

Universidade Federal do Rio Grande – FURG

Instituto de Matemática, Estatística e Física – IMEF

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF

Pedro G. Backes de Oliveira

Prof. Dr. Jorge L. Pimentel Jr. (orientador)



Produto educacional: Sequência didática sobre os semicondutores



Ilustração: Anael Macedo

Ficha catalográfica

O48c Oliveira, Pedro Guilherme Backes de.
Produto educacional: sequência didática sobre os semicondutores [Recurso Eletrônico] / Pedro Guilherme Backes de Oliveira; ilustração Anael Macedo. – [Rio Grande, RS]: FURG, [2022]. 19 f. : il. color.

Produto Educacional da Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física, sob a orientação do Dr. Jorge Luiz Pimentel Junior.

Disponível em: <https://ppgmnpef.furg.br/dissertacoes> _
<https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/553787>

1. Ensino de Física 2. Semicondutores 3. Resistividade elétrica
I. Macedo, Anael II. Pimentel Junior, Jorge Luiz III. Título.

CDU 53:37

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344

Sumário

Introdução.....	3
A primeira aula:.....	4
A segunda aula:.....	6
A terceira aula:.....	8
O pós-aula:.....	9
O roteiro.....	10

Introdução

O texto a seguir trata-se de uma sequência didática integrante do produto educacional para a obtenção do título de mestre em ensino de Física pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Juntamente à videoaula que deve ser utilizada, também de produção autoral e parte do produto, cujo *link* é: <https://www.youtube.com/watch?v=TOCarH77uaI>.

Antes da sequência das aulas propriamente dita, existe uma etapa inicial que consiste em uma preparação para a execução da sequência didática. Essa etapa é descrita como “A pré-aula”.

Após a sequência didática, encontra-se o roteiro original da gravação da videoaula como consulta ao professor que desejar escrever o seu roteiro para uma videoaula própria.

A pré-aula (ou aula 0):

O professor regente da turma na escola anunciará ao término de sua aula que para a próxima aula, para o seu melhor desenvolvimento, o professor solicita que os estudantes assistam a um vídeo sobre os semicondutores – cujo *link* do vídeo, disponível na plataforma Youtube, deve ser fornecido pelo professor regente. Durante ou após o vídeo, o estudante deve elaborar uma lista contendo 5 termos apresentados no vídeo que o estudante acredite que estejam diretamente ligados a um conceito da física (primeira avaliação: reconhecimento de conceitos), a ser enviada por e-mail ao professor regente.

A primeira aula:

Um seminário organizado conforme a sequência de temas dos dois primeiros capítulos do livro didático Física em contextos, vol. III, de Maurício Pietrocola, aprovado e recomendado para o 3º ano do ensino médio, que versam sobre as propriedades elétricas da matéria (diferenciação em condutores e isolantes, conceito e exemplos), a lei de Ohm (conceito e equações aplicáveis, com exemplos) e os circuitos elétricos (componentes e exemplos). Correlacionando e explorando mais os termos elencados pelos estudantes em suas listas. Enquanto são trabalhados esses temas, serão feitas associações com momentos do vídeo em que foram abordados, que estarão como as imagens do seminário. Ao final da aula, aos estudantes será solicitado que façam seus questionamentos que por ventura não tiverem sido respondidos durante a aula ou que surgiram no pós-aula, sobre o vídeo ou sobre a aula, na seção de comentários do vídeo em sua plataforma, propiciando uma forma de interação assíncrona (segunda avaliação: elaboração de uma boa pergunta).

Plano de aula: “Física Clássica do Eletromagnetismo”

Tempo: 3 horas-aula.

Objetivos:

- Trabalhar os conceitos e as equações da eletricidade clássica (a lei de Ohm, o seu significado e as expressões matemáticas aplicáveis nesse regime – para a Resistência, R , a tensão, V , e a corrente, i);
- Significar a lei de Ohm como uma região do domínio dos fenômenos elétricos, que abrange materiais em cuja resistividade se comporta de maneira linear mediante a variação da temperatura;
- Aplicar o domínio conceitual culminado na expressão matemática da Resistência, onde para dispositivos ôhmicos $V \times i$ é linear, para análise de circuitos elétricos diferenciado suas montagens.

Conteúdos:

- Leis de Ohm;
- Circuitos;
- Semicondutores.

Recursos: Notebook, slides e internet.

Metodologia:

- 1º momento: Questionamentos e debate, realizados em reunião no aplicativo *meet*, a cerca do conteúdo do vídeo, direcionando as propriedades elétricas (condutores e isolantes);
- 2º momento: Slides sintetizando a discussão das propriedades e relacionando com a lei de Ohm, abordando não só a equação da resistência que relaciona as variáveis que a lei de Ohm diz serem constantes em sua variação (gráfico linear), mas também o conceito da linearidade frente a temperatura da relação entre sua resistividade intrínseca, seus parâmetros geométricos, e da resistência como a razão de uma diferença de potencial aplicado e a corrente exibida;
- 3º momento: Elaboração de questionamentos acerca do conteúdo estudado.

Referências:

PIETROCOLA, Maurício; POGIBIN, Alexander; ANDRADE, Renata de; ROMERO, Talita Raquel. Física em contextos: *Eletricidade, Ondas eletromagnética e Radiação e Matéria*. V. 3. 1. ed. São Paulo: FTD, 2010.

A segunda aula:

Serão solicitadas e abordadas dúvidas restantes da parte Clássica, apresentadas pelos estudantes, e dificuldades conceituais exibidas nos questionamentos no vídeo serão trabalhadas. Física Quântica do Eletromagnetismo: Semicondutores. Serão elencados os termos das listas dos estudantes que se relacionem com a Física Quântica (os clássicos foram trabalhados na primeira aula). Gráfico da temperatura do Semicondutor x Metal; abordando a questão do acentuamento da curva permitindo aplicações práticas com pequenas variações de temperatura, e como a ideia da parábola no gráfico dos dados experimentais remete a uma lei quadrática, diferente da lei para o comportamento ôhmico, que por ser uma reta preconiza a utilização de uma equação linear. Conceito básico do efeito fotoelétrico (seção 6 do capítulo 12, pp. 376-381, do referido livro) e um exemplo (mesma seção) de aplicação (CCD). E por fim, a descrição do led com o átomo de Bohr (capítulo 13, seção 2, subíndice 2.2, pág. 413) e o conceito de transição eletrônica. Será feita uma solicitação de respostas aos questionamentos do vídeo; os estudantes com o que aprenderam responderão os questionamentos dos colegas (terceira avaliação: resolução de questões).

Plano de aula: “Física Quântica do Eletromagnetismo”

Tempo: 3 horas-aula.

Objetivos:

- Trabalhar os conceitos relacionados à resistividade no semicondutor;
- Estender a relação das especificidades da resistividade do semicondutor ao fenômeno do efeito fotoelétrico;
- Saber esquematizar uma transição eletrônica.

Conteúdos:

- Semicondutores (comportamento gráfico da resistividade dependente da temperatura);
- Efeito fotoelétrico;
- Transição eletrônica.

Recursos: Notebook, slides e internet.

Metodologia:

1º momento: Questionamentos e debate, realizados em reunião no aplicativo *meet*, revisando a discussão da última aula (se restaram dúvidas e progressão a partir delas);

2º momento: Slides exibindo o comportamento específico do semicondutor, a variação da temperatura influenciando nos valores de sua resistividade e a variação da corrente imposta pela variação do potencial no regime não-ôhmico; discussão a cerca de como esses comportamentos culminam em fenômenos como o efeito fotoelétrico; relação do led e o esquema de uma transição;

3º momento: Respostas aos questionamentos dos colegas na plataforma.

Referências:

PIETROCOLA, Maurício; POGIBIN, Alexander; ANDRADE, Renata de; ROMERO, Talita Raquel. Física em contextos: *Eletricidade, Ondas eletromagnética e Radiação e Matéria*. V. 3. 1. ed. São Paulo: FTD, 2010.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física III Eletromagnetismo. São Paulo: Pearson, 2011.

A terceira aula:

Resolução das dúvidas e dificuldades conceituais ainda exibidas. Teste avaliativo (disponibilizado no *google forms*) com questões de múltipla escolha elaborado a partir de uma questão do vestibular da UFRGS, duas questões do ENEM e duas de elaboração própria (uma com texto de referência da revista de divulgação científica Superinteressante e outra com design gráfico e texto próprio). Como o resultado é obtido instantaneamente, evitando o tempo de correção, o teste será corrigido coletivamente em seguida e as dúvidas exibidas trabalhadas. Será feita nova solicitação de resposta aos questionamentos dos colegas no vídeo; reelaborando a resposta original em caso de discrepância com a realidade física (ou confusão conceitual) ou respondendo as que ainda estavam carentes de resposta (terceira avaliação).

Plano de aula: “Resolução de dúvidas e teste.”

Tempo: 3 horas-aula.

Objetivos:

- Avaliar o desenvolvimento da aprendizagem na área do Eletromagnetismo, nos temas da eletricidade e dos semicondutores;
- Consolidar saberes adquiridos.

Conteúdos:

- Leis de Ohm;
- Circuitos;
- Efeito fotoelétrico;
- Semicondutores;
- Transição eletrônica.

Recursos: Notebook e internet.

Metodologia:

- 1º momento: Questionamentos e debate, realizados em reunião no aplicativo *meet*, solucionando possíveis dúvidas ainda presentes sobre os temas da sequência;
- 2º momento: Aplicação do teste por meio de formulário do *google forms*;
- 3º momento: Resolução e revisão das questões do teste. Resolução e revisão dos questionamentos.

Referências:

- ENEM-2017-CR. q. 108.
- ENEM-2018-CA. q. 118.
- SUPERINTERESSANTE. Ed. 420. Out., 2020. p. 21-33.
- UFRGS-CV/2019-FÍS. p. 13.

O pós-aula:

Última avaliação. Ao fim dessa sequência de aulas será solicitado a elaboração de um “post” simples sobre o assunto trabalhado, em que o estudante insira ao menos três das palavras de sua lista. O *post* pode abordar algum tema em específico ou o conteúdo de forma geral, podendo ou não ser postado em uma rede social, e o *link* da postagem ou arquivo produzido enviado ao e-mail do professor – que analisará e comentará o referido registro, seja imagem com descrição, desenho esquematizado, texto apenas, vídeo ou áudio (estilo *podcast*). Aqui pode aparecer a foto de um circuito de algum aparelho eletrônico quebrado e uma descrição de seus componentes e funcionamento, por exemplo.

Minhas expectativas de aprendizagem são a utilização das leis de Ohm como ferramentas (compreensão da equação da resistência no regime linear e do gráfico de um exemplo) e o seu domínio conceitual básico; a compreensão da relação entre resistividade e condutividade; o reconhecimento de circuitos elétricos; a diferenciação de gráficos linear e exponencial, com a exemplificação através do de um dispositivo ôhmico e da temperatura X resistividade no semicondutor; e o mecanismo da transição eletrônica.

Referências:

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências**: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002.

PIETROCOLA, Maurício; POGIBIN, Alexander; ANDRADE, Renata de; ROMERO, Talita Raquel. Física em contextos: *Eletricidade, Ondas eletromagnética e Radiação e Matéria*. V. 3. 1. ed. São Paulo: FTD, 2010.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física III: Eletromagnetismo. São Paulo: Pearson, 2011.

BOUDINOV, H.I. Do silício até os semicondutores orgânicos. VII EEEFís - RS. UFRGS, 2017.

ENEM-2017-CR. q. 108.

ENEM-2018-CA. q. 118.

SUPERINTERESSANTE. Ed. 420. Out., 2020. p. 21-33.

UFRGS-CV/2019-FÍS. p. 13.

<https://www.youtube.com/watch?v=TOCarH77uaI> (produção autoral.)

O roteiro

Roteiro Original: Os Semicondutores

1ª parte: O contexto, a Tecnologia

Quando falamos em Semicondutores talvez o mais interessante que se possa dizer é que esses elementos são a base da eletrônica e, portanto, da computação moderna. E o mais relevante, do ponto de vista tecnológico, é que esses materiais precisam ser *dopados* – para serem produzidos (os semicondutores extrínsecos) ou para aumentar o seu rendimento (intrínsecos).

- Em sua maioria, os elementos que constituem os componentes eletrônicos a base de semicondutores são o Silício e o Germânio.

Não confundir a mineração desses elementos com a de nióbio, queridinha daquele grande nome relacionado a presidência # recorte do Jair promovendo pulseirinha no Japão # *Não, to falando do outro # recorte do Enéas falando entusiasticamente # *O primeiro vídeo tava fora de contexto, mas também vale de gancho para dar o aviso para que se evite outra confusão como a dele, que achou que o Vale do Silício, fosse um grande minério [Imagem do VS verdadeiro]

- Mas de fato, a mineração do Silício tem grande importância no setor estratégico nacional [slide porcentagem; VII EEEFís 2017 UFRGS]

- Porém, nem tanto pela quantidade, mas pela qualidade.

- Quanto a dopagem, afinal, o que significa? O *dopping* de atletas como o Guerrero [imagem camisa], de outros jogadores ou de atletas olímpicos? Também, nesse caso, são usadas substâncias químicas com a intenção de melhorar seu desempenho/rendimento. Pois bem, na Ciência & Tecnologia, no caso da dopagem de materiais, mais especificamente de semicondutores, são produzidas ligações como a GaAs, que apresentam propriedades interessantes do ponto de vista tecnológico e industrial relativas a sua condutividade. Porém, às vezes a semicondutividade já é um fenômeno presente no próprio elemento (os semicondutores intrínsecos) e a dopagem tem o intuito apenas de aprimorar seu rendimento, como no caso do Silício e do Germânio. Esse fenômeno torna possível a existência de chips e materiais do gênero. Mas, para que tamanha tecnologia seja aproveitável, a

substância semicondutora precisa apresentar um grau de pureza quase que perfeito, de mais de 99,999%. O Brasil, como já demonstrado, possui as reservas do Silício mais puro, no entanto, mesmo esse ainda precisa ser purificado.

2ª parte: A Ciência, interdisciplinaridade

Mas como chegar no conceito de semicondutor a partir da Física Clássica, trabalhada por vocês desde o primeiro ano do Ensino Médio até o terceiro?

- Esse estudo se dá no campo do eletromagnetismo (que vocês começaram a abordar nas aulas de eletricidade). Em relação as suas propriedades elétricas, os materiais dividem-se em: condutores (os metais) [Quadro: Tabela Periódica; minérios; ferramentas], que possuem como característica uma boa condução de corrente elétrica (ou seja, de elétrons); isolantes (ametais) [TP; borracha], que *não* conduzem corrente elétrica – e caso fosse aplicada corrente suficientemente grande para que esse material conduzisse, ele é destruído em vez disso (no caso do ar ele é ionizado, produzindo plasma [o raio]). A grandeza que descreve essa propriedade é a *condutividade*. Os materiais que apresentam altos valores para essa propriedade são os condutores, e a ordem de grandeza é de entre 10^4 e 10^6 $(\Omega.m)^{-1}$; já os isolantes, apresentam valores baixíssimos, da ordem de entre 10^{-10} e 10^{-20} $(\Omega.m)^{-1}$, e por isso não conduzem corrente elétrica – ou seja, se os elétrons fossem ovelhas, os isolantes seriam algo como péssimos pastores. A condutividade não pode ser medida diretamente. No entanto, pode ser obtida através da sua equivalência com o inverso da *resistividade*, isto é, a condutividade tem o “mesmo valor” [img. Palavra “equivalente” dividida em seus radicais com os significados] que o inverso da resistividade – ou seja, o número 1 dividido pelo valor dela [equação condutividade no quadro]. Por sua vez, a resistividade *também* não é medida diretamente, e, sim, obtida através da sua proporção com o valor da *resistência* e dos fatores geométricos (largura e comprimento) do material em questão [equação resistividade no quadro] – e, essa, sim, a resistência, pode ser medida através da contagem dos dias que as escolas ficaram ocupadas na greve contra... brincadeira, através da utilização de um *multímetro* mesmo. Mas existem materiais que não estão nem tanto em um extremo nem em outro, são, como o próprio nome já diz, os Semicondutores (o próprio nome já diz, pois semi é um prefixo grego que significa meio [quadro]), que possuem condutividade da ordem de entre 10^{-7} e 10^3 $(\Omega.m)^{-1}$. Eles são tipo os indianos meditando da Tabela Periódica –

sabe aquela história de caminho do meio [img. Dhalsim]? Quem não souber pesquisa aí no google “meditação” que é um conceito importante. Mas fato é que eles são assim. Meio-termo. Para explicar um pouco melhor, são tipo o Ciro Gomes ou a Marina Silva dos materiais [vídeo do Ciro falando do Centrão]. E aproveitando a analogia, o Bolsonaro seria tipo os isolantes {imitação: Não quero saber dessa história de elétron-livre não, isso é coisa de va-ga-bun-do. Elétron no meu governo vai ficar é preso!}; já os condutores seriam mais tipo o Lula {Que isso companheiro. Elétron tem que ficar livre. Aqui é elétron-livre pô!}. E o mais interessante da condutividade e, portanto, da resistividade dos semicondutores, é que ela pode variar de acordo com a luminosidade, a temperatura e a própria dopagem – o que é a causa de seu uso ser tão interessante em diversas áreas, como no *touchscreen* do seu celular, que reconhece a escuridão do local onde você colocou seu dedo (mudança na luminosidade) e entende onde você está clicando. Mas falando um pouco mais sobre o fenômeno da *semicondutividade*; não confundir com o fenômeno Ronaldo, o primeiro é um fenômeno dos materiais, ou outro era dos gramados; a semicondutividade é muito interessante para o uso na eletrônica, primeiramente, porque um material deste tipo, é capaz de conduzir corrente em um só sentido, nunca no outro. A corrente vem de um lado e é tipo assim “Segue o fluxo, ei, segue o fluxo”. Já do outro é mais como: “Aqui não violão” {música e meme famosos}. Esta propriedade é de extrema utilidade para eletrônica; afinal, você não quer que o carregador do seu celular carregue o seu celular ao mesmo tempo que o “rouba” carga elétrica, por exemplo; você quer que a carga apenas *entre*, em outras palavras, que a corrente *flua em apenas um sentido*; para isso que serve um *diodo* que é colocado na ponta do circuito carregador, logo antes do fio. Diodo [componente e símbolo] é um componente eletrônico a base de material semicondutor que é colocado nos circuitos justamente com a finalidade supracitada (ou então para *retificar* uma corrente, mas isso é apenas uma extrapolação da propriedade já citada que pode ser abordada em sala de aula). Outro componente eletrônico semicondutor é o Led, que é nada mais nada menos que um Diodo emissor de luz (da sigla em inglês [Light emitting diode]). Mas os componentes eletrônicos semicondutores mais importantes para a computação talvez sejam os transistores e os Cis [palavras no quadro]. E aqui eu não estou falando da questão do trans e do cis-gênero, apesar da discussão sobre a importância de se respeitar as pessoas de todas as formas, inclusive nos seus gêneros, ser muito relevante [imagem livro gêneros textuais e do discurso]. Não esses não, os biológicos e sociais mesmo. Enfim, são os transistores e os CIs

que fornecem as portas lógicas que transformam o comando dado ao computador na operação que ele realizará. E isso foi fundamental para a revolução da computação, já que a semicondutividade acontece no nível dos átomos, que são microscópicos, possibilitando que daqueles computadores que ocupavam uma sala inteira no início da informática surgissem os *notes* de hoje. Os semicondutores também são importantes para a geração de energia, já que são o material base das Placas Solares Fotovoltaicas. E isso tem a ver com a sensibilidade do semicondutor a luz, já citada, mas essa é uma questão pra outro momento.

3ª parte: Sociedade

E, para finalizar, talvez alguns achem estranho tantos presidentes e candidatos em um vídeo sobre Ciência. Mas isso é para passar um recado: Não importa qual seja o próximo presidente da República Federativa do Brasil, mas ele deve ter planos bem traçados para a Ciência, a Tecnologia, as Minas e Energias e a Educação – e esses planos devem ser coesos entre si. Obrigado!

4ª parte: A avaliação

Então agora, começa a parte de vocês. Que será a avaliação do que vocês aprenderam. “Mas professor, foi um vídeo tão curtinho, será que eu aprendi alguma coisa?”. Dois pontos a respeito disso: o primeiro, é que se você se interessou e prestou atenção, muita informação você obteve [Yoda]. E para além disso, trabalhar as competências em relação ao conteúdo, analisando um pouco mais, vemos que também foram trabalhadas competências de metodologia, postura, comportamento e até valores. Metodologia porque se vocês repararam bem o vídeo, e se não o fizeram, aproveitem a *recursividade*, voltem o vídeo e vejam, as informações importantes estavam todas referenciadas; foram apresentados dados estatísticos e suas fontes (respeitáveis); dados foram relacionados, informações de várias áreas da ciência – desde a geografia com as áreas de minerações e nossa disponibilidade de recursos, passando pela química com os elementos, substâncias e materiais, a linguística com os radicais das palavras, até a física com as propriedades da matéria, conceitos, equações e valores, e gráficos que perpassam as diversas disciplinas – foram cruzadas; e, somente a

partir daí, de um embasamento científico, que se fez alguma interpretação. E esse o método científico. Ter uma hipótese – pode ser a partir da leitura de diversas referências – testá-la com dados (podendo ser seus próprios ou pesquisados), cruzar os resultados com o de pares, outros pesquisadores, de mesma área ou outra, interpretar o que surgiu e comunicar. Claro que o nosso roteiro não seguiu exatamente essa ordem como visto. No entanto, todos os elementos estiveram presentes: hipótese, teste, comparação, interdisciplinaridade, muita referência e interpretação – e é isso o que *mais* importa segundo o consenso. Não seguir a “ordem” é até defendido na literatura atual, a partir da linha epistemológica (uma espécie de filosofia da filosofia, ou *o estudo do estudo* do conhecimento) do professor Feyerabend. Então guardem muito bem essa questão do *método científico* e vamos pro segundo ponto. O segundo ponto é que nosso processo de avaliação *faz parte* do processo de aprendizagem. Vocês vão ter que pesquisar, utilizando o método científico, para ver o quanto as informações e as técnicas apresentadas pelo vídeo foram assimiladas. Vão aparecer agora 10 *links* em que vocês poderão escolher por qual maneira vocês querem ser avaliados: 1 - uma pesquisa histórica conectando os estudos iniciais sobre eletricidade pelos árabes, a descoberta da onda elétrica por Maxwell e o primeiro computador de Turing (base, Livro Pietrocola e Strathern: Turing); 2 - uma pesquisa tecnológica sobre as placas solares fotovoltaicas (Projeto nanofios de prata); 3 - um questionário sobre os conceitos abordados; 4 - uma questão numérica envolvendo a ciência dos semicondutores (Young: Efeito Hall); 5 – um jogo sobre a invenção do computador (Strathern: Turing); 6 – um vídeo debate sobre energia renovável (vídeo no canal Poisé); 7 – uma pesquisa tecnológica sobre os semicondutores orgânicos (Conferência VII EEEFís 2017 UFRGS); 8 – uma pesquisa sobre o porquê dos semicondutores e a dopagem (Vídeos Freitas & Oliveira); 9 – montagem eletrônica (*Datasheet* circuito carregador); 10 – pesquisa artística: os dispositivos “mais possíveis” do Batman e do Homem de Ferro (Filmes). Em todas essas opções você poderá ser avaliado por meio de desenhos, vídeos, áudios e escritas. Também será acompanhado em todo o processo de estudo e criação por meio de fóruns e um período definido para uma conversa individual. Mais ou menos como uma cadeira de TCC – trabalho de conclusão de curso – onde tem uma turma que aprende sobre a metodologia geral da confecção de seu trabalho, e cada estudante (nesse caso grupo) tem o seu orientador individual em seu projeto. Nos *links* está descrito como se deve proceder mediante a escolha daquela opção.

Cada opção poderá ser escolhida por x^1 estudantes, que configurarão grupos, para que possamos ter números iguais em cada tema. Um bom trabalho, boa sorte e obrigado!

1 $x=1/10$ da turma.

Referências

1. BRASIL. MEC. Base Nacional Comum Curricular. 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/11/7_Orienta%C3%A7%C3%B5es_aos_Conselhos.pdf , acesso em 22/06/2020 às 15h.
2. BRASIL. MEC. Parâmetros Curriculares Nacionais. 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf> , acesso em 22/06/2020 às 15h.

Artigos e anais:

3. CARMONA, A.G. Construcción de significados de física de semicondutores en educación secundaria: Fundamentos y resultados de una investigación. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 4, p. 507-519, 2006.
4. FREITAS, F.C.; OLIVEIRA, A.J.A. O uso de vídeos curtos para ensinar tópicos de semicondutores. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 3, 3502, 2015.
5. BRONCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? Investigações em Ensino de Ciências, v. 10(3), p. 387-404, 2005.
6. AULER, D. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: Pressupostos para o contexto brasileiro. Ciência & Ensino, v. 1, n. especial. Novembro, 2007.
7. BACKES DE OLIVEIRA, P; PIMENTEL JR., J. L.; HECKLER, V. Física Quântica no Ensino Médio: uma proposta de inserção contextualizada. Anais da XVI MPU, 2017.

Livros (Física):

8. PIETROCOLA, M. Maurício Pietrocola; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; RAQUEL, T. Física em contextos. SP: FTD, v.3, 2000. 496 p.
9. YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física III Eletromagnetismo. São Paulo: Pearson, 2011. 448 p.
10. GRIFFITHS, D.J. Eletrodinâmica. Trad. Heloisa Coimbra de Souza. 3 ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011. 424 p.
11. EISBERG, R.; RESNICK, R. *Física quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas*. 23ª tiragem. Rio de Janeiro: Editora Campus. 1979. 461 p.
12. PUREUR, P. Estado sólido. Porto Alegre: IF – UFRGS, 2001. 229p.

Livros (Didática):

13. FREIRE, P. Pedagogia da Autonomia - Necessários à Prática Educativa. 36ª Edição. RJ: Paz e Terra, 1996. 165 p. (Coleção Saberes).
14. VIGOTSKI, L. S. A construção do pensamento e da linguagem(2a ed., P. Bezerra, trad.). SP: Martins Fontes, 2001. 496 p.
15. LIBÂNEO, J.C. Organização e Gestão da Escola: teoria e prática. GO: Alternativa, 2001.
16. DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. Ensino de ciências: fundamentos e métodos. SP: Cortez, 2002.
17. BOURDIEU, Pierre. Classificação, desclassificação, reclassificação. Em NOGUEIRA, M. A. e CATANI, A. (orgs.) Escritos de Educação. Petrópolis, RJ : Vozes, 2002

Vídeos:

18. Freitas & Oliveira. Vídeo-aulas: Semicondutores no Ensino Médio. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Zer4Yd1_JFw&list=PLnN6K9veRimDtpheMV9tvsLkYwnd1VqQW , acesso em: 22/06/2020 às 15h.
19. Henri Ivanov Boudinov. Conferência: Do silício até os semicondutores orgânicos. VII EEEFís. UFRGS. 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Wdm-bCIPbpw_360p , acesso em: 22/06/2020 às 15h.
20. Maurício Pietrocola. Maurício Pietrocola fala sobre estratégias de ensino. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=UFPGPsV8ZBU> , acesso em: 22/06/2020 às 15h.
21. José Abdalla Helayël-Neto. Conferência: A experiência do PVNC-Petrópolis e a Física como disciplina de recuperação da auto-estima. VII EEEFís. UFRGS. 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=G8bt8WL2KtM> , acesso em: 22/06/2020 às 15h.

Imagens:

brasilescola.uol.com.br

infoescola.com

wikipedia.org

globoesporte.globo.com

fandoms

Anexo I: Imagens



chipe



dhalsin-dcheroes
rpg_fandon_com
-wiki



diodo



discurso bolso



empresas-do-val
e-do-silicio



enem grafico
gols



energia-solar



ferramentas-met
âlicas_ferpam_co
m



guerrero-globoes
porte_globo_co
m



isolante e semic



isolantes-brasil_e
scola_com_br



metais



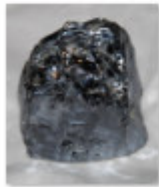
niobio-brasil_esc
ola



produção
mundial de
silício



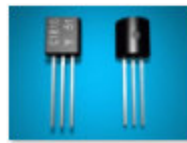
ronaldo-lance_co
m_br



silicio-info_escol
a



tp completa



trans



vale do nióbio



yoda-starwars_fa
ndom_com_br