



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**JOÃO ÍTALO MASCENA LOPES**

**O ESTUDO DE SEMICONDUTORES NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DE  
SALA DE AULA INVERTIDA**

**FORTALEZA**

**2018**

JOÃO ÍTALO MASCENA LOPES

O ESTUDO DE SEMICONDUTORES NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DE SALA  
DE AULA INVERTIDA

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciatura em Física.

Orientador: Prof. Dr. Andrey Chaves.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de catalogação na Publicação  
Universidade federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo autor.

---

L1e LOPES, JOÃO ÍTALO.

O ESTUDO DE SEMICONDUTORES NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA  
DE SALA DE AULA INVERTIDA / JOÃO ÍTALO LOPES. – 2018

37 f. : il. Color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará,  
Centro de Ciências, Curso de Física, Fortaleza, 2018.

Orientação: Prof. Dr. ANDREY CHAVES.

1. SEMICONDUTORES. 2. FÍSICA MODERNA E CONTEMPORANÊNA. 3.  
SALA DE AULA INVERTIDA. I. Título.

CDD 530

---

JOÃO ÍTALO MASCENA LOPES

O ESTUDO DE SEMICONDUTORES NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DE SALA  
DE AULA INVERTIDA

Monografia apresentada ao curso de  
Licenciatura em Física da Universidade  
Federal do Ceará, como requisito parcial à  
obtenção do título de Licenciatura em Física.

Aprovada em: 08/06/2018.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Andrey Chaves (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Victor Pereira do Nascimento Santos  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, irmãs, em especial minha filha.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família por todo apoio. A Lucineide Nascimento por todo apoio e por estar ao meu lado nessa reta final.

Ao Prof. Dr. Andrey Chaves, pela excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Nildo Loiola Dias e Victor Pereira do Nascimento Santos, pelo tempo e pelas valiosas colaborações e sugestões.

“Tornou-se chocantemente óbvio que a nossa tecnologia excedeu a nossa humanidade.”

Albert Einstein

## **RESUMO**

Este trabalho consiste em uma proposta para inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, compreendendo, mais especificamente, o desenvolvimento de uma proposta para o ensino-aprendizagem da ciência e aplicações de materiais semicondutores. Na escolha do tema foi levado em conta o apelo tecnológico despertado pelo tópico, uma vez que muitas aplicações do cotidiano do aluno resultam desses materiais presentes em inúmeros dispositivos eletrônicos. O objetivo desse trabalho é a utilização da sala de aula invertida assim como estratégias que podem ser usadas com esse modelo pedagógico para que haja um bom aproveitamento, tanto por parte do aluno, quanto por parte do professor. O projeto também busca compreender como a sala de aula invertida pode auxiliar na construção do conhecimento. A interpretação final indica que quando se tem acesso a mais de uma ferramenta que permita ao estudante esta em contato com a informação e consiga convertê-la em conhecimento, ele tem motivação para chegar ao objetivo final, que é a aprendizagem.

**Palavras-chave:** Semicondutores. Física Moderna e Contemporânea. Sala de aula invertida.

## **ABSTRACT**

This work consists of a proposal for the insertion of Modern and Contemporary Physics in High School, including, more specifically, the development of a proposal for the teaching-learning process of the topic of science and applications of semiconductor materials. In choosing the theme, the technological appeal aroused by the topic was taken into account, since many applications of the students' daily life result from these materials, present in many electronic devices. The objective of the project is the use of the inverted classroom method and strategies that can be used with this pedagogical model so that there is a good use of it by both the student and the teacher. It seeks to understand how the inverted classroom assists in the construction of knowledge in this topic. The final interpretation indicates that when you have access to more than one tool that allows the student to be in contact with the information and can convert it into knowledge, it has motivation to reach the ultimate goal, which is learning

**Keywords:** Semiconductors . Modern and Contemporary Physics. Inverted classroom.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Válvula antiga.....	17
Figura 2 – Diodo atual.....	17
Figura 3 – Estrutura do sólido Cristalino.....	18
Figura 4 – Bandas de energia .....	20
Figura 5 – Bandas de condução .....	21
Figura 6 – Dopagem de um semiconductor.....	22
Figura 7 – LED.....	23
Figura 8 – Laser diodo.....	24
Figura 9 – Transistor.....	26
Figura 10 – Transistor tipo NPN e PNP .....	27
Figura 11 – Marcadores biológicos usados no estudo de células em animais.....	28
Figura 12 – Sala de aula invertida.....	32

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

FMC	Física moderna e contemporânea
LED	Light emitting diode
FET	Field effect transistor
TDICs	Tecnologias digitais de informação e comunicação
MOSFET	Metal oxide semiconductor field effect transistor

## Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 HISTÓRIA DOS MATERIAIS SEMICONDUTORES .....	15
3 INTRODUÇÃO AOS MATERIAIS SEMICONDUTORES .....	188
3.1 Sólidos Cristalinos.....	188
3.2 Teoria das bandas de energia .....	199
3.2.1 Gap de energia .....	20
3.3 Dopagem de um semicondutor .....	211
4 DISPOSITIVOS SEMICONDUTORES .....	233
4.1 diodos emissores de luz (LED).....	233
4.1.2 Laser diodo .....	244
4.1.3 Diodos Schottky .....	255
4.1.4 Transistor .....	255
4.1.5 Transistor bipolar.....	266
4.1.6 Transistor de efeito de campo (FET) .....	277
4.1.7 Pontos quânticos e marcadores biológicos.....	28
5 O ENSINO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO: SEMICONDUTORES .....	299
6 SALA DE AULA INVERTIDA .....	31
6.1 Vantagens e desvantagens.....	32
6.2 Metodologia proposta de sala de aula invertida.....	33
7 CONCLUSÃO.....	355
REFERÊNCIAS .....	366

## 1 INTRODUÇÃO

Microcomputadores, calculadoras eletrônicas, aparelhos de TV, smartphones, tablets, entre outros, são exemplos de equipamentos cada vez mais comuns e cuja compreensão mais aprofundada demanda dos alunos conceitos de Física que normalmente não são abordados no ensino fundamental e médio (MENDES et al., 2007; KESSLER, 2008).

Uma das formas de diminuir esse descompasso entre a Física ensinada na escola e os fenômenos observados no cotidiano é o ensino de conceitos que permitam uma melhor compreensão das novas tecnologias. Um exemplo importante e que costuma ser deixado de lado é o ensino de Física moderna e contemporânea (MOREIRA; PINTO, 2003).

Talvez uma das aplicações mais importantes que surgiram a partir do advento da Física Quântica e que tem grande impacto em nosso cotidiano é a eletrônica, pois teve seu maior impulso com a descoberta do efeito transistor, (JENKINS, 2005) permitindo o desenvolvimento da maioria dos dispositivos eletrônicos que se conhece atualmente. É impossível falarmos de eletrônica sem falarmos de semicondutores.

Os materiais semicondutores constituem a matéria-prima da fabricação dos dispositivos eletrônicos e tem extrema importância nas transformações da sociedade e do modo de vida atual. No início, equipamentos eletrônicos eram produzidos por válvulas a vácuo, como a mostrada na Fig. 1. Essas válvulas tinham um tamanho consideravelmente grande e quando usadas por um longo período produziam superaquecimento. A década de 50 foi um período em que se buscou sofisticar a qualidade dos transistores e adequá-los as diversas aplicações em circuitos eletrônicos: foi quando surgiram os dispositivos baseados em junções de semicondutores, como o amostrado na Fig. 2. Na década seguinte já podia observar o surgimento de circuitos integrados. As frequentes melhorias dessa tecnologia têm provocado mudanças nos hábitos e costumes diários das pessoas, e pode-se considerar que a eletrônica é um dos principais responsáveis pelo desenvolvimento da sociedade nos séculos XX e XXI (OSTERMANN; MOREIRA, 2000; PEREIRA; OSTERMANN, 2009).

Os semicondutores permitiram desenvolver uma tecnologia sem a qual não seria possível imaginar todo o desenvolvimento científico atual. A própria indústria de microscopia eletrônica teve de ser desenvolvida não por causa da biologia, como era de se esperar pelo senso comum, mas por causa da indústria de semicondutores. A descoberta de novos materiais

ao passar dos anos, renovou ainda mais o interesse na pesquisa e desenvolvimento desses materiais, levando assim um maior avanço na área da pesquisa.

Existem alguns materiais e propostas que discutem os conceitos relacionados à física moderna e contemporânea que se destinam ao entendimento dos materiais semicondutores (OLIVEIRA, 2012; PAULA; ALVES, 2007). Contudo, comparada a outros tópicos de Física moderna e contemporânea (FMC), essa escassez de materiais de estudo e pesquisa é preocupante, uma vez que a simples inserção desses tópicos em aula tradicionais tende a ser pouco proveitosa (CARMONA, 2008).

Este trabalho consistiu no planejamento de uma proposta embasada na metodologia de sala de aula invertida para o estudo da física de semicondutores no ensino médio.

Dentro da fundamentação, no capítulo 2 é apresentada uma sucinta evolução histórica dos conceitos relacionados aos materiais semicondutores. A partir disso é feito um pequeno histórico da evolução desse campo de pesquisa, sem maiores detalhes teóricos. A ideia é fornecer um rápido panorama contextual dos desenvolvimentos que foram realizados nessa área, tão importante para toda a indústria e tecnologia eletrônica atual, e tão pouco debatida na escola.

No capítulo 3 apresentam-se alguns conceitos relacionados aos semicondutores, sob a óptica da física do estado sólido. Devido à extensão e complexidade da teoria para o contexto do ensino médio, somente alguns pontos são ressaltados, com ênfase na teoria das bandas de energia e no funcionamento dos diodos e transistores de junção. No capítulo 4 são apresentados alguns dispositivos que utilizam materiais semicondutores, bem como sua aplicação no dia a dia.

No capítulo 5 é feita uma revisão documental e teórica da necessidade de se ensinar FMC no ensino médio. São focadas principalmente questões relacionadas ao ensino dos conceitos de semicondutores, desde a necessidade da sua inserção na escola média, passando, por exemplo, de atividade teórica e práticas nesse sentido.

No capítulo 6 é apresentado um referencial teórico sobre a metodologia de sala de aula invertida, suas vantagens e desvantagens bem como sua aplicação no ensino.

Por fim concluímos a importância de se estudar tal tema no ensino médio e sua aplicação, e de como o professor pode se beneficiar da metodologia de ensino de sala de aula invertida para que os alunos possam absorver e aproveitar ao máximo o conteúdo.

## 2 HISTÓRIA DOS MATERIAIS SEMICONDUTORES

O primeiro a falar sobre o conceito de “condutor elétrico” foi Jean Théophile Désagulliers (1683-1744). Essa introdução foi feita em um trabalho no qual ele distingue os materiais em “elétricos” e “não elétricos”.

O primeiro pesquisador a utilizar o termo “materiais semicondutores” foi Alessandro Volta (1745-1827), em um trabalho de 1782 (BUSCH, 1989). Ele relatou que os processos de descarga dos materiais ocorriam de três maneiras distintas. Nos metais, a descarga era quase instantânea, nos isolantes não acontecia e nos semicondutores acontecia lentamente (BUSCH, 1989). Humphry Davy (1778-1829) construiu grandes pilhas e as utilizou para investigar a condutividade elétrica dos materiais em função da sua temperatura, onde encontrou que metais conduziam de forma pior à medida que a temperatura aumenta.

Michael Faraday (1791-1867) por volta de 1833 obteve um resultado importante. A condutividade do sulfeto de prata ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ), que é baixa a temperatura ambiente, teve um grande salto quando ele atinge temperatura de 175 °C.

Em 1851, Johann Wilhelm Hittorf (1824-1914) publicou medidas da condutividade do  $\text{Ag}_2\text{S}$  e do  $\text{Cu}_2\text{S}$  em função da temperatura. Foram comparadas essas condutividades com a de um fio de platina de mesma resistência, e percebeu que no  $\text{Ag}_2\text{S}$  há uma descontinuidade próximo a 170 °C. Isso ocorre porque próximo a essa temperatura esse material sofre uma transição estrutural que muda a configuração de sua rede cristalina (BUSCH, 1989).

Em 1873 Willoughby Smith (1828-1891) observou a fotocondutividade do Selênio, que acreditava ser um metal. Ele descreveu como a condutividade de uma amostra poderia variar de acordo com a luz que incide sobre ela. Em 1876, William Grylls Adams (1836-1915) observou que o Selênio gerava eletricidade quando iluminado por certa radiação.

Começa-se então a se estabelecer características básicas que definem um semicondutor, sendo elas, por exemplo, sua possibilidade de fotocondutividade, isto é, geração de eletricidade induzida por luz, e o fato de sua condutividade elétrica *melhorar* com a temperatura, diferentemente dos metais. A configuração da rede cristalina, como veremos mais adiante, de fato, tem bastante influência sobre este tipo de característica de um material

Karl Ferdinand Braun (1850-1918) estudou a corrente elétrica sobre vários sulfetos. Em 1874 ocorreu a primeira observação da retificação de sinais elétricos, onde Braun foi o primeiro a construir um dispositivo retificador baseado em semicondutores, o diodo.

Hertz (1857-1894) produziu as primeiras ondas eletromagnéticas em 1887, e Braun iniciou experimentos com os seus retificadores para detecção de ondas eletromagnéticas, onde em 1901, houve a primeira patente de um dispositivo retificador baseado em semicondutores (BUSCH, 1989).

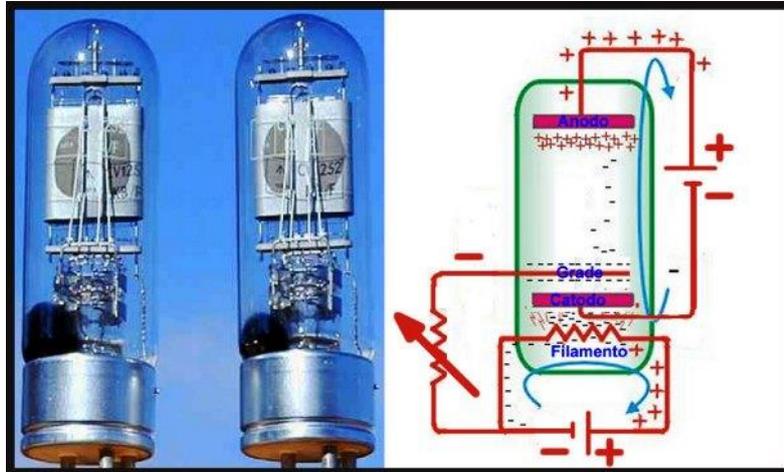
Durante a Primeira era as pesquisas em semicondutores ficaram paradas. O primeiro trabalho relevante depois disso veio em 1924, no qual Gudden (1892-1945) e Pohl (1884-1976) descreveriam a condutividade das substâncias cristalinas, a exceção dos metais comuns. Em outro trabalho de 1930, Gudden afirmou que não haveria nenhuma substância pura com propriedades semicondutoras, ou seja, essas propriedades eram devido às impurezas das amostras (BUSCH, 1989).

A tentativa de explicar a diferença entre condutores, isolantes e semicondutores foi dada por Alan Wilson (1906-1995). Em 1931, orientado por Fowler (1889-1944), ele foi o primeiro a explicar a diferença entre condutores, isolantes e semicondutores baseado na ideia de bandas de energia (vazia, cheias ou semipreenchidas) – uma característica diretamente ligada à estrutura cristalina do material, ou seja, a forma como as moléculas se organizam. Abordaremos este tema com mais detalhes no próximo Capítulo. Nos anos que se seguiram as propriedades elétricas de vários compostos foram investigadas (óxidos, sulfetos, selenetos, carbonetos, nitretos).

Um das dificuldades de se construir dispositivos baseados em Silício estava no fato que suas impurezas afetam sua condutividade, aliado ao fato de que era difícil obter Silício com alto grau de pureza. Na mesma época foi aperfeiçoada a técnica de obtenção de germânio de alto grau de pureza, o que permitiu a sua utilização em diodos de alto desempenho (JENKINS, 2005).

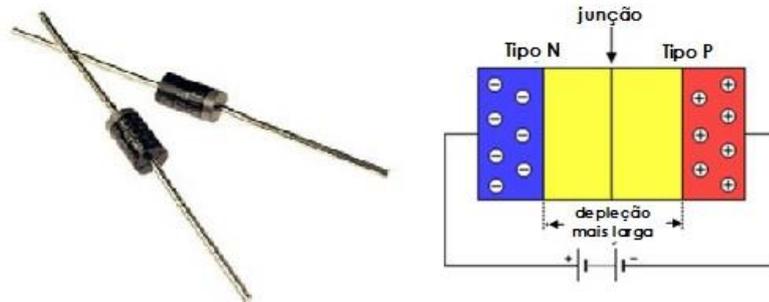
Ainda hoje existem diversos pesquisadores que trabalham para conseguir materiais semicondutores com diferentes propriedades e entender melhor seus mecanismos de funcionamento. Uma das principais motivações deste tipo de estudo está em tentar encontrar novos mecanismos que possam substituir os antigos dispositivos de válvula/transistor, baseados em tubos de vidro com filamentos aquecidos (ver Fig. 1), por mecanismos mais simples e menores, baseados em junções entre semicondutores (ver Fig. 2).

Figura 1 - Válvula antiga



Fonte: Disponível em: <<https://www.bpiropo.com.br/fpc20050815.htm>> Acesso em: 12 de junho de 2018.

Figura 2 – Diodo atual



Fonte: Disponível em: <[http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/19074/05\\_teor%C3%ADa\\_frame.htm](http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/19074/05_teor%C3%ADa_frame.htm)> Acesso em: 12 de junho de 2018.

### 3 INTRODUÇÃO AOS MATERIAIS SEMICONDUTORES

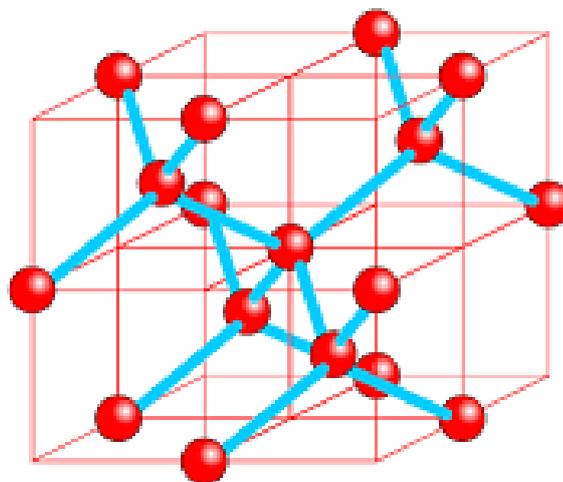
#### 3.1 Sólidos Cristalinos

Um cristal ideal é um arranjo infinito de átomos em espaçamento regular. Cada grupo de átomos que se repete nesse arranjo é chamado de base. O conjunto de pontos matemáticos aos quais as bases estão associadas é chamado de rede cristalina (KITTEL, 1978), ver Fig. 3.

Existem 14 tipos de redes cristalinas, das quais as mais importantes para este estudo são as redes cúbicas. Os semicondutores mais importantes para eletrônica atualmente, Silício e Germânio são formados por redes cúbicas de face centrada, e sua estrutura cristalina é chamada de estrutura diamante, na qual cada átomo tem 4 vizinhos próximos. Essa também é a estrutura cristalina que o carbono pode assumir.

No processo de solidificação dos sólidos cristalinos, os átomos ou moléculas fundamentais que os compõem se dispõem espacialmente numa forma geométrica ordenada. Os microcristais básicos, células componentes das redes cristalinas do sólido, assumem formas cúbicas, rômbricas, tetragonais, hexagonais ou prismáticas. O retículo espacial, ou rede, unidade do sistema de cristalização do sólido, repete-se indefinidamente nas três direções do espaço até alcançar as suas bordas.

Figura 3 – Sólido Cristalino



Fonte: Disponível em: <<https://www.infoescola.com/quimica/estrutura-cristalina/>> Acesso em: 12 de junho de 2018.

### 3.2 Teoria das bandas de energia

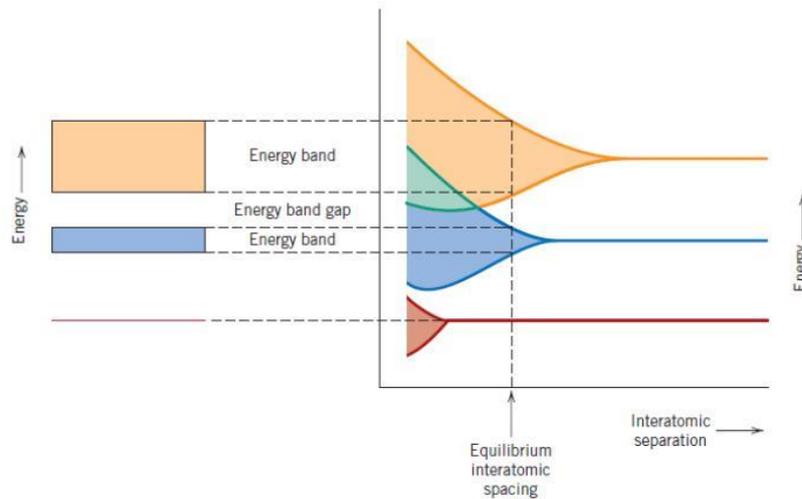
Chama-se *banda de energia* o conjunto dos níveis de energia que os elétrons em um sólido podem possuir. Lembrando-se do modelo de Bohr, num átomo isolado, os elétrons existem em níveis de energia descontínuos, discretos. Em um cristal em que um grande número de átomos se encontra ligados muito próximos uns dos outros, formando uma rede, os elétrons são influenciados por um determinado número de núcleos adjacentes e os níveis de energia dos átomos transformam-se em faixas (ou bandas) de energia permitidas, como ilustrado na Fig. 4. Essa aproximação dos níveis de energia nos sólidos é conhecida por teoria das bandas.

Segundo essa teoria, cada banda representa um grande número de estados quânticos permitidos e entre as bandas existem algumas denominadas proibidas, assim como a energia entre dois níveis de um átomo também são proibidas para o elétron preso ao núcleo. Os elétrons de valência dos átomos originam uma banda chamada banda de valência do sólido, e essa banda é a que possui mais energia (KITTEL, 1978).

A estrutura das bandas dos sólidos explica as suas propriedades elétricas. Com o objetivo de se movimentarem através do sólido, os elétrons têm de passar de um estado quântico para outro. Para que ocorra a passagem de corrente elétrica, é necessário que os elétrons se encontrem em uma banda não completa, chamada por banda de condução.

Os metais são bons condutores porque a banda de condução se sobrepõe a banda de valência. No caso dos isolantes, as bandas de condução e de valência encontra-se separadas por uma larga zona energética proibida, desta forma os elétrons não possuem energia suficiente para transitar de uma zona para outra. No caso dos semicondutores, a faixa de energias proibidas que separa a banda de valência da banda de condução possui uma largura muito pequena, bastando um pequeno acréscimo de energia para os elétrons passarem para a banda de condução, possibilitando assim a condução de corrente elétrica. Isso explica, por exemplo, a fotocorrente observada por W. Smith e W. Grylls Adams em Selênio, como mencionado anteriormente – a energia da luz incidida sobre o semiconductor faria com que elétrons da banda de valência pulassem para a banda de condução e se tornassem capazes de conduzir corrente.

Figura 4 – Bandas de energia

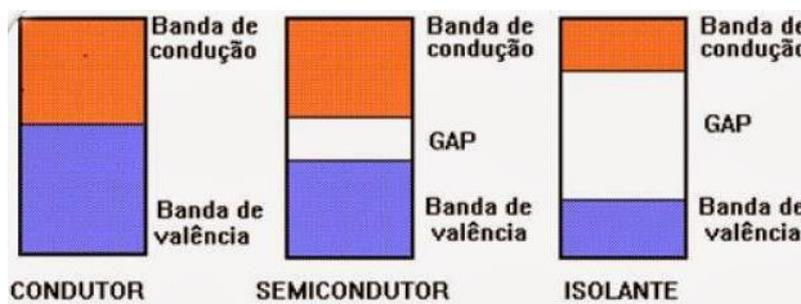


Fonte: Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgbTcAI/aula-04-cm>>  
 Acesso em: 12 de junho de 2018

### 3.2.1 Gap de energia

À distância em energia entre a banda de valência e a banda de condução, damos o nome de Gap. Nos materiais condutores a energia do Gap é nula, ou muito baixa, podendo facilitar a passagem do elétron para a banda de condução e esta estabelecer uma corrente. Nos materiais isolantes essa banda é bastante larga, o que dificulta essa passagem e por consequência, a corrente. Nos semicondutores a distancia entre essas bandas tem um valor intermediário. Isso os dá à característica de serem normalmente isolante, mas sob alguma ação externa, como temperatura, iluminação e campo elétrico, passam a conduzir. O diagrama da Fig. 5 ilustra os 3 casos de separação entre bandas mencionados.

Figura 5 – Bandas de Condução



Fonte: Disponível em: <https://sites.google.com/site/marcioperon/ufscar/pesquisa/semicondutores> Acesso em: 12 de junho de 2018

### 3.3 Dopagem de um semicondutor

Semicondutor intrínseco é aquele encontrado na natureza na sua forma mais pura. O processo de dopagem de semicondutores refere-se à adição, ao cristal intrínseco de pequena quantidade de impureza, com propriedades adequadas, de forma a afetar o comportamento elétrico do semicondutor da maneira desejada. Existem dopantes doadores e receptores, que produzem os semicondutores tipo n e tipo p, respectivamente.

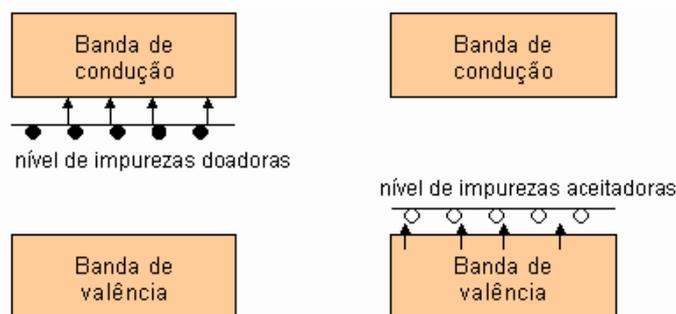
Como exemplo utilizaremos o Silício e o Germânio, cujos átomos têm 4 elétrons na última camada eletrônica: quando eles formam um cristal semicondutor puro, a configuração de menor energia é aquela na qual eles se ligam com outros quatro átomos vizinhos idênticos. Se um átomo de outro grupo da tabela periódica for utilizado como impureza dopante e se incorporar a rede cristalina no lugar de um átomo de Silício ou Germânio, ele fará quatro ligações com seus átomos vizinhos. Porém, como esses dopantes têm cinco elétrons na última camada eletrônica, um dos elétrons dessa camada fica “sobrando”. Esse tipo de dopante é chamado de doador. Ocorre uma mudança nas bandas de energia surgindo um novo estado eletrônico, proveniente da presença desses elétrons “doados” pela impureza. Esse novo estado fica dentro do Gap de energia do semicondutor, muito mais próximo do fundo da banda de condução do que do topo da banda de valência. Esses semicondutores dopados são chamados de semicondutores tipo N.

Da mesma forma podem ser adicionadas impurezas que são trivalentes. Quando um desses átomos se incorpora à rede cristalina no lugar de um átomo de Silício ou de

Germânio, ele fará três ligações com seus átomos vizinhos. Os átomos de Silício fazem quatro ligações, então, neste caso dos vizinhos do dopante trivalente, fica faltando um elétron para completar esse quadro, e com isso essas impurezas têm a tendência de aceitar elétrons, sendo chamadas de “aceitadoras”. Quando essas impurezas são introduzidas de forma controlada em um semicondutor puro, as modificações geradas são muito semelhantes ao caso anterior. As bandas do semicondutor não são alteradas pelo dopante, a exceção de um novo estado que surge dentro do Gap de energia, esse novo estado estará muito mais próximo do topo da banda de valência do que do fundo da banda de condução.

É necessária uma temperatura muito pequena para promover elétrons até esse novo nível, deixando “buracos” na banda de valência. Esse tipo de semicondutor dopado terá facilidade em conduzir corrente. Os semicondutores dopados dessa forma são chamados de semicondutor tipo P. O diagrama de bandas da Fig. 6 ilustra os casos de dopagem N e P descritos aqui.

Figura 6 – Dopagem de um semicondutor



Fonte: Disponível em: <<https://esquadraodoconhecimento.wordpress.com/ciencias-da-natureza/quim/teoria-das-bandas/>> Acesso em: 12 de junho de 2018

## 4 DISPOSITIVOS SEMICONDUTORES

### 4.1 diodos emissores de luz (LED)

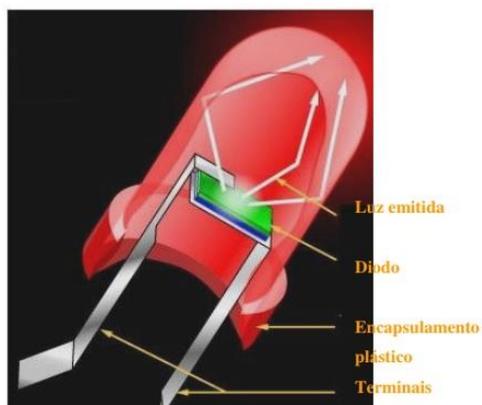
Um diodo é um dispositivo eletrônico semicondutor que permite a passagem de corrente elétrica num único sentido. Para tornar possível esse efeito usa-se um material com baixa capacidade de conduzir corrente, geralmente o silício.

Lâmpadas convencionais baseiam-se em incandescência ou na descarga elétrica em gases para produzirem luz. Em ambos os casos a produção de luz está associada a uma elevação de temperatura, o que acaba provocando uma elevada taxa de perda.

A utilização de materiais semicondutores para gerar luz apresenta-se como uma alternativa. Nestes materiais, a luz é emitida através da recombinação de elétrons e lacunas em excesso que são produzidos por injeção de corrente com pequenas perdas de energia. Este fenômeno é conhecido como eletroluminescência e é à base de funcionamento de todos os LEDs.

O LED é um diodo semicondutor, ou seja, sendo constituído por uma junção p-n de semicondutores dopados. Quando uma junção semicondutora é polarizada diretamente, o campo elétrico gerado em seu interior pode entragar energia suficiente para que ocorra a condução de corrente elétrica que só pode acontecer em uma direção.

Figura 7 - LED



Fonte: Disponível em: < <http://fiscite.blogspot.com/2012/09/tv-led-e-semicondutores.html>>

Acesso em: 12 de junho de 2018.

Os LEDs têm uma série de vantagens quando comparados com lâmpadas incandescentes, por exemplo: por não terem que trabalhar com um filamento em temperaturas elevadas tem uma vida útil muitas vezes maior, além disso, são menores e mais leves que as lâmpadas em geral.

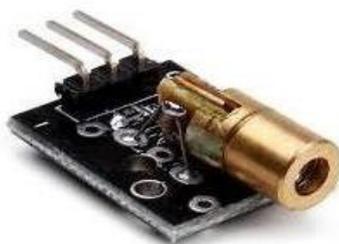
#### 4.1.2 Laser diodo

Os lasers semicondutores produzem feixes de luz poderosos e precisos, e são aproximadamente do mesmo tamanho que os simples LEDs, que são as pequenas lâmpadas coloridas que vemos nos painéis de eletrônicos.

Em um diodo de laser (ver Fig. 8) em vez de usar o silício como semicondutor, é usado um material diferente, principalmente uma liga de alumínio e arseneto de gálio. Os elétrons são injetados no diodo, eles se combinam com buracos e parte do excesso de energia é convertida em fótons, que interagem com mais elétrons que chegam, ajudando a produzir mais fótons (KROEMER, 1963).

Em um laser convencional, um feixe de luz concentrado é produzido “bombeando” a luz emitida pelos átomos repetidamente entre dois espelhos. Em um diodo de laser, um processo equivalente acontece quando os fótons saltam para frente e para trás na junção microscópica entre as fatias de semicondutor do tipo p e do tipo n. A luz laser amplificada eventualmente surge da extremidade polida da abertura em um feixe paralelo a junção. Qualquer equipamento compacto que precise de um laser para acionar provavelmente usará um laser diodo, por exemplo, leitores de CD, scanner de código de barras, etc.

Figura 8 – Laser diodo



Fonte: Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/led-arduino/modulo-diodo-laser-arduino-vermelho-com-led-de-alta-potencia-5mw-3639.html>> Acesso em: 12 de junho de 2017.

### 4.1.3 Diodos Schottky

Diodo Schottky é um tipo de diodo que utiliza o efeito Schottky na semicondução. Este efeito consiste em um aumento da emissão fotoelétrica causada por um campo elétrico aplicado ao dispositivo. Eles começam a conduzir com uma tensão extremamente baixa, muito menor do que as dos diodos de silício. Além disso, a corrente de fuga que circula por um diodo Schottky, quando polarizado no sentido inverso, é menor do que a que encontramos nos diodos de silício.

O que diferencia as características de condução dos diodos comuns em relação aos diodos Schottky é a tecnologia de fabricação e o material usado. Desse modo, para obter uma barreira de condução baixa existem tecnologias que são empregadas, determinando outras características do componente.

Suas características especiais os tornam ideais para certas aplicações em que os diodos comuns de silício não se dão bem, como, por exemplo, nos circuitos de comutação rápida ou ainda nos circuitos em que uma queda de tensão no sentido direto deva ser minimizada.

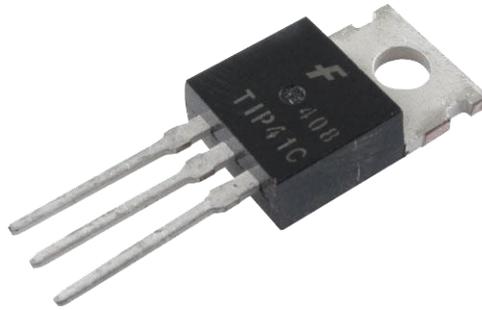
### 4.1.4 Transistor

Segundo Rezende (1996, p.1) “Em 1947, John Bardeen e Walter Brattain, demonstraram que uma corrente fluindo no sentido de polaridade direta sobre junção semicondutora PN poderia controlar a corrente de polaridade reversa sobre um terceiro eletrodo montado muito próximo ao primeiro contato. Este dispositivo de controle de corrente recebeu o nome de transistor”.

O transistor é um componente semicondutor usado como amplificador ou interruptor de sinais ou energia elétrica. É feito de um material semicondutor com pelo menos três terminais para conexão com um circuito externo. Um transistor feito com semicondutores tem tipicamente a forma mostrada na Fig. 9.

Os transistores podem ser classificados de acordo com o tipo de portador de carga utilizado para transporte de corrente.

Figura 9 - Transistor



Fonte: Disponível em: <<https://www.inventelectronics.com/product/tip41c/>> Acesso em: 12 de junho de 2018.

#### 4.1.5 Transistor bipolar

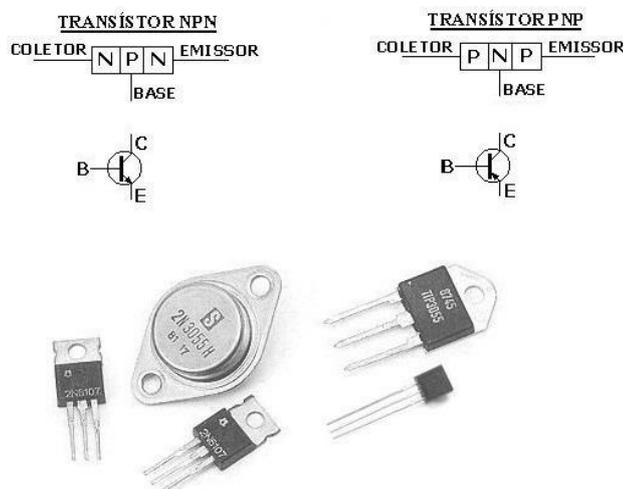
“O transistor bipolar NPN, é caracterizado por duas junções PN, sendo que o semicondutor tipo P, comum às duas junções, é denominado base. O semicondutor tipo N de uma das junções, com alto nível de dopagem, é denominado emissor, enquanto que o outro semicondutor tipo N com baixo nível de dopagem é chamado coletor” (Rezende, 1996, p. 2).

O emissor é a região rica em portadores de carga, sua tarefa é enviar os portadores para a base e dali para o coletor. O coletor coleta os portadores que atravessam a base. A base atua como região de controle de fluxo de portadores de carga do emissor para o coletor (REZENDE, 1996).

Nas regiões tipo N contém elétrons livres como portadores, enquanto que a região tipo P contém lacunas. O nome transistor bipolar vem do fato que ambos os portadores (elétrons livres e lacunas) tomam parte do fluxo de corrente que atravessa o dispositivo (REZENDE, 1996).

O transistor bipolar PNP opera de maneira parecida ao transistor NPN, porém com fluxo de portadores de carga sendo as lacunas. Ambos os casos estão ilustrados na Fig. 10.

Figura 10 – Transistor tipo NPN e PNP



Fonte: Disponível em: <<https://www.electrical4u.com/types-of-transistors/>> Acesso em: 12 de junho de 2018

#### 4.1.6 Transistor de efeito de campo (FET)

Existem dois tipos de transistor de efeito de campo: o FET de junção JFET e o FET de porta isolada MOSFET.

“O transistor de efeito de campo FET, é um dispositivo semicondutor cuja corrente de operação depende do campo elétrico aplicado no seu terminal de controle, diferentemente do transistor bipolar, cuja corrente que flui entre o emissor e o coletor é controlada por corrente injetada no terminal base. Enquanto nos bipolares o sinal de saída é controlado por uma corrente de entrada, nos FETs ele é controlado por uma tensão de entrada”. (REZENDE, 1996, p.5).

“O JFET opera no modo de depleção, isto é, uma tensão aplicada no terminal porta pode remover os portadores de carga presentes no canal N. Se a tensão no terminal porta se tornar negativo, o dispositivo pode ser desligado e nenhuma corrente fluirá” (Rezende, 1996, p.6).

O JFET é o mais simples tipo de transistor dentre todos eles e tem pequeno uso atualmente, em função das melhores características do MOSFET.

O MOSFET é outro tipo de transistor de efeito de campo, de importância tecnológica muito maior que o de junção. Neste transistor o controle da corrente no canal é feito por meio do campo num capacitor, formado pelo contato metálico da porta e pelo semicondutor do canal, separados por uma camada de isolante (REZENDE, 1996).

#### 4.1.7 Pontos quânticos e marcadores biológicos

Pontos quânticos são nano partículas de semicondutores que apresentam propriedades óticas dependentes do tamanho devido a efeitos de confinamento quântico. Essa nano partícula é um material promissor para diagnóstico e para a compreensão da biologia celular. São utilizados como marcadores de células e tecidos, devido as suas propriedades luminescentes na região visível.

Na geração atual, os marcadores fluorescentes são feitos de pequenas moléculas de corantes, amplamente utilizados em aplicações que vão desde a decodificação do DNA ao auxílio no diagnóstico de infecções. Os nano cristais podem ser observados utilizando qualquer microscopia fluorescente.

Quando colocado sob uma fonte de luz, os pontos quânticos brilham como sinais de néon e seu brilho dura até 48 horas. Esse tempo é suficiente para acompanhar até mesmo um vírus ao longo de um processo biológico.

A GFP (Green Fluorescent Protein) é uma proteína verde florescente que emite luz verde quando é excitada por uma luz azul e tornou-se uma ferramenta valiosa na investigação em biologia celular. Os nano cristais semicondutores são revestidos por essa proteína e são usadas como ferramentas de pesquisa.

A marcação celular com nano cristais é uma alternativa diagnóstica promissora, pois a detecção precoce de doenças pelo método da fluorescência aumenta a expectativa de vida tanto em humanos, quanto em animais, como ilustrado na Fig. 11.

Figura 11 – Marcadores biológicos usados no estudo de células em animais



Fonte: Disponível em: <<http://informenano.blogspot.com/>> Acesso em: 12 de junho de 2018.

## 5 O ENSINO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO: SEMICONDUTORES

Existem muitas dificuldades no processo de ensino e aprendizagem. No caso da física são vários os obstáculos, mas os mais questionados entre os alunos pode ser resumido pela pergunta: “por que temos que estudar esse assunto?”. Se essa pergunta for relacionada aos conceitos de materiais semicondutores, as respostas podem ser as mais diversas (JUNIOR, 2003).

Os conceitos de física moderna, em especial aqueles relacionados à física quântica, há muito deixaram de ser exclusividade dos físicos. Esses conceitos tornaram frequentes no dia a dia das pessoas, de maneira direta ou indireta.

O discente precisa ter acesso a uma formação básica que possibilite conhecer e interagir criticamente com todos os elementos que o rodeiam. A evolução é contínua e cada vez mais veloz, essa formação deve, necessariamente, abranger aspectos humanísticos, matemáticos, científicos e tecnológicos. Tais aspectos precisam ser introduzidos de modo racional e progressivo (ROSADO; CARMONA, 2005).

A presença cada vez maior dos dispositivos eletrônicos no dia a dia torna o papel da tecnologia cada vez mais importante (CARMONA, 2008). Uma interação mais efetiva com essas tecnologias está se tornando mais determinante em nossa sociedade, fazendo com que isso se reflita no ambiente escolar. Os discentes que frequentam os níveis fundamentais e médio de ensino são chamados ‘nativos digitais’ (PRENSKY, 2001), pois nasceram e cresceram cercados de equipamentos eletrônicos dos mais diversos.

Em especial a física possui vários conceitos que se aproximam da área tecnológica, permitindo o professor uma atuação ainda mais decisiva. A importância da física dentro desse panorama está no fato de que ela é um dos principais componentes de uma formação básica na área tecnológica, que carece de conhecimentos de eletrônica e eletricidade (TERRAZZAN, 1992).

De acordo com (CARMONA, 2008) essa formação começa pelo estudo dos seus principais componentes científicos, os aspectos básicos sobre a estrutura e funcionamento dos materiais condutores, isolantes e semicondutores. Os computadores, celulares e televisores, entre outros, só tem o design, a portabilidade e as funcionalidades conhecidas graças ao desenvolvimento da física do estado sólido e suas consequências (OLIVEIRA, 2012).

Tópicos relacionados a estrutura e ao funcionamento dos condutores e isolantes estão presentes na maior parte dos livros de física do ensino médio. Contudo, os conceitos básicos dos semicondutores tem presença muito pequena, ou até mesmo não possuem (OSTERMANN; MOREIRA, 2000), sugerindo que a abordagem desse tema ocorre com baixa frequência.

## 6 SALA DE AULA INVERTIDA

Temos como objetivo de estudo a abordagem pedagógica intitulada no Brasil como sala de aula invertida, termo esse desenvolvido e divulgado pelos professores estadunidenses Jonathan Bergmann e Aaron Sams em 2007 (FISCH, 2016).

Nessa proposta, a tecnologia constitui-se importante auxílio para a aprendizagem, permitindo ao professor aperfeiçoar o tempo na sala de aula, dando mais ênfase aos conteúdos nos quais os estudantes encontram mais dificuldades.

De maneira simplificada, nesse modelo os conteúdos são apresentados, previamente, através de leituras indicadas e/ou vídeos gravados pelo professor e disponibilizados na internet. Os alunos, após o contato com esse material, devem anotar os pontos de dificuldade e aqueles que consideraram fáceis. Os vídeos permanecem disponíveis para consulta, tanto por parte dos estudantes como por parte do professor, objetivando a ampliação dos conteúdos e possíveis correções.

O acesso prévio aos conteúdos da aula permite que os estudantes solucionem suas dúvidas e acrescentem nas discussões com o professor mais informações sobre o conteúdo estudado, cabendo a este a mediação e a problematização das discussões.

Para (VIEIRA, 2014) a postura de mediação por parte do professor leva o aluno a ter mais confiança no processo de ensino aprendizagem e, conseqüentemente, a uma visão mais crítica sobre o conteúdo estudado.

A sala de aula invertida é considerada uma abordagem abrangente porque comporta a associação com diferentes tipos de metodologias ativas presentes no cenário educacional, tais como: Aprendizagem Baseada em Problemas; Aprendizagem Baseada em Projetos; Aprendizagem Baseada em Jogos, Estudo de Casos, dentre outros, propiciando ao professor criar diversos momentos de aprendizagem que envolva ativamente o estudante (VALENTE, 2014a).

Segundo (VOELCKER, 2012) a ideia de virar a sala de aula surgiu em 1995 quando a *Cedarville University* passou por um forte processo de atualização tecnológica e implantou a *Cedarnet*, um projeto amplo que contemplava a rede de *internet no campus*, com computadores e projetores que permitiam aos docentes colocar suas apresentações na rede e apresentá-las nas salas de aulas.

Durante a sua aula, ao fazer a exposição do conteúdo, o professor Baker percebeu que os alunos estavam perdendo tempo anotando as informações dos *slides*, em vez de buscar entender o conteúdo, sendo que eles já tinham acesso *on-line* a essas informações, bastando apenas realizar a leitura antes da aula. Diante dessa situação, concluiu que tinha capacidade técnica e razões pedagógicas para desenvolver e implementar um novo conceito em suas aulas. Assim, utilizando as mesmas tecnologias da educação a distância para disponibilizar o conteúdo aos alunos, esboçou um novo modelo que chamou de *Classroom Flip*, o qual tinha como proposta mudar o papel do professor para mediador da aprendizagem (VOELCKER, 2012).

Figura 12 – Sala de aula invertida



Fonte: Disponível em: <<https://www.mundomaker.cc/blog-posts/2017/3/10/novos-mtodos-de-ensino-a-teoria-da-sala-de-aula-invertida-e-sua-reinverso>> Acesso em: 12 de junho de 2018.

### 6.1 vantagens e desvantagens

As vantagens desse método são:

- O acesso ao conteúdo em seu tempo livre, a hora que desejar e da forma que desejar, pausando, assistindo quantas vezes quiser o vídeo, estando mais receptiva a informação, pois assistirá quando for de seu interesse;
- Os estudantes recebem mais atenção do professor, conseguem tirar as dúvidas de forma individual, enquanto os outros desenvolvem as atividades o professor está disponível para visitar os grupos e auxiliá-los;

- Possibilidade do auxílio dos colegas que dominaram melhor determinados conceitos: os aprendizes podem ser agrupados conforme afinidades, aptidões, dessa forma consegue-se um melhor resultado no desempenho do grupo;
- Os materiais estão disponíveis para todos os estudantes acessá-los e revisá-los quando sentirem necessidade, inclusive para os estudantes que não comparecem às aulas.

Além de vantagens nesse processo podemos observar algumas desvantagens:

- Assim como os estudantes que ignoram a exposição dos conteúdos nas aulas transmissivas, os estudantes envolvidos na sala de aula invertida podem, simplesmente, abrir o material e não assistir com a finalidade de, apenas, validar o acesso;
- Alguns estudantes podem não querer auxiliar os colegas ou receber auxílio;
- Alguns podem entrar em atrito ao realizarem as atividades colaborativas;
- Os estudantes faltosos podem pensar que por terem os materiais disponíveis não precisam assistir às aulas e isso resultará em um desnível muito grande em relação aos outros estudantes da classe.

## **6.2 Metodologia proposta de sala de aula invertida**

A metodologia proposta para o desenvolvimento desse trabalho de pesquisa foi à sala de aula invertida, que consiste no desenvolvimento de aulas utilizando as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs). Como a sala de aula invertida propõe aulas nas quais o estudante apresente um papel ativo em sua aprendizagem durante o tempo que dispõe em classe, resolvendo atividades em grupo com auxílio do professor para aprimorar seus conhecimentos, é necessário que o professor desenvolva essas atividades com a finalidade de abranger os conhecimentos demonstrados por seus estudantes e instigar a resolução de problemas.

Nessa metodologia o professor prepara vídeo-aulas de até 15 minutos, segundo (VALENTE, 2014a) vídeos com duração maiores do que esse tempo o aluno se dispersa e perde a concentração. O professor as dispõe em uma plataforma online de sua escolha, à qual o estudante tenha acesso e possa vê-la antes da aula em sala de aula. O tempo disponível para aula em sala, ou seja, 50 minutos são utilizados para que os estudantes apliquem os conhecimentos adquiridos nas vídeo-aulas e materiais alternativos disponíveis pelo professor. Cabe ao professor preparar essas atividades antecipadamente para cada grupo e as analisar

após o término, com a finalidade de observar quais os conteúdos compreendidos pelos estudantes de cada grupo, para que possa desenvolver novas atividades visando o desenvolvimento das habilidades relacionadas ao conteúdo que o grupo tem maior dificuldade.

## 7 CONCLUSÃO

Os processos de ensino e aprendizagem apresentam diversas dificuldades, em particular no caso da Física, devido à falta de relação entre seus conteúdos e o cotidiano dos estudantes, dificultando sua compreensão. É inegável a importância dos aparelhos eletrônicos na nossa sociedade atual, e o ensino de tópicos relacionados a eles poderia amenizar essas dificuldades apresentadas, além de formar cidadãos mais conscientes e preparados para o trabalho e para a vida. Para compreender melhor o funcionamento dos aparelhos eletrônicos, vários conhecimentos são necessários, entre os quais se destacam os tópicos relacionados aos materiais semicondutores.

A prática do modelo pedagógico da sala de aula invertida e o uso das TDICs, conclui-se que a escola pode adotar essa prática porque as suas necessidades de aprendizagem na era digital também mudaram no decorrer dos anos.

A tecnologia entra com um papel mediador essencial nesse processo, não pela modernidade e sim porque permite estruturas do conteúdo e aproximação a diversas informações, além dos livros de texto, das lições tradicionais. É possível transformar a escola em um espaço de aprendizagem e não só de ensino, onde o talento de cada aluno pode se desenvolver mais amplamente.

O uso da multimídia pode ser motivador, informativo, expressivo, lúdico, avaliador, devido ao seu grande papel, sensibilizador, despertando a curiosidade dos alunos na introdução de novos temas e seus conteúdos, abrindo portas para o desejo de pesquisa e para o aprofundamento de conhecimento.

O uso dessa metodologia exige maior dedicação por parte do aluno na efetivação das tarefas solicitadas, do professor em ter um maior contato com a tecnologia para elaboração de suas aulas. Este maior contato tem como um dos objetivos o de enriquecer a aula, desenvolver habilidades, ampliar conhecimentos e, em muitos, servir como um instrumento de reposição de aulas perdidas pelos alunos ou de revisão do conteúdo em um momento posterior.

## REFERÊNCIAS

MENDES, R. M. B. et al. Dificuldades dos alunos do Ensino Médio com a física e os Físicos. In: **XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física**. São Luis: [s.n.], 2007.

KESSLER, S. L. **O Ensino de física Moderna no Ensino Médio: Necessidades e Dificuldades no Oeste Catarinense**. Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MOREIRA, M. A.; PINTO, A. D. O. Dificuldades dos alunos na aprendizagem da lei de Ampère, á luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, scielo, v.25, p. 317 – 325, 09 2003. ISSN 1806-1117.

JENKINS, T. A brief history of . . . semiconductors. **Physics Eduucation**, v. 40, p. 430 – 439, 2005.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23 – 48, 2000.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. Sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v 14, n. 3, p. 349 – 420, 2009.

OLIVEIRA, A. J. A. **Pouco divulgada, muito aplicada**.  
[Http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/fisicase-misterio/poucodivulgada-muito-aplicada](http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/fisicase-misterio/poucodivulgada-muito-aplicada), 2012.

PAULA, H. F.; ALVES, E. G. Uma Sequência de ensino sobre dispositivos condutores e semi-condutores de nosso dia a dia. In: **XVII SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física**. São Luís: [s.n.], 2007.

CARMONA, A. G. **Física de semiconductores en la Educación Científica Secundaria**. Educación Editora, 2008.

BUSCH, G. Early history of the physics and chemistry of semiconductors – from doubts to fact in a hundred years. **European Journal of Physics**, v. 10, p. 254 – 264, 1989.

KITTEL, C. **Introdução á Física do Estado Sólido**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978.

JUNIOR, O. C. **Texto e Contexto para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Escola Média**. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

ROSADO, L.; CARMONA, A. Razones didácticas y epistemológicas de la introducción de nociones de física de semiconductores en Educación Secundaria. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 3, 2005.

PRENSKY, M. Digital Natives, Diital Immigrants part. 1. **On the horizon**, MCB UP Ltd, v. 9, n. 5, p. 1 – 6, 2001.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º Grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p. 209 – 214, Dezembro 1992.

FISCH, K. **Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem**. Tradução Afonso Celso da Cunha Serra. 1. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016

VALENTE, J. A. **Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida**. Educar em Revista, Curitiba, edição especial, n. 4, p. 7 – 97, dezembro 2014a.

VOELCKER, M. D. **Tecnologias digitais e a mudança de paradigma na educação: a aprendizagem ativa dos educadores como favorecedora da customização e sustentação da mudança**. Tese (doutorado em informática na educação), Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

VIEIRA, A. S. **Uma alternativa didática às aulas tradicionais: o engajamento interativo obtido por meio do uso do método peer instruction**. Dissertação (mestrado em ensino de física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014

REZENDE, S.M. **A física de materiais e dispositivos eletrônicos**. Recife, PE: Editora Universitária da UFPE, 1996.

KROEMER H. **A proposed class of heterojunction injection lasers,**" in Proc. IEEE, vol. 51, 1963, p. 1782