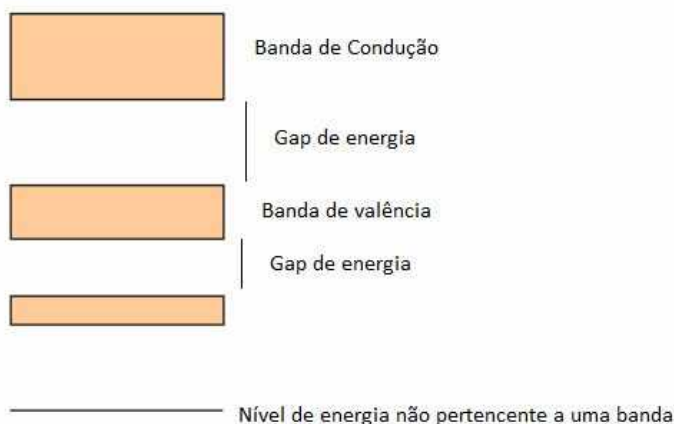


Fig. 29: Ilustração das Bandas de Energia formados uma estrutura de muitos átomos.

Cada estrutura sólida, possui uma quantidade de bandas de energia, dizemos que a última banda de energia que contém elétrons de banda de valência, a banda de energia que vem acima da banda de valência, que está vazia a 0 kelvin, de banda de condução, também existem os gaps que são níveis de energia onde os elétrons não ocupam, para cada material os tamanhos dos gap diferem de material para material em alguns casos, alguns desses gaps nem existem.

Aqui já é possível falar o que determina se um material é condutor, isolante ou semiconductor, a imagem abaixo ilustra bem:

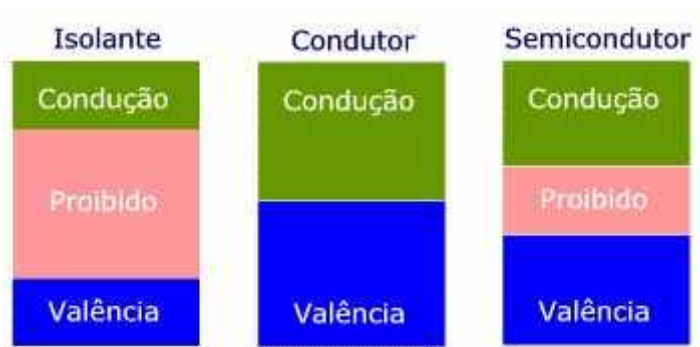


Fig.30: Ilustração da Variação entre os Gaps dos Materiais Condutores, Isolantes e Semicondutores.

Quando o Gap entre a banda de valência e banda de condução é muito grande, os elétrons que estão na banda de valência precisam ganhar muita energia para conseguir superar o gap e ir para a banda de condução, e por causa disso, os elétrons não fazem esse salto em condições ambiente, na verdade, este gap pode ser muito grande, desta maneira é necessário dar tanta energia aos elétrons para acontecer esse salto que o material acaba queimando e sendo destruído se o gap for muito alto. Então esse material é considerado isolante por que os elétrons só se movem, na estrutura, em níveis de energia que não existem outros elétrons, ou seja, enquanto os elétrons estiverem na banda de valência eles não passam entre um átomo e outro e como a energia para os elétrons passarem para a banda de condução, que é onde existem níveis de energia vazios, é muito grande, o material acaba por ser um isolante.

Já os condutores não possuem esse gap, e por muitas vezes a banda de condução acaba por sobrepor alguns níveis da banda de valência, com isso os elétrons não precisam adquirir quase nenhuma energia para conseguir dar um salto para um nível sem elétrons, desta maneira esses elétrons “trafegam” pela estrutura com facilidade.

Os semicondutores possuem sim um gap, mas um gap pequena que pode ser ultrapassado com pequena energia, os semicondutores são isolantes a uma temperatura de 0 kelvin, isso porque, nessa temperatura, nenhum elétron tem energia pra ir para a banda de condução, mas com uma temperatura acima dos 0 kelvin alguns elétrons já conseguem ter energia, e quanto maior a temperatura, mais elétrons ultrapassam essa barreira, aumentando cada vez mais a condutividade do semicondutor.

Semicondutores e Junção PN

Os semicondutores, como o silício e o germânio, podem ser modificados com um processo chamado de dopagem, que dá a eles características especiais de condutividade. Ao substituir um átomo de silício por um de alumínio na estrutura cristalina do silício, haverá um elétron a menos do que havia antes (o alumínio tem 3 elétrons de valência, o silício 4). Isso representa a criação de um buraco, esse buraco representa a ausência de um elétron, é uma maneira de interpretar essa ausência, esse buraco é representado como tendo uma carga positiva, que pode acomodar elétrons vindos de outros átomos. Esse buraco é essencialmente um portador de carga positiva, isso porque esse buraco está representado a falta de um elétron, e o semicondutor assim criado é denominado semicondutor tipo p. As impurezas colocadas

criam, do ponto de vista energético, níveis discretos vazios, ligeiramente acima do topo da banda de valência. Elétrons de valência são facilmente excitados para esses níveis de impureza, que podem aceitá-los, deixando buracos na banda de valência.

Se ao invés de colocar alumínio, um átomo de silício é substituído por um de fósforo, que tem 5 elétrons de valência, então haverá um excesso de elétrons em comparação com o estado anterior da estrutura cristalina. Isso representa, energeticamente, a criação de níveis discretos cheios, ligeiramente abaixo da banda de condução. Elétrons deste nível cheio podem ser facilmente excitados e passar para a banda de condução logo acima. Em temperatura ambiente, todos esses elétrons em excesso estarão já na banda de condução.

Quando um semiconductor do tipo p muito próximo de um tipo n, os juntando, é criado o que é chamado de junção PN ou, mais comumente, de diodo.

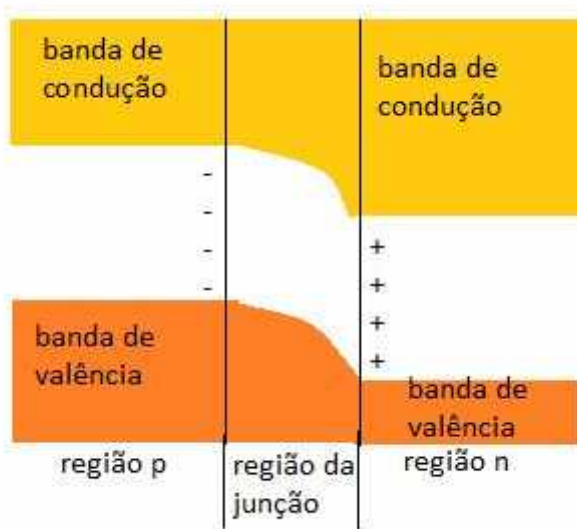


Fig. 31: Ilustração da Banda de Condução e da Banda de Valência em uma Junção PN.

Aplicando-se uma tensão nas extremidades deste dispositivo, com o lado negativo na região p e o lado positivo na região n, o seguinte fenômeno se processa. A energia de todos os elétrons da região p irá aumentar e a energia dos elétrons da região n irá diminuir, aumentando assim a barreira de potencial entre as duas regiões. Elétrons na banda de condução da região n, para ir à banda de condução da região p, têm de subir toda a "colina" de energia que as separam, na junção, além de sofrer a repulsão do campo elétrico negativo do

outro lado. Isso resulta numa resistência muito alta na junção e a condução de corrente é mínima, pois a junção está sob polarização reversa.

Se agora conectamos a fonte de tensão com o negativo na extremidade n e o positivo na extremidade p, a chamada polarização direta, a barreira de potencial diminuirá, ou seja, a altura da "colina" de potencial na junção diminuirá. Muitos elétrons na região n terão energia suficiente para subir esta colina e atravessar a junção, em direção à banda de condução da região p. Ou seja, a resistência da junção cai repentinamente, permitindo alta condução elétrica. Em adição, os elétrons da região n sofrem atração pelo campo elétrico positivo agora presente na região p.