



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL de LONDRINA

---

ERCI NAOMI TANAKA HIRAI

**UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE  
SIGNIFICATIVAS PARA EXPERIMENTOS COM LEDS.**

ERCI NAOMI TANAKA HIRAI

**UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE  
SIGNIFICATIVAS PARA EXPERIMENTOS COM LEDS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Edson Laureto

Londrina  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

H688u Hirai, Erci Naomi Tanaka.  
Unidades de ensino potencialmente significativas para experimentos com leds / Erci Naomi Tanaka Hirai. - Londrina, 2017.  
62 f. : il.

Orientador: Edson Laureto.  
Dissertação (Mestrado Profissional em Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Física, 2017.  
Inclui bibliografia.

1. Ensino de física - Tese. I. Laureto, Edson. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Física. III. Título.

CDU 53

ERCI NAOMI TANAKA HIRAI

**UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE  
SIGNIFICATIVAS PARA EXPERIMENTOS COM LEDS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a obtenção do título de Mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Edson Laureto  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Marcelo Alves de Carvalho  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Henrique Pallestero.  
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Londrina, 05 de novembro de 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Edson Laureto, pela orientação, dedicação ao seu trabalho em todas as etapas desse trabalho.

Aos professores deste programa de mestrado, que contribuíram para a construção dos nossos conhecimentos.

A Professora Inês Bressan Cardin, pela amizade e incentivo que tornaram possível a conclusão desta dissertação.

Ao meu esposo Cláudio, pelo companheirismo, apoio e motivação.

Aos meus filhos Arthur e Milena, pela compreensão nos momentos de ausência.

Aos amigos de Curso, pelo apoio, amizade, compreensão e principalmente pelos momentos felizes no decorrer dessa jornada.

HIRAI, Erci Naomi Tanaka. **Unidades de ensino potencialmente significativas para experimentos com LED's**. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – UEL – Universidade Estadual de Londrina. 2017.

## RESUMO

A Física Moderna e Contemporânea deve ser abordada no ensino médio, como sugerem pesquisas feitas a respeito, de maneira que sejam contextualizados com o cotidiano do aluno. Considerando essa perspectiva, este trabalho é a narrativa de uma experiência didática de aplicação de uma unidade de ensino para trabalhar conteúdos de Física Moderna no ensino médio através da abordagem do funcionamento do dispositivo diodo emissor de luz (LED). Aplicada em uma escola pública na cidade de Cornélio Procópio, PR, sob o referencial da teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, a das Unidades de ensino Potencialmente Significativas de Marco Antônio Moreira e dos estudos sobre Motivação em Experimentos de Física de Carlos Eduardo Laburu, descreve-se a situações-problema e os recursos selecionados e utilizados, bem como a sequência de como o tema (LED) foi abordado no ensino regular com turmas do terceiro ano. A unidade de ensino mostrou-se aplicável a alunos do ensino médio, e analisados os resultados obtidos pode-se concluir que tais discentes apreciam e mostram disposição para aprender assuntos atuais, contribuindo para a aquisição de novos conceitos de Física Moderna e Contemporânea. Certificou-se, também, que novas metodologias de ensino necessitam ser incentivadas a serem aproximadas dos meios acadêmicos para as salas de aula, a fim de que avanços na educação básica sejam alcançados. E finalmente, o produto educacional em formato de texto de apoio é apresentado, com o intuito de auxiliar professores que se interessem em repetir o processo em outro estabelecimento de ensino.

**Palavras-chave:** Ensino de física. Unidades de Ensino potencialmente significativas. LED.

HIRAI, Erci Naomi Tanaka. **Unidades de ensino potencialmente significativas para experimentos com LED's**. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – UEL – Universidade Estadual de Londrina. 2017.

### **ABSTRACT**

As research regards it, modern and contemporary physics must be addressed in high school so that it may be contextualized in the student's daily life. Considering such perspective, this work is the narrative of a didactic experience of application of a potentially significant teaching unit, aimed at contents of the teaching of modern physics through the approach to the functioning of a light-emitting diode device (LED). Applied in a public school in the city of Cornelio Procopio, PR, under the referential of David Ausubel's significant learning theory, Marco Antonio Moreira's potentially significant teaching units and Carlos Eduardo Laburu's studies on motivation regarding physics experiments, the problem situations and the selected and used resources, as well as the sequence of how the subject was addressed in the regular education of third-grade classes, is here described. The teaching unit turned out to be applicable to high school students: the analysis of the obtained results allows us to conclude that they appreciate and show eagerness to learn current subjects, and that the same unit contributed to the learning of new concepts of modern and contemporary physics in a positive manner. It was also certified that new teaching methodologies applied in the classrooms need to be motivated by and close to the academia, so that the advances in basic education may be reached. The research product here exposed is presented as a supporting text, in order to assist teachers that become interested in replicating the process in other educational facilities.

**Keywords:** Physics education. Potentially significant teaching units. LED.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Absorção de energia externa .....	27
<b>Figura 2</b> – Emissão de energia interna.....	28
<b>Figura 3</b> – As energias permitidas nos níveis eletrônicos para o átomo de hidrogênio.....	28
<b>Figura 4</b> – Descrição de uma junção-PN em um diagrama de banda de energia ...	30
<b>Figura 5</b> – Esquema representativo da migração eletrônica em semicondutores com junção P-N.....	31
<b>Figura 6</b> – Imagem do vídeo “The PN Junction. How Diodes Work?” .....	39

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E SUAS EXTENSÕES</b> .....	13
1.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA .....	13
1.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA .....	14
1.3 UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVOS .....	18
1.3.1 Etapas Para Elaboração De Uma UEPS .....	18
<b>2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS COM LED</b> .....	22
2.1 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA .....	22
2.2 EXPERIMENTOS COM O USO DE LED .....	26
<b>3 METODOLOGIA DA PESQUISA: RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	33
3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E COLETA DE DADOS .....	33
3.2 RESULTADOS .....	40
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	42
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	44
<b>APÊNDICE</b> .....	46
<b>PRODUTO DIDÁTICO</b> .....	47

## INTRODUÇÃO

O trabalho apresentado nesta pesquisa é decorrente de mais de dez anos de prática docente no Ensino Médio, no qual a Física Moderna e Contemporânea aparece como uma modernização desta disciplina de Física e também é um tema que angustia esta pesquisadora que escreve este trabalho.

O ensino de Física no Ensino Médio no Brasil é predominantemente desenvolvido com base nos fundamentos da Física Clássica. Em decorrência dos rápidos avanços tecnológicos do mundo contemporâneo, o ensino de Ciências de modo geral, e da Física em particular, têm se mostrado cada vez mais distante da realidade do aluno (TERRAZZAN, 1992). O que se pode observar nas escolas é que a Física Moderna e Contemporânea (FMC) não é abordada nem inserida efetivamente no currículo do Ensino Médio e, quando ensinada, é fragmentada e não contextualizada.

Os alunos convivem com acontecimentos sociais estreitamente ligados às tecnologias e aos seus produtos e recebem na escola uma Ciência que se mostra obsoleta e distante da realidade atual. Ao se discutir tais questões, vários autores destacam a necessidade de capacitar os docentes com instrumentos didáticos para que possam aproximar seu discurso da sala de aula com o cotidiano dos estudantes. Para tentar reverter este quadro e tornar o ensino de Física mais adequado à realidade do aluno, alguns tópicos de FMC foram introduzidos no currículo do Ensino Médio com o objetivo de ampliar a compreensão dos alunos aos fenômenos tecnológicos desse século.

O Governo Federal, por meio do Ministério da Educação, lançou em 2000 os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que são referências curriculares para o ensino fundamental e médio que tentam modernizar e contextualizar o ensino no Brasil. Nele a inserção da Física Moderna no ensino médio não é só defendida como também exigida. A elaboração de documentos oficiais como as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica e os PCN foi um passo importante para o ensino, no sentido de desenvolver metas e objetivos principais a serem atingidos na Educação, mas se tornam irrelevantes se o que se propõe nesses documentos oficiais não chega de fato a ser desenvolvido em sala de aula pelos professores.

Torna-se urgente, portanto, uma proposta curricular que seja capaz de propiciar uma educação geral, fornecendo subsídios para que o aluno se aprofunde nos tópicos de Física, pois cada vez mais tais conhecimentos tornam-se imprescindíveis para o entendimento do mundo moderno, para que, assim, ele possa exercer plenamente sua participação na sociedade.

Porém, somente incluir a FMC efetivamente no currículo do Ensino médio não garante a modernização do ensino de Física, como acreditam muitos professores, visto que também é necessário que novas práticas de ensino sejam aplicadas e vinculadas as necessidades atuais dos alunos. Por isso, esta pesquisa buscou responder à seguinte situação problema: quais seriam as estratégias para facilitar a aprendizagem dos alunos no que se refere à Física Moderna?

Desse modo, as hipóteses da pesquisa fundamentam-se no fato de existir certa distância entre a percepção dos métodos da Física e a ciência que jaz por detrás dela, de tal sorte que os alunos não a reconheçam como algo presente no seu dia-a-dia. A falta de interesse dos estudantes para com a disciplina de Física faz com que eles apresentem dificuldades na compreensão dos processos da Física.

Portanto, é indispensável a busca de novas alternativas voltadas para a descoberta dos métodos da Física, que aproximem esta disciplina do cotidiano dos alunos e, assim, encurtem o abismo entre teoria e realidade.

O objetivo geral desta dissertação é analisar quais são as estratégias mais eficazes para facilitar a aprendizagem dos alunos, no que tange ao ensino de Física Moderna. O objetivo específico da pesquisa é apontar as teorias fundamentais sobre FMC no ensino médio e sua inserção em sala de aula. Para tanto, foi implementada uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) a fim de tornar a FMC mais atrativa para o aluno. Tal atividade teve lugar no Colégio Estadual Monteiro Lobato, demonstrando e apresentando os resultados de tal implementação como apresentar o produto didático.

O método adotado neste trabalho foi o dedutivo, que segundo Gil (2007) é aquele que parte do geral para o particular e o tipo de pesquisa é o estudo de caso, pois estuda exaustivamente um objeto como referencial teórico. Também foram utilizados estudos de Ausubel (2000), Moreira (2005), Laburu (2006).

Esta dissertação encontra-se distribuída em três capítulos. Os capítulos primeiro e segundo trazem um aprofundamento teórico sobre o ensino por investigação e sobre os conceitos de física abordados na sequência didática; o

terceiro traz a metodologia trabalhada, o local de pesquisa e os sujeitos pesquisados, bem como o detalhamento de como foram aplicadas as atividades da sequência e também as análises dos dados obtidos por meio dos instrumentos de coleta e as discussões dos resultados. Finalmente, as considerações finais mostram as respostas à questão da pesquisa feita no início deste trabalho. Como contribuição científica, este estudo mostrou que houve uma melhora relevante no interesse e aprendizagem dos alunos. E também espera-se que este material sirva de fundamento para aqueles estudiosos que se interessem em repetir o processo em outro colégio.

## 1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E SUAS EXENSÕES

Neste capítulo o enfoque será para a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1978), a qual Moreira (2010) reinterpreto com seu novo olhar sobre a aprendizagem e denominou como Aprendizagem Significativa Crítica. E ainda, pretende-se demonstrar o conceito de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), bem como descrever as etapas para a sua elaboração.

### 1.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A Teoria de Aprendizagem Significativa desenvolvida por Ausubel, cognitivista e construtivista, estabelece que o indivíduo apresenta uma Estrutura Cognitiva (EC) preexistente, elaborada ao longo de sua vida, a qual tem uma função importante em termos de interação com cada nova informação recebida por ele. Nesta, o processo de armazenamento das informações é organizado formando uma hierarquia conceitual que pode ser modificada à medida que se confronta com novas informações.

Segundo Moreira (2011), existem basicamente três tipos de aprendizagem: a cognitiva, a afetiva e a psicomotora (p.159, citada por, BALLESTERO, 2014,p18). A Psicomotora envolve respostas musculares adquiridas por treino e prática. A Afetiva consiste nos sinais internos do indivíduo (prazer, dor, satisfação, descontentamento, ansiedade etc.). Por fim, a Cognitiva é o armazenamento organizado de informações na mente de quem aprende (estrutura cognitiva).

A teoria de Ausubel trata da Aprendizagem Cognitiva, sem desmerecer a importância das outras. Ela parte do princípio de que existe uma estrutura cognitiva em constante mutação e que a aprendizagem é a organização e a integração de informações na estrutura cognitiva do aluno. A estrutura cognitiva, segundo o autor, deve ser entendida como o conteúdo total de ideias de certo indivíduo e a forma como estão organizadas. Apesar de todos os esforços educacionais, a experiência mais frequente nas escolas é a da aprendizagem mecânica, na qual o estudo de novas informações tem pouca ou nenhuma associação a conceitos relevantes na estrutura cognitiva. Em outros termos, não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada, não sendo requerida uma compreensão. Disso resulta uma

aplicação mecânica a situações conhecidas, sendo as informações facilmente descartadas após a realização de provas.

Na Aprendizagem Significativa esse processo é realizado de forma que uma nova informação seja relacionada com algum aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Esta ideia especificamente relevante à nova aprendizagem foi denominada por David Ausubel de Subsunçor ou Ideia-Âncora.

Na visão de Ausubel (1978), o subsunçor é um conhecimento específico já existente na estrutura cognitiva do indivíduo que aprende, que facilita dar significado a um novo saber que lhe é apresentado; são instruções prévias que permitem uma interação entre eles ou à sua descoberta. Os conceitos subsunçores são mutáveis e podem se desenvolver à medida que ocorre a Aprendizagem Significativa; podem ser formados por meio da Aprendizagem Mecânica, e pelos Organizadores Prévios. Estes são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido, pois possuem um nível mais alto de abstração e generalidade. A principal função do Organizador Prévio é servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber para que ocorra a Aprendizagem Significativa, que Ausubel chamou de “pontes cognitivas”.

Para que ocorra a Aprendizagem Significativa é necessário que o conteúdo a ser ensinado tenha um significado lógico, organizado de modo não arbitrário. Nesse contexto, o papel do professor é o de identificar os conceitos e princípios unificadores mais inclusivos (com maior poder explanatório) e organizá-los hierarquicamente para abranger os menos inclusivos, e desse modo, determinar os subsunçores que o aluno deve ter para poder aprender significativamente o conteúdo. Ademais, este deve dispor de subsunçores adequados para poder transformar o significado lógico em significado psicológico e ter disposição favorável para relacionar o que aprende com o que já sabe.

## 1.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA

De acordo com Moreira (2010), a Aprendizagem Significativa Crítica baseia-se nas ideias de Neil Postman e Charles Weingartner (1969), que acrescentam à teoria da Aprendizagem Significativa certa “subversão” como estratégia para sobreviver e compreender a sociedade contemporânea de rápidas transformações. Nesta teoria, a aprendizagem deve ser tomada como uma atividade crítica, pois,

com as mudanças rápidas dos conceitos e a evolução das tecnologias, o aluno deve estar preparado para enfrentar tais situações. Segundo ele, o termo “crítica” surge do subversivo utilizado por Postman e Weingartner, em sua obra “*Teaching as a subversive activity*”.

Para Moreira (2010):

[...] aprendizagem significativa crítica: é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. Trata-se de uma perspectiva antropológica em relação às atividades de seu grupo social que permite ao indivíduo participar de tais atividades mas, ao mesmo tempo, reconhecer quando a realidade está se afastando tanto que não está mais sendo captada pelo grupo.[...] É através da aprendizagem significativa crítica que o aluno poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias (MOREIRA, 2010, p. 7).

É por meio desse tipo de aprendizagem que o indivíduo pode lidar com as mudanças sem se deixar dominar por elas, planejar informações e manejar as ações a serem tomadas. Para que a aprendizagem seja Significativa e Crítica, além dos princípios de Ausubel, Moreira (2010) propõe outros elementos facilitadores, um conjunto de princípios simples que tem como referência as propostas de Postman e Weingartner.

De acordo com Moreira (2010, p.8), o primeiro deles é o Princípio do Conhecimento Prévio: “aprendemos a partir do que já sabemos”. De maneira simplificada, este envolve o fato de que o indivíduo aprende a partir do que já se sabe, acresce e reformula o conhecimento, ancora novas aprendizagens a cadeias de pensamento já existentes, modificando-as ou aprofundando-as. Moreira (2010) cita Paulo Freire ao afirmar que, embora vivamos numa era de crescentes modificações tecnológicas de comunicação e informação, o que parece prevalecer na escola é a metáfora da “Educação Bancária”. Nela, o conhecimento é depositado no aluno sem o estabelecimento de um saber prévio, ou ainda sem referências com a sua realidade e interesses. Desse modo, as competências seriam possíveis rendimentos desse depósito.

O segundo, chamado de Princípio da Interação Social e do questionamento, parte do pressuposto de que a aprendizagem é um processo social que envolve não somente a interação com outros sujeitos, mas destes com os contextos sociais que o determinam. Desta forma, deve-se partir não de respostas prontas, mas de perguntas, problemas que encontram relevância conjuntural. Em seguida,

consideramos o Princípio da Não Centralidade do livro-texto, que nos impele a dialogarmos com nossos alunos a partir de materiais variados e distintos, abordando diferentes linguagens.

De acordo com Moreira (2010), o quarto princípio é estreitamente relacionado ao anterior: o do aluno como perceptor/representador da realidade. O exame de diferentes marcas da presença humana no tempo e no espaço mobiliza a reflexão sobre quem os produziu e em que condições. Isto diz respeito a levar o aluno a perceber a realidade como uma trama de significados atribuídos pelos sujeitos que a produziram e a conceber o conhecimento desta a partir da produção de representações sobre a mesma.

O que nos leva ao quinto princípio, o do Conhecimento como Linguagem. Nele, há de se considerar que na linguagem está totalmente envolvida toda e qualquer tentativa humana de perceber a realidade. Isso nos leva a uma reflexão importante sobre a Física ensinada: em que medida facilitamos ao nosso aluno a construção de um aporte conceitual que lhe sirva como chave de leitura da realidade, como instrumental para a sua leitura/tradução do mundo e mediador de sua ação como sujeito histórico?

O sexto princípio facilitador da Aprendizagem Significativa Crítica é o princípio da Consciência Semântica. Esta demanda várias conscientizações, sendo a mais importante a de compreender que o significado está nas pessoas e não nas palavras. Ao usarmos as palavras para nomear as coisas, é relevante não deixar de perceber que seu significado pode mudar no decorrer do tempo. Devemos também evitar simplificações nas quais uma só palavra pode designar situações e coisas que não são semelhantes.

O ser humano aprende corrigindo seu erro e não existe verdade absoluta: são as bases do sétimo princípio, o da Aprendizagem pelo Erro, no qual se pressupõe que o conhecimento individual é construído superando falhas. Nele, o papel do professor seria o de ajudar seus alunos a reduzir as falhas em seus conhecimentos e habilidades e não de puni-los ignorando-as o como mecanismo para construir o conhecimento. Este não é definitivo, a verdade de hoje pode ser um equívoco amanhã, ou seja, estar errado.

O oitavo princípio, o da Desaprendizagem, é importante para a Aprendizagem Significativa Crítica, pois para aprender de maneira significativa é necessário que compreendamos a ligação entre o conhecimento prévio e o novo.

Uma vez que o prévio nos dificulta a conceber o novo, tem-se o caso em que é necessária uma Desprendizagem: não se trata de extinguir o conhecimento da estrutura cognitiva, mas não usá-lo como subsunçor. É importante aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência em um ambiente que está em permanente e rápida transformação.

O nono princípio, o da Incerteza do Conhecimento, expressa que a aprendizagem só será significativa e crítica quando o aprendiz perceber que perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar. Segundo Moreira (2010):

O princípio da incerteza do conhecimento nos chama atenção que nossa visão de mundo é construída primordialmente com as definições que criamos, com as perguntas que formulamos e com as metáforas que utilizamos. Naturalmente, estes três elementos estão inter-relacionados na linguagem humana (MOREIRA, 2010, p.17).

É importante esclarecer que o princípio da Incerteza do Conhecimento é diferente de assumir que todo e qualquer conhecimento pode ser aceitável. Ele enfatiza que o nosso saber é construído por nós mesmos, pois se por um lado ele pode estar equivocado, por outro vai depender da maneira de como o construímos.

O princípio da Não Utilização do Quadro de Giz, como sugere o próprio nome, não se trata de trocar o quadro negro por outro aparelho como Datashow ou Tablet, mas sim eliminar o que ele simboliza: o ensino no qual o aluno espera que o professor escreva, a simples transmissão de conhecimento justificadora da Aprendizagem Mecânica. Este princípio também defende a utilização de distintas estratégias instrucionais que acarretem na participação mais ativa do aprendiz e que favoreçam um ensino em que o aluno é o protagonista.

Por último, o princípio décimo primeiro, o do Abandono da Narrativa. O autor defende que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão. Como no princípio anterior, sugere o ensino centrado no aluno, nesse caso ele deve aprender a interpretar, discutir e negociar os significados entre si e participar criticamente de sua aprendizagem. É possível afirmar que nesse tipo de aprendizagem há a permissão ao sujeito de fazer parte de sua cultura e simultaneamente estar fora dela, agir criticamente diante dos acontecimentos sem permitir que eles o pervertam ou o dominem, rejeitando ou aceitando as verdades fixas e definições absolutas.

### 1.3 UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVOS

O conceito das Unidades de Ensino Potencialmente Significativos (UEPS) é uma sequência didática baseada nas teorias da Aprendizagem Significativa. Uma sequência didática é um conjunto de atividades, estratégias e intervenções planejadas etapa por etapa pelo docente para que o entendimento do conteúdo ou tema proposto seja alcançado pelos discentes (KOBASHIGAWA et al., 2008, p.213). Embora essas unidades sejam semelhantes a um plano de aula, elas são mais abrangentes por abordar várias estratégias de ensino e aprendizagem e por envolver um período maior de tempo.

Ao tratar das UEPS, Moreira (2011) propõe que para a aprendizagem ser mais significativa é necessário que o objeto dela tenha um potencial de significação, e que o aprendiz demonstre interesse em aprender. Para que isso ocorra é importante que o material de estudo tenha uma boa qualidade lógica, ou seja, significado lógico, e que o aluno possua conhecimentos prévios em sua estrutura cognitiva capazes de servir de base para outros.

#### 1.3.1 Etapas para elaboração de uma UEPS

Moreira (2012) propõe oito etapas para a elaboração de UEPS.

1. Situação inicial: nela ocorre a definição do assunto específico a ser abordado, e a identificação dos aspectos declarativos e procedimentais da matéria em estudo, de acordo como são aceitos em seu contexto.

2. Situações-problema: de acordo com o autor nesta etapa ocorre a apresentação de “produções textuais, debates, discussões, questionários, mapas conceituais, mapas mentais e situações-problema” (MOREIRA, 2012, p.47). Tais materiais motivam o aluno a se manifestar demonstrando seus conhecimentos prévios relevantes para a aprendizagem significativa do assunto. Para Moreira (2012, p.47), “nessa etapa, é importante propor situações-problema, em nível inicial, levando em consideração o conhecimento prévio do aluno, com o objetivo de prepará-lo para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar”. A proposição de situações-problema deve funcionar como organizador prévio, justificando novos conhecimentos. Nesse momento, o aluno

precisa estabelecer uma referência entre o problema e a sua organização mental. Segundo o autor, estas situações podem ser propostas por meio de

simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, sempre de modo acessível e problemático, isto é: não devem ser abordadas apenas como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo (MOREIRA, 2012, p.47 ).

3. *Revisão*: é importante retomar os tópicos que foram abordados nas aulas anteriores. Por isso, o professor deve iniciar a aula com uma revisão, ou seja, uma miniaula expositiva, sobre o que foi estudado até o momento, abrindo espaço para discussões e perguntas dos alunos.

4. O processo de ensino: após serem trabalhadas as situações-problemas iniciais e a retomada dos tópicos abordados em aulas anteriores, deve-se apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido levando em consideração a diferenciação progressiva: começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando e abordando aspectos específicos do assunto. A estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo. Conforme Moreira (2011), duas premissas se estabelecem na teoria da aprendizagem significativa: a primeira afirma que em situação formal de ensino deve-se tomar como ponto de partida o conhecimento prévio do aluno no campo conceitual em questão e a segunda afirma que o sujeito que aprende vai diferenciando progressivamente e, ao mesmo tempo, reconciliando integrativamente os novos conhecimentos em integração com aqueles já existentes.

5. Nova situação problema, em nível mais alto de complexidade: dar continuidade às abordagens, porém em nível mais alto de complexidade em relação às primeiras apresentações. Nessa etapa, as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade e devem-se dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e aos exemplos já trabalhados, isto é, promover a reconciliação integradora. Após essa apresentação, é importante propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador.

6. Avaliação da aprendizagem na UEPS: deve ocorrer ao longo do desenvolvimento da UEPS, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado. É importante que haja uma avaliação somativa individual após a sexta etapa, na qual deverão ser propostas situações que impliquem compreensão e que evidenciem captação de significados. A avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas de forma colaborativa e registros do professor) como na avaliação somativa.

7. Encontro final integrador: nesta etapa, conclui-se a unidade de ensino, dando continuidade ao processo de diferenciação progressiva, retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, buscando a reconciliação integrativa. A reconciliação deve ser feita por meio de nova apresentação dos significados, que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto ou o uso de um recurso computacional, sempre com a mediação do docente. O importante não é a estratégia em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade.

8. Avaliação da própria UEPS: se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa, tais como a captação de significados, compreensão, capacidade de explicar e de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema, então podemos dizer que a UEPS obteve êxito.

Os aspectos sequenciais listados acima reforçam o caráter da fundamentação teórica que deve ser observado na elaboração de uma UEPS, juntamente com o seu objetivo, sua filosofia e o seu marco teórico. Complementando essa fundamentação teórica, uma UEPS pode contemplar ainda aspectos transversais desde a sua elaboração até a sua execução e avaliação. São eles:

Em todos os passos, os materiais e as estratégias de ensino devem ser diversificados, o questionamento deve ser privilegiado em relação às respostas prontas, e o diálogo e a crítica devem ser estimulados; como tarefa de aprendizagem, em atividades desenvolvidas ao longo da UEPS, pode-se pedir aos alunos que proponham, eles mesmos, situações-problema relativas ao tópico em questão; embora a UEPS deva privilegiar as atividades colaborativas, a mesma pode também prever momentos de atividades individuais (MOREIRA, 2012, p.5).

As estratégias mais utilizadas transversalmente nas UEPS são a Diferenciação Progressiva, os Mapas Conceituais e o Diagrama V.

A Diferenciação Progressiva parte do princípio de que os conceitos e proposições devem ser apresentados primeiro como elemento subsunçor e progressivamente diferenciados ao longo do processo. Os Mapas Conceituais são diagramas que constituem conjuntos de ideias e conceitos dispostos hierarquicamente, de modo a representar a construção do conhecimento e as relações entre palavras e conceitos, utilizados para facilitar e ordenar os conteúdos a serem abordados, de modo a oferecer estímulos adequados à aprendizagem.

O Diagrama V ou Vê Epistemológico (Moreira, 2007) é um recurso heurístico. Nele, a questão chave está no centro do V, à esquerda encontra-se o domínio conceitual em forma de princípios e teorias, e à direita a metodologia, como respostas a questão básica, registros e dados. O lado esquerdo representa o pensar e o direito a produção. A produção de conhecimentos é resultado da interação entre o pensar e o fazer.

A UEPS pode servir como modelo para a elaboração de planos de aula potencialmente significativos por incentivar uma interação entre os conhecimentos que os estudantes já possuem e os novos assuntos apresentados. Ela favorece também a participação mais ativa do aluno, tornando assim o processo de construção do conhecimento mais eficiente e viável.

Neste capítulo foram apresentadas a Teoria da Aprendizagem Significativa, e as demais teorias que fundamentadas na concepção de Ausubel. Na sequência serão apresentados como experimentos podem potencializar o ensino e aprendizagem de física e os fundamentos para tornar uma atividade experimental em física estimulante.

## 2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS COM LED

Este capítulo tem como objetivo apresentar como os experimentos podem motivar o aluno a aprender física e a partir de uma síntese teórica elencar elementos relevantes que fazem um experimento interessante sob o ponto de vista do estudante. Pretende ainda discorrer sobre o LED (*Light Emitter Diode*) e como o seu funcionamento pode fundamentar uma proposta didática para introduzir aspectos da Física Moderna de forma que esta possa permear os conteúdos tradicionalmente trabalhados no ensino médio.

### 2.1 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2007), o uso da experimentação deve estar presente ao longo de todo o processo de aprendizagem do aluno, no qual este deverá desenvolver conhecimentos físicos mais significativos, além de assegurar que ele construirá outras habilidades, tais como interagir, questionar e investigar. Ainda segundo estes Parâmetros, não se pode ignorar que o aluno, apesar de apresentar algum conhecimento prévio, nem sempre consegue assimilar corretamente os conceitos científicos. É preciso reconhecer que a forma com que o aluno constrói suas articulações deve ser respeitada, pois é através dela que ele vai construir um conhecimento mais amplo. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997), pode se ler:

Os desafios para experimentar ampliam-se quando se solicita aos alunos que construam o experimento. As exigências quanto à atuação do professor, nesse caso, são maiores que nas situações precedentes: discute com os alunos a definição do problema, conversa com a classe sobre materiais necessários e como atuar para testar as suposições levantadas, os modos de coletar e relacionar os resultados (BRASIL, 1997, p.123).

A sociedade contemporânea produz informações altamente especializadas e em ritmo acelerado, portanto o acesso a ela é dinâmico e quase instantâneo. Isso faz com que a compreensão e vivência de uma informação pelos estudantes não seja geralmente possível, pois estes não têm estímulo nem tempo para lidar com ela. Nesse contexto, a experiência e o pensamento crítico ficam, cada vez mais,

distanciados da escola. No ensino de Física, tais questões podem ser percebidas pela dificuldade ou, até mesmo, impossibilidade por parte do aluno de relacionar a teoria observada em sala com a realidade a sua volta. Para compreender a teoria é preciso experienciá-la, portanto atividades experimentais são ferramentas para que o aluno estabeleça a dinâmica e indissociável relação entre teoria e prática.

Batista (2009) ressalta a atuação do professor como orientador e mediador dessas atividades experimentais, nas quais ele deve fazer surgir dos alunos a problematização dos conteúdos, motivando, observando o comportamento deles, orientando, sempre que for possível e necessário, salientando aspectos que tenham passado despercebidos por eles e que tenham importância para o desenvolvimento das atividades.

Seguido desse contexto Batista (2009) afirma:

A experimentação no ensino de Física não resume todo o processo investigativo no qual o aluno está envolvido na formação e desenvolvimento de conceitos científicos. Há de se considerar também que o processo de aprendizagem dos conhecimentos científicos é bastante complexo e envolve múltiplas dimensões, exigindo que o trabalho investigativo do aluno assuma várias formas que possibilitem o desencadeamento de distintas ações cognitivas, tais como: manipulação de materiais, questionamento, direito ao tateamento e ao erro, observação, expressão e comunicação, verificação das hipóteses levantadas. Podemos dizer que esse também é um trabalho de análise e de síntese, sem esquecer a imaginação e o encantamento inerentes às atividades investigativas (BATISTA, 2009, p.18).

Essa estratégia de ensino permite que os alunos possam promover a construção dos conceitos físicos pautados no desenvolvimento de projetos que possam estabelecer a articulação entre os diferentes instrumentos científicos e tecnológicos produzidos na atualidade e os agentes educativos que fazem parte da vida escolar.

Laburu (2006), a partir de uma composição teórica, formulou concepções sobre a motivação do aluno em atividades experimentais, e estabeleceu traços importantes que levam certos experimentos a serem mais atrativos que outros.

Novak (1996) considera que para uma aprendizagem ser significativa deve ser observado no processo o pensar, o agir e também as condições afetivas, que são as emoções entre o aprendiz e o professor. Complementa que a compreensão de um determinado fato ou matéria é consideravelmente maior quando a experiência afetiva é positiva e cognitivamente construtiva. Educadores e também a comunidade escolar percebem que o aluno motivado pode chegar a resultados superiores,

enquanto o desmotivado pode apresentar rendimentos abaixo de seu verdadeiro potencial, consequência do fato que na ausência da motivação há uma queda no envolvimento pessoal. Portanto, juntamente com a necessidade de que o aluno construa os conceitos científicos corretamente, é indispensável despertar o interesse do aluno em aprender.

O motivo ou motivação é definido como um estado psicológico fundamental que dá direção a um fim. É aquilo que move uma pessoa pondo-a em ação ou fazendo-a mudar de curso (BZUNECK, 2001, p.8). Como é a motivação que impulsiona o aprendiz a ação, supõe-se que este problema está no aluno. No entanto, a realidade é a de que ele não possui exclusividade nesta questão: interações entre professor e estudante, fatores de contexto de sala e até fatores ambientais influenciam na motivação.

De fato, segundo Guimarães (2001), há dois tipos de motivação, a extrínseca, resposta a algo externo a atividade realizada, e a intrínseca, na qual a escolha por determinada atividade é resposta de uma satisfação interna. A motivação extrínseca está relacionada às situações e aos fatores externos como, por exemplo, notas, prêmios ou até quando a atividade auxilia a evitar problemas ou embaraços. Professores acreditam que este tipo de motivação, de mais fácil aplicação, é a única maneira de manter os alunos comprometidos e produtivos. É grave quando indivíduos se tornam dependentes da motivação extrínseca, principalmente dentro do ambiente escolar. Diferentemente, a motivação intrínseca independe do ambiente, está relacionada aos interesses individuais e à escolha pessoal. Trata-se da realização de determinada tarefa por ser interessante, cativante ou de alguma maneira ela produz satisfação. Na escola, representa o objeto de estudo que desperta uma atração que o estimula a se empenhar para vencer os obstáculos que possam aparecer ao longo do processo de aprendizagem. A melhor maneira de reconhecer a diferença entre as duas noções é questionar se uma pessoa exerceria o mesmo trabalho se este não fosse seguido de recompensas ou não houvesse possibilidade de alguma punição. Caso a resposta a esta pergunta seja positiva, teríamos o caso da segunda categoria (GUIMARÃES, 2001, p.37). Na maior parte dos casos, a motivação dos adolescentes na vida escolar não é intrínseca, destacando-se em vez disso os motivadores extrínsecos.

Fundamentados nas reflexões da acima, passamos a sintetizar orientações que subsidiam a elaboração e a utilização de atividades experimentais em sala de

aula de modo que os estudantes se sintam estimulados a executá-lo. Segundo Laburu (2006):

A primeira ideia intuitiva que vem em mente, quando se deseja lançar mão de atividades experimentais para prender a atenção do aluno, é explorar a novidade ou o lúdico. No primeiro caso, isso é possibilitado pelo viés do curioso ou inesperado e o último pela provocação de sensações de prazer ou pelo desafio. No entanto, apenas esses dois elementos são insuficientes dentro de um contexto com pretensão de ensino-aprendizagem, pois a tarefa pode vir a acabar em simples entretenimento (LABURU, 2006, p.396).

A respeito de atividades experimentais no ambiente escolar, para que este se torne interessante para o aluno, devemos adentrar no conceito de novidade. Para este intento, o formato dessas atividades deve observar duas dimensões de interesse, denominado por Laburu (2006) de Satisfação de Baixo Nível e Satisfação de Alto Nível.

A intenção na Satisfação de Baixo Nível é estimular a motivação recorrendo à magia, à fantasia e ao lúdico, atuando no campo sensorial, paralelamente ao entretenimento, o aprendiz apresenta certa autonomia em relação ao objeto de estudo. Por sua vez, a Satisfação de Alto Nível pretende encorajar a motivação instigando as competências intelectuais e sociais do aluno com o objetivo de solucionar problemas e atuar no nível cognitivo do desafio, sendo importante nesta dimensão a mediação do professor a fim de viabilizar o desenvolvimento da construção do conhecimento. Para Laburu (2006, p.396), “uma atividade experimental cativante planejada para apelar à dimensão de baixo nível de interesse, se inserida num esforço pedagógico, deve, concomitantemente, vislumbrar no horizonte um apelo à dimensão do interesse de alto nível”.

Outra dimensão relevante é a do interesse por apelo social: temos a necessidade da satisfação emocional de estar em contato com outras pessoas, de pertencer a um grupo, pois desperta interesse do aluno contextos do seu cotidiano, predispondo-o à aprendizagem. A escolha de uma atividade experimental, porém, não deve se limitar apenas nos apelos de satisfação de baixo e alto nível ou ao apelo social, pois componentes auxiliares devem ser acrescentados para que o interesse nesta atividade não seja efêmero, sendo desejável que este interesse se pendure pelo mais longo espaço de tempo possível.

Ainda que a motivação inicial seja satisfatória, ela pode facilmente diminuir ou até se extinguir se no decorrer do experimento as ações caírem em operacionalizações mecânicas com pouca significação. Segundo Charlot (2000),

para haver atividade o indivíduo deve mobilizar-se, e para que se mobilize a situação precisa apresentar significado. Sendo assim, não basta motivar-se por algo externo, é necessário ainda que o significado não se perca para a continuidade da mobilização. Há maior possibilidade da motivação se manter em níveis elevados quando a tarefa possuir um significado pessoal.

As atividades experimentais no ambiente escolar são elementos importantes para o ensino de Física, potencializando a compreensão dos fenômenos e conseqüentemente melhorando a aprendizagem. Por meio de estudos sobre motivação procuramos selecionar elementos para a composição de experimentos cativantes, pois os que possuem no seu planejamento aspectos aqui citados possuem maiores chances de êxito junto aos estudantes.

## 2.2 EXPERIMENTOS COM O USO DE LED

O Light Emitter Diode (LED) é um componente eletrônico semicondutor, ou seja, um diodo emissor de luz que tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz. Essa transformação é feita na matéria, sendo, por isso, chamada de Estado Sólido (*Solid State*). A composição física dos LEDs tem sua explicação em física moderna, mais especificamente no átomo de Bohr, e através de experimentos com o uso desses componentes pretendemos potencializar o ensino de física.

Apesar de o LED ser um componente muito comentado na atualidade, sua invenção, por Nick Holonyac, aconteceu em 1963, somente na cor vermelha, com baixa intensidade luminosa. Por muito tempo, o LED era utilizado somente para indicação de estado, ou seja, em rádios, televisores e outros equipamentos, sinalizando se o aparelho estava ligado ou não. No início dos anos de 1990, foi possível obter-se LEDs com comprimentos de onda menores, nas cores azul, verde e ciano, tecnologia esta que propiciou a obtenção do LED branco, cobrindo, assim, todo o espectro de cores. Atualmente, temos LEDs que atingem a marca de 120 lumens de fluxo luminoso, e com potência de 1,0 – 3,0 e 5,0 watts, disponíveis em várias cores, responsáveis pelo aumento considerável na substituição de alguns tipos de lâmpadas em várias aplicações de iluminação.

Para compreender a física por trás do funcionamento dos LEDs é necessário o domínio de alguns conceitos de Física Moderna que são: Átomo de Bohr,

níveis quânticos de energia, condutores, isolantes e semicondutores, dopagens P e N.

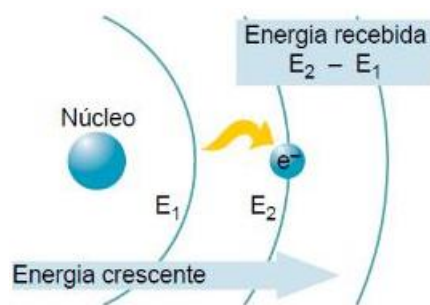
Alicerçado nas ideias desenvolvidas por Einstein e Plank, em 1913, o cientista dinamarquês Niels Henrik David Bohr (1885-1962) propôs que os átomos se assemelhariam a um sistema planetário, com os elétrons ocupando órbitas em torno do núcleo, órbitas mais afastadas do núcleo correspondem a elétrons mais energéticos que podem "saltarem" para um nível de menor energia. Neste "salto" emitiriam fótons de energia de valor igual à diferença energética entre os dois níveis. Bohr ainda acrescentou três postulados ao modelo atômico de Rutherford, modelo atômico aceito pela comunidade científica até então:

- Os elétrons movem-se em órbitas circulares em torno do núcleo atômico;
- Quando um elétron passa de uma órbita para outra, uma quantidade fixa de energia é absorvida ou emitida;
- Os elétrons não emitem energia enquanto percorrem as órbitas eletrônicas, há um número específico de órbitas que são permitidas.

No estado fundamental, ou seja, de menor energia, os elétrons ocupam os níveis de energia mais baixa, enquanto que no estado excitado eles recebem energia e migram de um nível de menor energia para outro de maior energia - é o que chamamos de saltos quânticos. Os elétrons, ao retornarem para as camadas energéticas mais baixas, emitem a energia recebida. Segundo Bohr, o elétron jamais pode permanecer entre dois níveis de energia permitidos. (EISBERG; RESNICK, 1979).

Figura 1 - Absorção de energia externa

$$E = E_2 - E_1, \text{ onde } E > 0$$

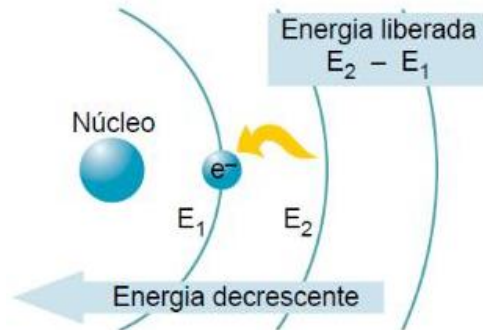


Fonte: Portal São Francisco.

Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/quimica/modelo-atomico-de-bohr>>.

Acesso em: jun. 2017.

Figura 2 - Emissão de energia interna



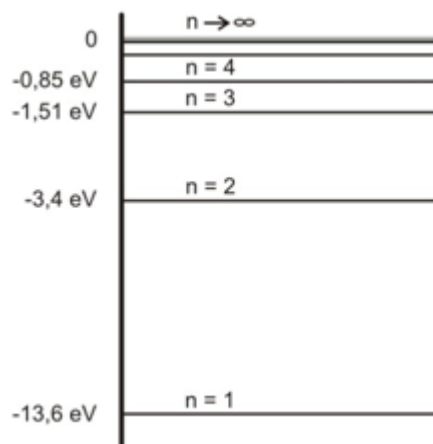
Fonte: Portal São Francisco

Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/quimica/modelo-atomico-de-bohr>>.

Acesso em: jun. 2017.

Ao retornar para um nível mais interno, o elétron emite energia na forma de luz, radiação eletromagnética, um *quantum* de energia. Os elétrons podem transitar entre as camadas eletrônicas através da absorção e emissão de energia, cuja frequência é dada por:  $E_2 - E_1 = h\nu \rightarrow$  logo,  $E = h\nu$ , em que  $E$  é a energia emitida ou absorvida pelo elétron;  $h$  é a constante de Planck. ( $6,63 \times 10^{-34}$  J.s);  $\nu$  é a frequência. A luz emitida é quantizada e pode ser observada através dos espectros de linhas. Bohr mostrou que:  $E = (-2,18 \times 10^{-18} \text{J}) \left(\frac{1}{n^2}\right)$ , onde  $n$  é o número quântico principal. Para o hidrogênio, as energias permitidas nos níveis eletrônicos são dadas no diagrama a seguir:

Figura 3 - As energias permitidas nos níveis eletrônicos para o átomo de hidrogênio.



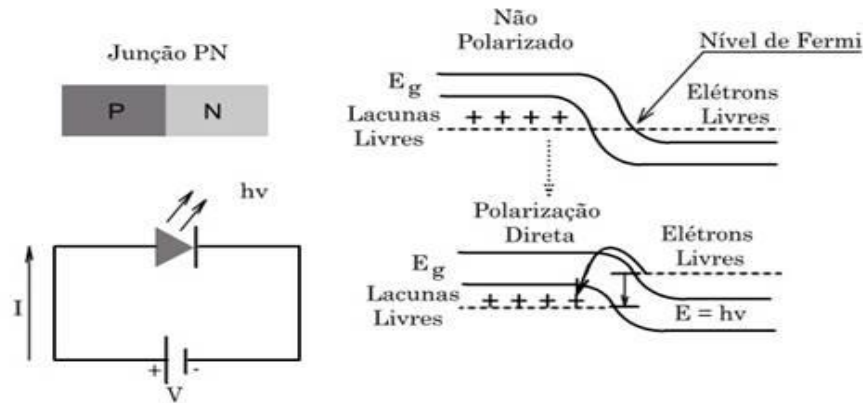
Fonte: Portal São Francisco  
Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/quimica/modelo-atomico-de-bohr>>.  
Acesso em: jun. 2017.

Cada valor de  $n$  é referente à energia quantizada necessária para que um elétron transite entre as camadas eletrônicas. Quando  $n \rightarrow \infty$ , o elétron não pertence mais ao átomo, ou seja, o átomo está ionizado; nesse caso, houve a perda de um elétron. Cada valor em elétron-volt (eV) é um quantum de energia. Quando  $n = 1$ , o elétron está no primeiro nível. Se receber um quantum de 13,6 eV ele será retirado do átomo de H. A essa energia chamamos de energia de ionização: é a energia mínima necessária para retirar um elétron do átomo em seu estado fundamental (EISBERG; RESNICK, 1979).

Os cristais de um semicondutor como o silício são formados a nível atômico por uma estrutura cristalina baseada em ligações covalentes que se produzem graças aos 4 elétrons de valência do átomo. O lugar deixado pelo elétron quando abandona a camada de valência é chamado de *lacunas* ou *buracos*. Ao abandonar o átomo, este elétron pode torna-se um *elétron livre* ou manter um vínculo com um buraco, formando um par *elétron-buraco* (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

O material semicondutor puro pode ser intencionalmente “dopado” com átomos de impurezas trivalentes e pentavalentes para produzir semicondutores do tipo-p ou tipo-n. Se um cristal do tipo-p for unido a um cristal do tipo-n, será obtida uma junção do tipo p-n. Ao unir os cristais tipo-p e tipo-n, é estabelecida a difusão de elétrons do cristal tipo-n ao cristal tipo-p. Ao ser estabelecido este fluxo cargas fixas surgem em uma região entre os dois lados da junção, que recebem diferentes denominações como barreira interna de potencial, zona de carga espacial, de esgotamento ou empobrecimento, de esvaziamento, entre outras (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

Figura 4 - Descrição de uma junção-PN em um diagrama de banda de energia.



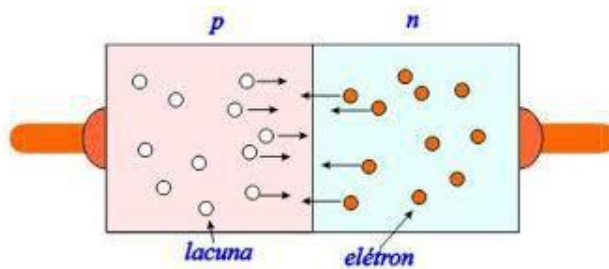
Fonte: TELECO.

Disponível em: <[http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialfsoeab1/pagina\\_4.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialfsoeab1/pagina_4.asp)>.

Acesso em: jun. 2017.

À medida que progride o processo de difusão, a zona de carga espacial vai aumentando sua largura, aprofundando-se nos cristais em ambos os lados da junção. A acumulação de íons positivos no material tipo-n e de íons negativos no material tipo-p gera um campo elétrico ( $E$ ) que atua sobre os elétrons livres da camada de material tipo-n com uma determinada *força de deslocamento*, que se opõe ao fluxo de elétrons, e terminará por detê-los. A criação de íons positivos na camada n deve-se às impurezas do tipo-n que são pentavalentes, que ao cederem o seu elétron, resultam em mais prótons que elétrons. Da mesma maneira que a impureza tipo-p trivalente, ao ganhar um elétron fica carregada negativamente por apresentar excesso de elétrons. A presença deste campo elétrico resulta em uma diferença de potencial entre o material tipo-p e tipo-n (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

Figura 5 - Esquema representativo da migração eletrônica em semicondutores com junção P-N.



Fonte: Instituto Federal Santa Catarina.

Disponível em: <[https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/index.php/AULA\\_2\\_-\\_Eletr%C3%B4nica\\_Geral\\_1\\_-\\_T%C3%A9cnico](https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/index.php/AULA_2_-_Eletr%C3%B4nica_Geral_1_-_T%C3%A9cnico)>. Acesso em: jun. 2017.

Componente eletrônico conhecido atualmente por substituir de maneira mais econômica as lâmpadas incandescentes e fluorescentes, o LED faz parte do cotidiano dos alunos e seu funcionamento parte dos princípios da Física Moderna. Valendo-se dessas características, o tomamos como suporte principal deste trabalho.

Neste estudo utilizamos também o LED como modelo de célula fotovoltaica, que transforma energia de modo reverso: de luminosa para elétrica. A luz é composta por fótons que possuem energia, e quando essa luz incide nos materiais semicondutores presentes dentro destes componentes, eles conseguem gerar um fluxo de elétrons, originando a energia elétrica. Embora sejam projetados para emitir fótons, eles também podem funcionar como receptores de luz.

Uma célula fotovoltaica também é uma junção dos dois tipos de materiais semicondutores, a junção-PN. A luz é constituída por fótons com energia  $E = hv$ , onde  $h$  é a constante de Planck e  $v$  é a frequência da luz. Quando estes fótons incidem sobre a junção, eles penetram no material e podem ser absorvidos por elétrons na banda de valência. Se a energia do fóton for da mesma ordem de grandeza que a diferença de energia das bandas, o elétron poderá alcançar a banda de condução, e estará livre para se mover. A saída de um elétron da banda de valência deixa um buraco nesta. Com a iluminação constante, haverá um grande número de pares elétron-buraco gerados pela absorção de fótons. Devido à presença dos átomos dopantes, os elétrons da banda de condução se deslocarão para a região n e os buracos da banda de valência se deslocarão para a região p.

Se um fio condutor conectar o lado p ao lado n, teremos uma corrente de elétrons se movendo da região de maior concentração de elétrons para a região com escassez de elétrons.

Apresentamos neste item os conceitos teóricos capazes de tornar um experimento em aula de Física interessante e estimulante para o aluno. Para instrumentar estes conceitos, propomos o uso do LED como modelo de emissor de luz e também de célula fotovoltaica, considerando que estes dispositivos eletrônicos estão cada vez mais presentes em nosso cotidiano e muito comentados devido aos vários benefícios quanto aos custos e manutenção. O intuito é cativar a atenção do estudante para que este interesse seja duradouro e transpasse os limites do ambiente escolar.

No próximo capítulo será apresentada a metodologia da pesquisa e a análise dos resultados.

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA: RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objetivo deste capítulo é apresentar a descrição da realização da pesquisa, fundamento deste trabalho, no Colégio Estadual Monteiro Lobato, e ainda demonstrar os resultados alcançados.

#### 3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E COLETA DE DADOS

O estudo teve início com uma análise da literatura e o entendimento sobre a necessidade de inserir na disciplina de Física, os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea. Essa análise resultou em um incentivo para pesquisar novas estratégias que possam promover a motivação para a aprendizagem desses tópicos. A proposta escolhida foi da UEPS, aliada a experimentos com LEDs, que foi aplicada junto aos alunos do terceiro ano do ensino médio.

As circunstâncias em que os LEDs estão presentes em nosso cotidiano, que nesta proposta os alunos foram instigados a pesquisar, compõem um exemplo de conhecimento científico que se desenvolve como uma construção humana ao longo do tempo. As novas concepções sobre o átomo de Niels Bohr, em 1913, tiveram como consequência uma nova compreensão sobre a energia e a luz, e desafia a comunidade científica até os dias atuais.

Este trabalho envolveu dois métodos de pesquisa. O Método Dedutivo e o Estudo de Caso. Segundo Gil (2017), o Método Dedutivo é:

[...] de acordo com aceção clássica, é o método que parte do geral e, a seguir, desce ao particular. Parte de princípios reconhecidos como verdadeiros e indiscutíveis e possibilita chegar a conclusões de maneira puramente forma, isto é, em virtude unicamente de sua lógica. É o método proposto pelos racionalistas (Descartes, Spinoza, Leibniz), segundo os quais só a razão é capaz de levarão conhecimento verdadeiro, que decorre de princípios *a priori* evidentes e irrecusáveis (GIL, 2017, p.27).

E também o Estudo de Caso:

O estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado, tarefa praticamente impossível mediante aos outros tipos de delineamentos considerados [...]. O estudo de caso vem sendo utilizado com frequência cada vez maior pelos pesquisadores sociais, visto servir a

pesquisas com diferentes propósitos tais como: explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos; descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação; e explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos (GIL, 2017, p.27).

A proposta desta dissertação foi a implementação de uma sequência didática que foi desenvolvida em duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio, do Colégio Estadual Monteiro Lobato, situado na região central do município de Cornélio Procópio, PR. Este estabelecimento de ensino foi fundado em 1974, e conta com um prédio localizado em uma área privilegiada da cidade, em um amplo espaço, com condições adequadas para cada nível de ensino, distribuídos nos turnos de manhã e tarde. Possui uma infraestrutura também adequada que permite ao professor planejar aulas diversificadas, dispondo de recursos como Datashow para os professores utilizarem em sala de aula, aparelho multimídia, laboratório de ciências e laboratório de informática. Trabalha com as séries finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio regular, apresentando em seu quadro mais de 700 alunos e 50 educadores.

Os alunos desse educandário são estudantes que residem na cidade de Cornélio Procópio, havendo também alguns da zona rural. Grande parte dos concluintes do ensino médio prestam vestibulares e ENEM e a maioria que permanece na cidade busca emprego no mercado de trabalho e cursa faculdade em Cornélio Procópio ou cidades vizinhas. As turmas de terceiro ano do ensino médio nas quais foi desenvolvido este projeto eram compostas por estudantes com idade entre 16 e 17 anos.

Esta sequência didática foi elaborada para apresentar conteúdos de Física Moderna e Contemporânea motivadas por atividades experimentais com LEDs. Nela, serão abordados temas que revertem ao funcionamento desses dispositivos, como o átomo de Bohr, o conceito de bandas de energia, semicondutores e dopagem. Organizada no formato de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, estas aulas procuraram também explorar experimentos como o estímulo para o ensino e aprendizagem de Física.

A proposta contou, ao todo, com oito aulas de cinquenta minutos mais o evento da Feira de Ciências, totalizando cinco semanas. A carga horária atual de Física nesse colégio é de duas aulas semanais de cinquenta minutos. A

implementação da Unidade de Ensino sobre LEDs ocorreu em novembro de 2016, tendo sido inserida nos conteúdos da disciplina de Física. Abaixo apresenta-se o quadro 1, no qual mostra como foram organizadas e projetadas as aulas.

Quadro 1 – Organização das aulas e projeção.

Aula		Atividade	Objetivos
1ª semana	1ª aula	- Situação inicial* Aula de apresentação do tema, com leitura de texto e discussão.	Definir o assunto a ser abordado e dar informações iniciais que darão ao aluno base para o conteúdo a ser desenvolvido. Funcionamento do LED.
	2ª aula	- Discussão acerca de fatos relacionada ao seu cotidiano referente ao uso dos LEDs. - Situação Problema*: “Por que o Led é mais eficiente que uma lâmpada incandescente?”	Promover uma situação que leve o aluno a mostrar seus conhecimentos prévios relevantes para dar continuidade a aprendizagem.
2ª semana	3ª aula	O átomo de Bohr - Estudo de texto que enfoca o modelo atômico de Bohr - Resolução de exercícios propostos	Conhecer o modelo de Bohr para o átomo.
	4ª aula	Condutores, isolantes e semicondutores. - Os alunos são divididos em três equipes, cada equipe com os tópicos Condutores, isolantes e semicondutores, e após leitura do texto e discussão, cada equipe expõe seus entendimentos ao grande grupo e o professor faz os comentários necessários concluindo o tema. .	Entender a classificação dos elementos como condutores, isolantes e semicondutores, apresentação do modelo de bandas de energia, que permite explicar o funcionamento de diodos e LEDs
3ª semana	5ª aula	Explicar os conceitos subatômicos das dopagens P e N, e o funcionamento dos Diodos e LEDs. - Estudo de textos. - Apresentação de animações. - Demonstração com o experimento “ventilador de cooler acendendo o LED” - Propor aos alunos uma feira de ciências com o tema LED.	Desenvolver os conceitos de condutores e isolantes. Compreender o funcionamento dos LEDs.
	6ª aula	Apresentação da nova situação problema*, os alunos são questionados sobre “Como uma Célula solar transforma energia luminosa em elétrica?”. - Apresentação de vídeo sobre células solares, a partir dessa atividade o professor retorna ao questionamento. Os alunos procedem às respostas através de uma discussão de grande	Conhecer o processo de conversão da energia luminosa em elétrica. Produzir esquemas que facilitem a compreensão desta transformação. Reconhecer essa transformação em equipamentos do cotidiano do aluno.

		grupo - Apresentação do vídeo “The PN Junction. How Diodes Work?” - Demonstração com experimento “Célula solar feita com LED”	
4ª semana	7ª e 8ª aula	Feira de Ciências e Avaliação*	

Fonte: Elaborado pela pesquisadora, 2017.

A seguir está descrito o detalhamento das ações que foram realizadas no Colégio Estadual Monteiro Lobato.

1. Situação inicial (1ª aula): esta atividade fundamentou-se em Moreira (2010), no qual foi definido o assunto específico a serem abordado e também identificado seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria em estudo. O artigo “A revolução dos LEDs está chegando” (anexo 1) serviu como um “organizador prévio”, ou seja, como uma ligação entre o que o aluno já sabe e o que está prestes a aprender. O texto trata como essa inovação tecnológica irá influenciar nosso cotidiano no que se refere ao maior conforto na luminosidade e na economia de energia elétrica, traz também um pequeno histórico do LED e fala sobre a capacidade do Brasil em produzir LEDs em escala comercial. Estabeleceu-se uma discussão entre os discentes mediados pelo professor sobre as questões levantadas no texto e em seguida os alunos foram incentivados a elaborar um mapa mental sobre o funcionamento dos LEDs e Células Solares.

2. Situação problema (2ª aula): A situações-problema dão significação aos novos saberes e despertam a intencionalidade de aluno para a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2010). Foi proposta aos alunos uma discussão acerca de fatos relacionada ao seu cotidiano referente ao uso dos LEDs, sendo este o momento em que eles relataram algumas situações por eles observadas, como a proibição da venda das lâmpadas incandescentes e a substituição dessas lâmpadas por LEDs. Ao final dessa etapa foi lançado o seguinte questionamento: Por que o LED é mais eficiente que uma lâmpada incandescente?

Essa questão foi discutida com os alunos mediados pelo professor, a fim de que eles externalizassem o seu conhecimento prévio sobre os LEDs.

3. Diferenciação Progressiva (3ª aula): uma vez trabalhadas as situações iniciais, nesta fase foi considerada a Diferenciação Progressiva: segundo Moreira

(2010), é nela que as ideias são progressivamente diferenciadas, ou seja, novos elementos vão sendo adicionados gradativamente, sempre baseadas em uma concepção que serve como âncora. Para entender o funcionamento de um LED ou célula solar é necessário um conhecimento prévio sobre os níveis de energia explicados pelo átomo de Bohr. Esta aula teve início com uma aula expositiva sobre este tema com a leitura do texto de apoio do livro Quanta Física, p.33. (KANTOR, Carlos A., PAOLIELLO JR., LILIO A., et. al. Quanta física. São Paulo: Editora PD, 2010. V.3).

4. O Processo de Ensino (4ª e 5ª aula): este momento teve como a tema apresentação os conceitos de condutores, isolantes e semicondutores, tendo como texto de apoio recortes do capítulo 4 do livro Quanta Física, páginas 80 e 81. A explicação dos conceitos subatômicos das dopagens P e N foi o tema do segundo momento, como também o funcionamento dos Diodos, LEDs e Célula Solar. O texto de apoio foi o livro Quanta Física, p. 82 e 83. Assim, os alunos já internalizaram os conhecimentos formalizados acerca do funcionamento dos LEDs e também adquiriram boa percepção acerca da importância desses dispositivos em seu dia a dia. Sendo assim, o processo de ensino consistiu na junção desses conhecimentos prévios a fim de acomodar o conteúdo ensinado.

5. Revisão e Proposta de Experimentos: é importante retomar os tópicos que foram abordados nas aulas anteriores. Por isso, a aula foi iniciada com uma revisão, ou seja, uma miniaula expositiva, sobre o que foi estudado até o momento, foi aberto espaço para discussões e perguntas dos alunos.

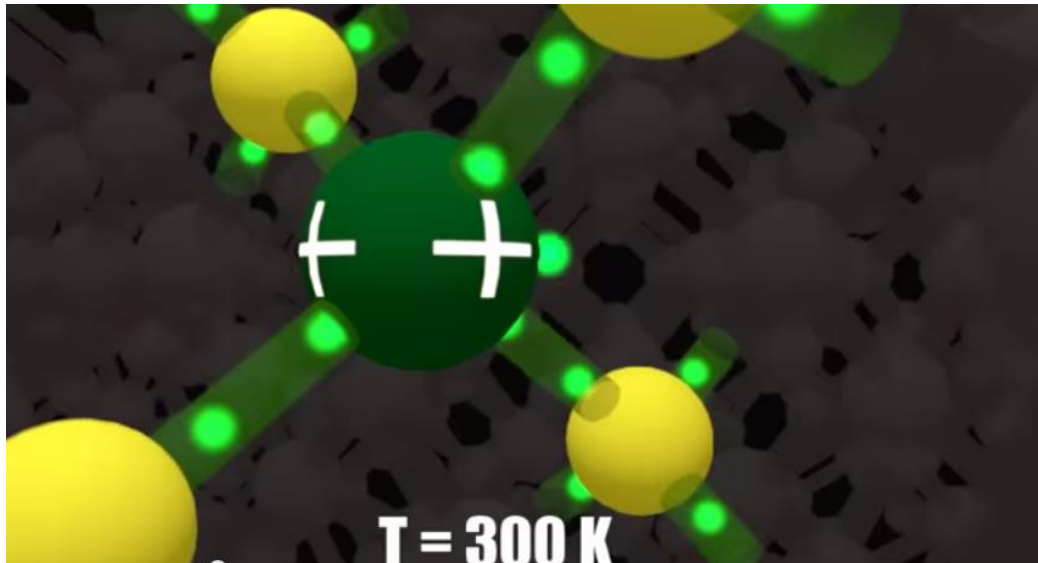
Experiências no ambiente escolar no qual os estudantes interagem com objetos para observar e compreender o mundo natural, praticamente um consenso entre os educadores, quase sempre associadas a fatores de ordem conceitual, ganham um inesperado contorno quando associados a fatores motivacionais. Laburu (2006) mostra que as atividades experimentais podem servir como eficiente estímulo, como componente inicial para despertar ou manter o interesse dos alunos nos conteúdos trabalhados. A aprendizagem de qualidade é entendida como resultado do encontro da motivação com elementos cognitivos, o primeiro fator pouco explorado pelos educadores e o segundo sempre supervalorizado. Neste trabalho, procuramos dar ênfase à motivação intrínseca, que é uma tendência natural para buscar novidades e desafios. Com ela, o indivíduo realiza determinada

atividade por considerá-la interessante, atraente ou geradora de satisfação, é caracterizada também pela autonomia do aluno em sua aprendizagem. Para alcançar este intento, foi proposto e demonstrado o experimento “ventilador de cooler acendendo o LED” (anexo 1). O experimento foi apresentado já montado com o objetivo de demonstrar que não é necessário muita energia para acender um LED e também incentivar os alunos a desenvolver seus próprios experimentos a partir deste dispositivo eletrônico.

6. Nova situação-problema, em nível mais alto de complexidade (6ª aula): Nesta fase, demos continuidade às abordagens, retomando os aspectos mais gerais do conteúdo da unidade de ensino e de acordo com Moreira (2010), em um nível de complexidade superior em relação às primeiras apresentações. Nessa etapa, as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade e devem-se dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças às situações e aos exemplos já trabalhados, isto é, promover a reconciliação integradora.

A nova situação problema foi apresentada de acordo com o nível de compreensão dos estudantes. A cada momento os alunos foram convidados a relacionar o assunto trabalhado a situações reais, e foi feito o questionamento: como uma Célula solar transforma energia luminosa em elétrica? Em seguida foi apresentado o vídeo “The PN Junction. How Diodes Work?”, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=JBtEckh3L9Q>. O vídeo está na língua inglesa, sendo também disponível em espanhol, porém o propósito foi demonstrar aos alunos de maneira visual e tridimensional o mecanismo de dopagem, sendo assim a linguagem prescindível. Em seguida foi demonstrado o experimento “Célula solar feita com LED”, cuja montagem está explanada no Anexo 2.

Figura 6 – Imagem do vídeo “The PN Junction. How Diodes Work?”



Fonte: Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=JBtEckh3L9Q>>  
Acesso em: jun. 2017.

Ao final da aula foi solicitado aos alunos um trabalho de pesquisa em grupo que mostrasse outros usos dos LEDs e células solares no dia-a-dia, e também sobre o impacto dessas inovações na economia de energia. Somente depois foi proposta a Feira de Ciências.

8. Avaliação: a avaliação consistiu em verificar se os alunos compreenderam os principais conceitos físicos sobre o funcionamento dos LEDs e também os experimentos apresentados na Feira de Ciências. Foi avaliado o trabalho de pesquisa, e o experimento bem como a sua apresentação. A participação dos alunos com perguntas, observações e comentários foi também um elemento importante na avaliação, considerada satisfatória pelo nível de interesse e aprendizado alcançados.

Como produto educacional didático (apêndice 1) resultante deste trabalho, foi elaborada uma sequência didática em formato de texto de apoio ao professor de Física contendo oito planos de aula. Nele há indicação e seleção de atividades didáticas e vídeos, para que o docente possa desenvolver com seus alunos os temas de Física Moderna e Contemporânea. Duas atividades experimentais também compõem o produto educacional, bem como orientações sobre a realização de Feira de Ciências. Este material foi utilizado na implementação da proposta do presente trabalho e se mostrou útil e factível como conteúdo inserido no currículo regular.

### 3.2 RESULTADOS

A unidade de ensino aqui apresentada teve o objetivo de introduzir temas de Física Moderna e Contemporânea de uma maneira interessante, buscando despertar no aluno o interesse em expandir nos estudos e na pesquisa deste tópico. Mostrou que o estudo de fenômenos físicos possibilita o avanço dos conhecimentos e a compreensão dos aparatos tecnológicos atuais, uma vez que se busca entendê-los para que possamos usufruir de seus benefícios.

A aplicação desse projeto também demonstrou que é viável desenvolver tais conteúdos com maior abrangência do que utilizando apenas livros textos do ensino médio. Os alunos apreciaram o assunto e compreenderam o funcionamento dos LEDs, além de entender suas vantagens em relação às lâmpadas incandescentes. Quanto às células fotoelétricas, estudadas na aula 6, os alunos começaram a imaginar se seria possível criar um carregador de celular a partir de LEDs; isto indicou, em nosso entendimento, que o tema foi instigante. Eles conseguiram relacionar a economia de energia elétrica a uma consequência de um efeito que se fundamenta nas descobertas sobre o átomo de Niels Bohr, sobre os níveis quânticos de energia, condutores, isolantes e semicondutores e as dopagens P e N. A tecnologia dos LEDs, além da economia de energia, também poderá promover uma tecnologia mais barata e ecologicamente limpa, e isso estimulou ainda mais o interesse dos estudantes.

A Feira de Ciências despertou um interesse especial. Desde que foi proposta na 5ª aula, houve um entusiasmo geral dos alunos, tornando até difícil o prosseguimento das aulas. Esta atividade constituiu-se importante espaço pedagógico para o desenvolvimento de diversas habilidades pelos estudantes, e ainda desenvolvem o interesse pelos assuntos relacionados a diferentes áreas do conhecimento, este processo visa a melhorar a cultura científica e tecnológica, de forma a capacitar discussões em um mundo cada vez mais dependente de ciência e tecnologia. A apresentação pública também favoreceu o desenvolvimento cognitivo, o exercício da cooperação e a construção da autonomia de professores e alunos envolvidos no trabalho.

Quanto ao desenvolvimento cognitivo, no decorrer das aulas, percebeu-se que a UEPS favoreceu a interação entre os conhecimentos já adquiridos pelos alunos e os novos assuntos a serem estudados. Este processo contribuiu para a

participação dos estudantes de forma mais ativa no processo de ensino e aprendizagem, e por consequência a construção de um conhecimento mais rico em significados.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Por meio desta pesquisa foi possível buscar pelas respostas aos argumentos levantados no início deste trabalho e também averiguar se os objetivos pretendidos foram alcançados. Para procurar tais respostas, foi elaborada e aplicada uma Sequência Didática a alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual localizada no município de Cornélio Procópio, norte do Paraná. Esta sequência procurou abordar conceitos de Física Moderna presentes na explicação do funcionamento do dispositivo diodo emissor de luz (LED), bem as como suas características elétricas e aplicações desses dispositivos no cotidiano. Fundamentado em teorias de aprendizagem e motivação, a implementação ocorreu por meio de aulas teóricas, apresentação de experimentos, além da realização de uma Feira de Ciências.

A Teoria da Aprendizagem Significativa e as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas mostraram-se bastante apropriadas para o desenvolvimento do tema, pois promovem o planejamento das situações enfrentadas em sala de aula e conferem sentido aos conceitos a serem trabalhados. O aspecto da situação-problema e a organização e integração de informações na estrutura cognitiva do aluno não são normalmente consideradas no planejamento de aulas mais tradicionais, empobrecendo-as. Já as situações-problema propostas para os alunos fizeram com que estes se sentissem desafiados e integrados ao conteúdo a ser ensinado, conduzindo-os à necessidade de compreendê-las e resolvê-las, culminando na apropriação do conhecimento.

A atividade experimental demonstrou ser um ótimo recurso para as aulas de Física ao despertar emoções positivas nos alunos, tais como a curiosidade e o estranhamento, o que causa uma motivação inicial em aprender. O uso do experimento em questão para abordar o funcionamento do LED foi articulado com algumas aplicações tecnológicas vivenciadas no cotidiano, de modo que se conseguiu prender a atenção inicial ao despertar no aluno a sua disponibilidade em aprender. Além disso, a utilização dessas atividades pode tornar conceitos abstratos, como os da Física Moderna, mais acessíveis.

Conforme já mencionado, o projeto foi aplicado para alunos de uma escola pública: de modo geral, esta é a última oportunidade de terem um contato formal com a Física Moderna e Contemporânea, já que muitos interrompem os estudos ou partem para outras áreas no ensino superior. Introduzir esses conceitos por meio de atividades experimentais, tendo como tema os princípios de funcionamento do dispositivo LED, tornou essa tarefa mais próxima da realidade, favorecendo a participação mais ativa do aluno em seu processo de aprendizagem. Podemos concluir também que houve indícios de aprendizagem significativa de alguns alunos para alguns conceitos de Física Moderna como o átomo de Bohr, semicondutores e junção P-N, já que em seus relatos foram mencionados tais conceitos de forma correta.

A intenção dessa proposta de ensino - bem como o produto educacional - é a de que sirva de inspiração para outros planejamentos didáticos com o mesmo tema ou outros de Física Moderna e Contemporânea, uma vez que foi mostrado que é possível aplicá-la em uma escola pública dentro das aulas regulares.

## REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D.P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2000.
- BATISTA, Michel Corci; FUSINATO, Polônia Altoé; BLINI, Ricardo Brugnole. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de física. **Acta Scientiarum Human and Social Sciences**, 2009.
- BLOOM, B. S. et al. **Taxonomy of educational objectives**. V.1. New York: David Mckay, 1956. 262 p.
- EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**. 23ª tiragem. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1979.
- GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da física: Óptica e Física Moderna**. 8 ed. V. 4. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2009.
- KOBASHIGAWA, A.H.; ATHAYDE, B.A.C.; MATOS, K.F. de OLIVEIRA; CAMELO, M.H.; FALCONI, S. **Estação ciência: formação de educadores para o ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental**. In: IV Seminário Nacional ABC na Educação Científica. São Paulo, 2008. p. 212-217. Disponível em: <[http://www.cienciamao.usp.br/dados/smm/\\_estacaocienciaformacaodeeducadoresparaensinodecienciasnasseriesiniciaisdoensinofundamental.trabalho.pdf](http://www.cienciamao.usp.br/dados/smm/_estacaocienciaformacaodeeducadoresparaensinodecienciasnasseriesiniciaisdoensinofundamental.trabalho.pdf)>. Acesso em: 05 out. 2011.
- KANTOR, Carlos A., PAOLIELLO JR., LILIO A., et. al. **Quanta física**. V.3. São Paulo: Editora PD, 2010.
- LABURÚ, C.E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 382-404, 2006.
- MOREIRA, M. A. **O que é, afinal, aprendizagem significativa**. Material de apoio aula inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais. UFMG, Cuiabá, MT, 2010. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2018.
- MOREIRA, M. A. **Diagramas v e aprendizagem significativa**, Revista Chilena de Educación Científica. Santiago, vol. 6, N. 2, p. 3-12, 2007. Publicado na Revista Chilena de Educación Científica, 2007, vol. 6, N. 2, pp. 3-12
- MOREIRA, M. A. **Unidades de ensino potencialmente significativas – UEPS**. In. SILVA, Marcia Gorette Lima da. MOHR, Adriana. ARAÚJO, de.

(orgs). Temas de ensino e formação de professores de ciências. Natal: EDUFRRN, 2012. p.45-71.

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**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, jan./abr. 2000.

OSTERMANN, F. e RICCI, T. F. Relatividade restrita no ensino médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 1: p. 83-102, abr. 2004.

**PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS: ENSINO MÉDIO**. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica, Brasília. 2007.

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**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p.209-214, dez. 1992.

## APÊNDICE

## PRODUTO DIDÁTICO

### 1 APRESENTAÇÃO

Esta sequência didática foi elaborada para apresentar conteúdos de Física Moderna e Contemporânea motivados por atividades experimentais com LEDs. Nela serão abordados temas que revertem ao funcionamento desses dispositivos, como o átomo de Bohr, o conceito de bandas de energia, semicondutores e dopagem. Organizada no formato de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa estas aulas procuram também explorar experimentos como estímulo para o ensino e aprendizagem de Física.

A Unidade de Ensino está dividida em oito momentos, não se tratando de aulas rigidamente construídas e estando sujeitas a adaptações a critério do professor. No primeiro momento é apresentado o tema, com leitura de texto e discussão. No segundo momento é possibilitado ao docente descobrir os conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto a ser estudado, nesta etapa é também proposto a “situação problema”, que funcionam como organizadores iniciais e conferem sentido aos novos conhecimentos, é feito, por exemplo, o seguinte questionamento: “Por que o Led é mais eficiente que uma lâmpada incandescente?”. O terceiro momento traz a abordagem teórica sobre o átomo de Bohr, e na sequência uma introdução ao funcionamento dos LEDs através de tópicos como condutores, isolantes, semicondutores e semicondutores dopados.

Nesta etapa da sequência didática, quinto momento, já com conhecimentos básicos sobre os LEDs, é proposto que os alunos entrem em contato real com esse dispositivo eletrônico, através de um experimento demonstrativo, onde é verificado de que não é necessária muita energia para ativá-lo, o “ventilador de cooler acendendo o LED”, é também proposta uma Feira de Ciências tendo esse componente como tema principal. No sexto momento é apresentada uma nova situação problema, com um nível maior de dificuldade, os alunos são questionados sobre “Como uma Célula solar transforma energia luminosa em elétrica?”.

As Feiras de Ciência são reconhecidamente uma atividade pedagógica e cultural com elevado potencial motivador do ensino e da prática científica no contexto escolar. Por essa razão, o sétimo e o oitavo momento são dedicados à elaboração dos experimentos e sua organização.

Este material foi concebido como produto educacional e é parte integrante do trabalho de conclusão do curso do Programa de Pós- Graduação do Mestrado Nacional Profissional em ensino de Física (MNPEF), da Sociedade Brasileira de Física (SBF), no polo 19, sediado na Universidade Estadual de Londrina.

Esperamos que este material possa ser relevante para professores que tenham interesse em adotar experimentos como recurso didático para abordar assuntos relacionados à Física Moderna e Contemporânea no ensino médio. E que ele venha a contribuir para desenvolvendo da autonomia intelectual do aluno e além de despertar sua criatividade e a capacidade de construir conhecimento.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Por que ensinar Física Moderna e Contemporânea?

A Física Moderna e Contemporânea apresenta um papel crucial no mundo tecnológico em que vivemos. Praticamente toda tecnologia que usamos se utilizam de algum conceito da Física Moderna, desde dispositivos simples presentes em nosso dia-dia, como sensores de luminosidade e controles remotos, até equipamentos de funcionamentos mais complexos como aparelhos de ressonância magnética.

Apesar de sua tamanha importância, quase não dispomos de recursos didáticos nas escolas públicas que possibilitem a realização de experimentos que possam favorecer uma melhor compreensão desse tema. Além disso, nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), recomenda-se que devamos trabalhar com os alunos os conceitos básicos de Física Moderna e Contemporânea. Sendo assim, buscando uma consonância com os PCNs, professores tentam ministrar esses conteúdos, mas normalmente são explorados em sala de aula com noções fragmentadas e muitas vezes por várias razões não abordadas durante o ensino médio. Esta proposta didática tem o objetivo tentar de maneira modesta preencher essa lacuna, utilizando-se do dispositivo LED.

### 2.2. Aprendizagem Significativa.

A aprendizagem significativa é o conceito central da teoria da aprendizagem

de David Ausubel. Segundo Marco Antônio Moreira, “a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo”. Em outras palavras, os novos conhecimentos que se adquirem relacionam-se com o conhecimento prévio que o aluno possui. Ausubel define este conhecimento prévio como “conceito subsunçor” ou simplesmente “subsunçor”. Os subsunçores são estruturas de conhecimento específico que podem ser mais ou menos abrangentes de acordo com a frequência com que ocorre aprendizagem significativa em conjunto com um dado subsunçor.

A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel define essas estruturas cognitivas como estruturas hierárquicas de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo. A ocorrência da aprendizagem significativa implica o crescimento e modificação do conceito subsunçor. A partir de um conceito geral (já incorporado pelo aluno) o conhecimento pode ser construído de modo a ligá-lo com novos conceitos, facilitando a compreensão das novas informações, e dando significado real ao conhecimento adquirido.

As ideias novas só podem ser aprendidas e retidas de maneira útil caso se refiram a conceitos e proposições já disponíveis, que proporcionam as âncoras conceituais. Cabe ressaltar que esse é um processo dinâmico e que pode ajudar na compreensão de outros novos conceitos, com o propósito de que essa aprendizagem seja realmente significativa para o aluno.

### 2.3. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)

As UEPS obedecem aos pressupostos teóricos da Aprendizagem Significativa e devem ser elaboradas a partir de um tópico específico do conhecimento. Suas principais partes são: o objetivo onde é relatada a intenção com a qual determinado conteúdo é apresentado; sequência de atividades: mostra as atividades, ordenadamente, e como elas serão trabalhadas ao longo das aulas; avaliação: descreve como será verificado o quanto o conteúdo foi assimilado por parte dos alunos. Pode haver também uma avaliação da própria UEPS, tanto sob o ponto de vista dos alunos quanto do professor.

Cada uma das etapas de uma UEPS é planejada de tal forma que sempre busque promover a Aprendizagem Significativa. De acordo com Moreira (2011), edevem obedecer aos seguintes princípios:

- O conhecimento prévio é o fator mais importante e que mais influencia a aprendizagem significativa, pois é nele que os novos conhecimentos vão se ancorar.

- A ponte entre os novos conhecimentos e o subsunçor do aluno é feita através dos organizadores prévios.

- A importância dos novos conhecimentos é percebida através das situações problemas.

- O Professor pode utilizar caso necessário ou mais apropriado, uma situação problema com os próprios organizadores prévios e deve ser apresentado aos alunos de forma gradativa.

- No momento da elaboração da aula em que o professor adotará o método potencialmente significativo, o docente deverá levar em consideração as etapas na qual a aprendizagem significativa acontece, tais como a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação.

- O papel do professor, nesse processo, é de apresentar a situação-problema e ser o intermediador entre o conhecimento que será apresentado e o conhecimento existente na estrutura cognitiva do aluno.

- A aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica, estimulando o aluno a buscar respostas para os problemas.

Após algumas considerações sobre experimentos e motivação, apresentaremos a UEPS desenvolvida para se aplicarem turmas de 3º ano do ensino médio com o objetivo de ensinar Física Moderna e Contemporânea.

#### 2.4 Atividades Experimentais no Ensino de Física

As atividades experimentais têm ocupado uma posição de destaque nas discussões relativas ao ensino e a aprendizagem de Ciências, em particular da Física, inseridas no contexto escolar, sejam elas feitas pelos alunos ou pelo professor, suscitam muitas questões. Uma delas é o impacto que as mesmas exercem no aluno.

Laburu (2006) verifica que apesar de sua importância, a atividade experimental não é condição suficiente para promover uma mudança conceitual nos

alunos, uma vez que ele considera a necessidade da existência de uma condição prévia para qualquer movimento cognitivo: a motivação. Nesse sentido, examina as condições pelas quais a experimentação pode ser cativante de modo a estimular os estudantes a uma busca de modelos explicativos para as situações experimentais, para além de uma atenção momentânea para os aspectos mais externos e evidentes do fenômeno. Esses “experimentos cativantes” poderiam servir de elo incentivador para que os estudantes se dediquem, posteriormente, às tarefas subsequentes menos prazerosas e mais áridas.

As orientações sociocognitivistas que estudam a motivação demonstram a existência de duas orientações motivacionais: a intrínseca e a extrínseca. A motivação intrínseca configura-se como uma tendência natural para buscar novidades e desafios. O indivíduo realiza determinada atividade por considerá-la interessante, atraente ou geradora de satisfação. É uma orientação motivacional que tem por característica a autonomia do aluno e a autorregulação de sua aprendizagem.

Denominamos motivação extrínseca aquela na qual a motivação para a atividade – trabalho, esporte, estudos – está associada a uma resposta a algo externo à atividade, como obtenção de recompensas externas materiais e sociais ou de reconhecimento, geralmente, com o objetivo de atender solicitações ou pressões de outras pessoas. No contexto da sala de aula, podemos identificar este tipo de motivação quando os alunos acreditam que seu envolvimento nas atividades fará com que recebam elogios e melhores notas. Observa-se que as duas formas de motivação mutuamente se influenciam, sendo muito difícil não encontrar elementos de uma em outra. Por vezes, o que leva os alunos a realizarem determinada tarefa de um certo modo é a motivação externa, mas logo a situação em si desencadeia um maior envolvimento na tarefa, e podemos assim dizer que a motivação intrínseca passa a ser o motor principal da ação realizada.

### 3 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA EXPERIMENTOS COM LEDS

A proposta contou, ao todo com oito aulas de cinquenta minutos mais o evento da Feira de Ciências, totalizando cinco semanas. A carga horária atual de Física nesse colégio é de duas aulas semanais de cinquenta minutos. A

implementação da Unidade de Ensino sobre LEDs ocorreu em novembro de 2016, tendo sido inserida nos conteúdos da disciplina de Física. Abaixo se apresenta o quadro 1, no qual mostra como foram organizadas e projetadas as aulas.

Quadro 1 – Organização das aulas

Aula		Atividade	Objetivos
1ª semana	1 aula	- Situação inicial* Aula de apresentação do tema, com leitura de texto e discussão.	Definir o assunto a ser abordado e dar informações iniciais que darão ao aluno base para o conteúdo a ser desenvolvido. Funcionamento do LED.
	2ª aula	- Discussão acerca de fatos relacionada ao seu cotidiano referente ao uso dos LEDs. - Situação Problema*: “Por que o Led é mais eficiente que uma lâmpada incandescente?”	Promover uma situação que leve o aluno a mostrar seus conhecimentos prévios relevantes para dar continuidade a aprendizagem.
2ª semana	3ª aula	O átomo de Bohr - Estudo de texto que enfoca o modelo atômico de Bohr - Resolução de exercícios propostos	Conhecer o modelo de Bohr para o átomo.
	4ª aula	Condutores, isolantes e semicondutores. - Os alunos são divididos em três equipes, cada equipe com os tópicos Condutores, isolantes e semicondutores, e após leitura do texto e discussão, cada equipe expõe seus entendimentos ao grande grupo e o professor faz os comentários necessários concluindo o tema. .	Entender a classificação dos elementos como condutores, isolantes e semicondutores, apresentação do modelo de bandas de energia, que permite explicar o funcionamento de diodos e LEDs
3ª semana	5ª aula	Explicar os conceitos subatômicos das dopagens P e N, e o funcionamento dos Diodos e LEDs. - Estudo de textos.	Desenvolver os conceitos de condutores e isolantes. Compreender o funcionamento dos LEDs.

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentação de animações.</li> <li>- Demonstração com o experimento “ventilador de cooler acendendo o LED”</li> <li>- Propor aos alunos uma feira de ciências com o tema LED.</li> </ul>	
	6ª aula	<p>Apresentação da nova situação problema*, os alunos são questionados sobre “Como uma Célula solar transforma energia luminosa em elétrica?”.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentação de vídeo sobre células solares, a partir dessa atividade o professor retorna ao questionamento. Os alunos procedem às respostas através de uma discussão de grande grupo</li> <li>- Demonstração com experimento “Célula solar feita com LED”</li> </ul>	<p>Conhecer o processo de conversão da energia luminosa em elétrica. Produzir esquemas que facilitem a compreensão desta transformação. Reconhecer essa transformação em equipamentos do cotidiano do aluno.</p>
4ª semana	7ª e 8ª aula	Feira de Ciências e Avaliação*	

### 3.1 PROPOSTAS DE UEPS PARA ENSINO DO FUNCIONAMENTO DOS Leds E CELULAS SOLARES

A seguir está descrito o detalhamento das ações que foram realizadas no Colégio Estadual Monteiro Lobato.

Objetivo: Compreender a física por trás do funcionamento dos LEDs e Células Solares através de conceitos sobre:

- O átomo de Bohr
- Níveis quânticos de energia
- Condutores, isolantes e semicondutores.
- Dopagens P e N
- LEDs e Células Solares

Sequência:

1. Situação inicial (1ª aula): Leitura do texto “A revolução dos LEDs está

chegando”, que trata como essa inovação tecnológica irá influenciar nosso cotidiano no que se refere ao maior conforto na luminosidade e na economia de energia elétrica. O texto traz também um pequeno histórico do LED e fala sobre a capacidade do Brasil em produzir LEDs em escala comercial. Estabelecer uma discussão entre os discentes mediados pelo professor sobre as questões levantadas no texto e em seguida os alunos serão incentivados a elaborar um mapa mental sobre o funcionamento dos LEDs e Células Solares.

Figura 1- Recorte do texto “A revolução dos LEDs está chegando”

Ciência, tecnologia e inovação  
**Cenário XXI**

ok

Leitura Notícias  
Jornal Correio Popular  
Institucional Conheça o RAC Grupo RAC

## A revolução dos LEDs está chegando

Diodos dos painéis de equipamentos eletrônicos irão substituir as lâmpadas comuns na iluminação das nossas casas

17/17/2013 - 14h35  
| E-Braille faleconosco@rac.com.br

**Paulo Martinelli**  
DA AGÊNCIA ANHANGÜERA  
martinelli@rac.com.br

Praticamente todo mundo já viu um LED. Esses pontinhos de luz estão nos painéis de nossos computadores, leitores de CDs, nas telas de nossos celulares e demais traquitanas do nosso dia-a-dia. Consomem pouquíssima energia — um LED pode gerar a mesma quantidade de luz que uma lâmpada incandescente de 40 watts consumindo apenas 4 watts — e duram uma eternidade. Aos poucos, essas fontes de luz estão deixando de ser meros acessórios decorativos dos equipamentos, ganhando novos espaços em nosso cotidiano. Um dia, em cerca de dez ou 15 anos, estimam especialistas, eles estarão pendurados nos tetos e nas paredes de nossas residências, provendo-nos de iluminação farta e barata.

Fonte: Disponível em:

<[http://correio.rac.com.br/\\_conteudo/2013/10/capa/projetos\\_correio/cenario\\_xxi/108638-a-revolucao-dos-leds-esta-chegando.html](http://correio.rac.com.br/_conteudo/2013/10/capa/projetos_correio/cenario_xxi/108638-a-revolucao-dos-leds-esta-chegando.html)>

2. Situação problema (2ª aula): Propor aos alunos uma discussão acerca de fatos relacionada ao seu cotidiano referente ao uso dos LEDs. Esse foi o momento em que os estudantes relataram algumas situações por eles observadas, como a proibição da venda das lâmpadas incandescentes e a substituição dessas lâmpadas por LEDs. Ao final dessa etapa foi lançado o seguinte questionamento: Por que o Led é mais eficiente que uma lâmpada incandescente?

Essa questão será discutida com os alunos mediados pelo professor, a fim

de que o aluno externalize o seu conhecimento prévio sobre os LEDs.

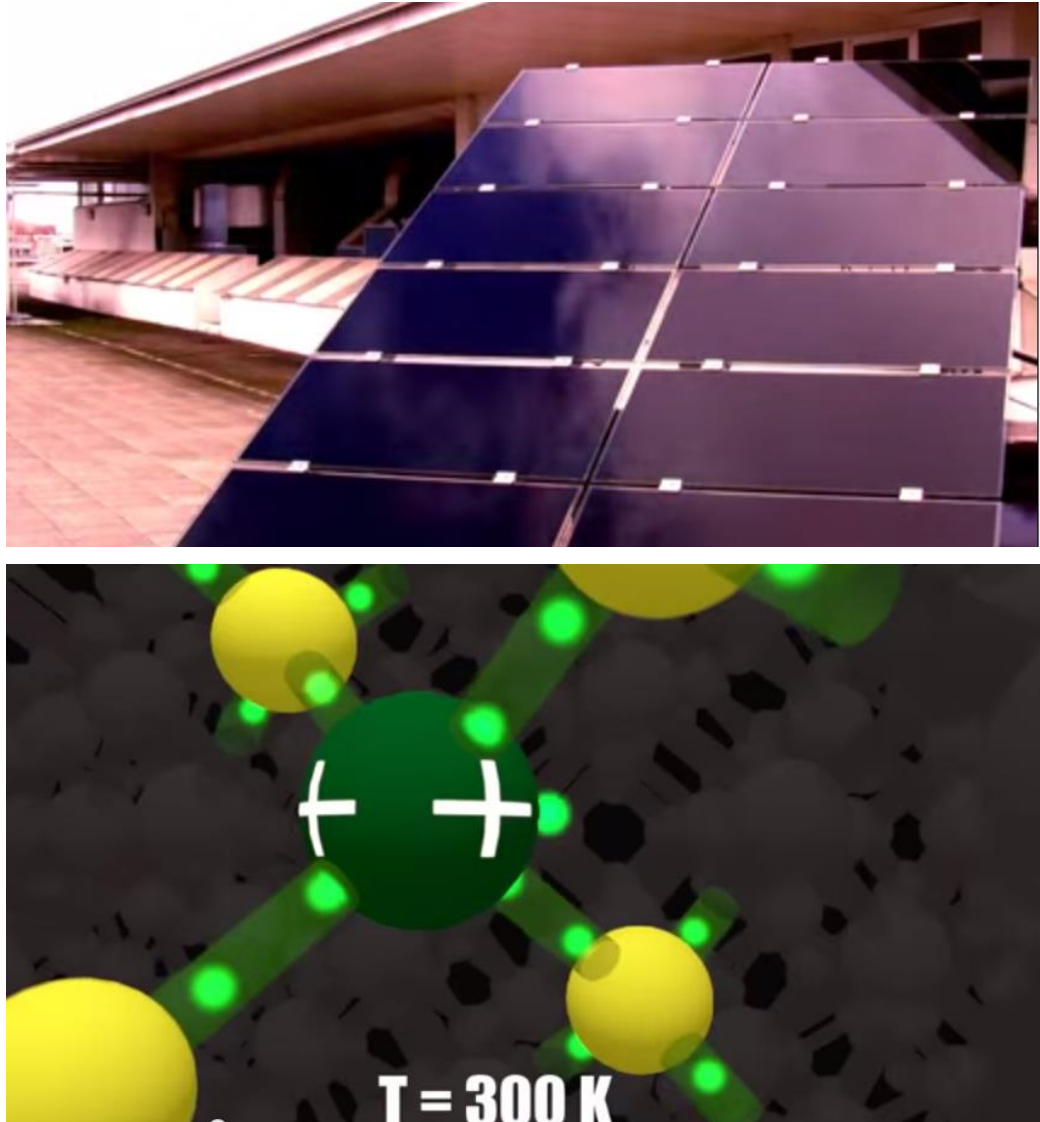
3. Revisão (3ª e 4ª aulas): Para entender o funcionamento de um LED ou célula solar é necessário um conhecimento prévio sobre os níveis de energia explicados pelo átomo de Bohr. Nessa fase tem início com uma aula expositiva sobre este tema com a leitura do texto de apoio do livro *Quanta Física*, página 33. KANTOR, Carlos A., PAOLIELLO JR., LILIO A., et. al. *Quanta física*. São Paulo: Editora PD, 2010. V.3. A 4ª aula terá como tema apresentar os conceitos de condutores, isolantes e semicondutores tendo como texto de apoio recortes do capítulo 4 do livro *Quanta Física*, páginas 80 e 81. Explicar os conceitos subatômicos das dopagens P e N será o tema da 5ª aula como também o funcionamento dos Diodos, LEDs e Célula Solar. Texto de apoio livro *Quanta Física* p. 82 e 83.

4. O processo de ensino (5ª aula): Nesse momento os alunos já têm adquirido conhecimentos formalizados acerca do funcionamento dos LEDs e também boa vivência acerca da importância desses dispositivos em seu dia a dia. Sendo assim, o processo de ensino consistirá na junção desses conhecimentos prévios a fim de trabalhar o assunto em questão. Foi proposto e demonstrado o experimento “ventilador de cooler acendendo o LED” (anexo 2). O experimento foi apresentado já montado com o objetivo de demonstrar que não é necessário muita energia para acender um LED e também incentivar os alunos a desenvolver seus próprios experimentos a partir deste dispositivo eletrônico.

5. Nova situação-problema (6ª aula), em nível mais alto de complexidade (6ª aula): Uma nova situação problema será apresentada de acordo com o nível de compreensão dos estudantes. A cada momento os alunos serão convidados a relacionar o assunto trabalhado a situações reais, caberá ao professor o questionamento: Como uma Célula solar transforma energia luminosa em elétrica?

A seguir apresentar o vídeo “The PN Junction. How Diodes Work?”, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=JBtEckh3L9Q> O vídeo está na língua inglesa, sendo também disponível em espanhol, porém o propósito é demonstrar aos alunos de maneira visual e tridimensional o mecanismo de dopagem sendo assim a linguagem prescindível.

Figura 2 – Imagens do video “The PN Junction. How Diodes Work?”



Fonte: Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=JBtEckh3L9Q>>.

Ao final da aula propor aos alunos um trabalho de pesquisa em grupo que mostre outros usos dos LEDs e células solares no dia-a-dia, e sobre o impacto dessas inovações na economia de energia. Em seguida foi demonstrado o experimento “Célula solar feita com LED” cuja montagem esta explanada no Anexo 2.

6. Avaliação: Consistirá em verificar se os alunos compreenderam os principais conceitos físicos sobre o funcionamento dos LEDs e também os experimentos apresentados na Feira de Ciências. Será avaliado o trabalho de

pesquisa, e o experimento bem como sua apresentação. A participação do aluno com perguntas, observações e comentários será também um elemento importante na avaliação.

## VENTILADOR DE COOLER ACENDENDO O LED”

O Cooler funciona como uma bobina. As bobinas quando alimentadas com energia elétrica pelos terminais, começam a girar, se ao invés de alimentar com energia, você colocar no lugar uma lâmpada e girar a bobina, ela vai fazer o processo inverso, produzindo energia. Esse é o princípio de funcionamento das usinas, a água, o vento, ou vapor passam pelas pás, rodando a bobina e gerando energia.

### MATERIAIS NECESSÁRIOS:

1 cooler de computador (ventoinha)

1 LED alto brilho

**MONTAGEM:** somente ligar o positivo do cooler com o positivo do LED, e negativo com negativo.

Figura 1 – Esquema de montagem

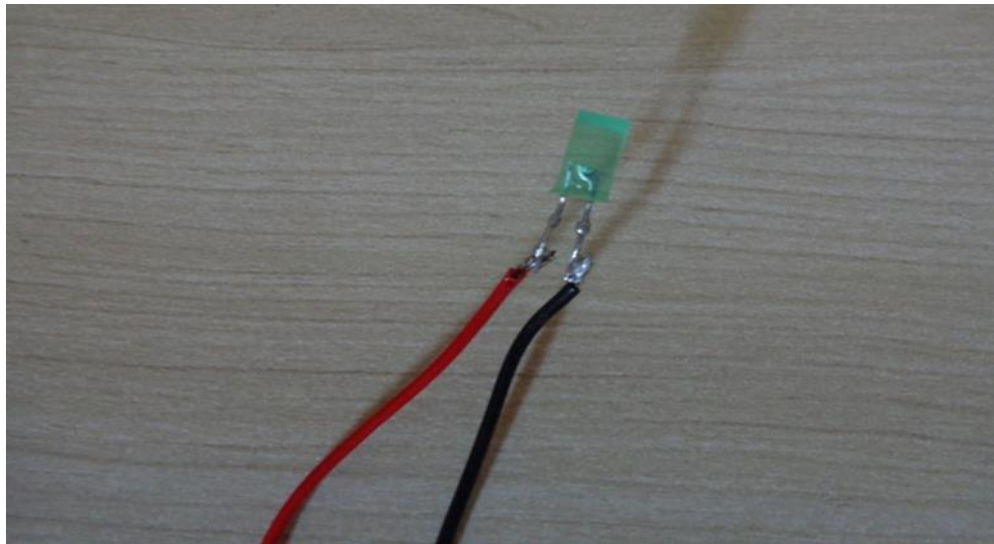


Figura 2 – O collar

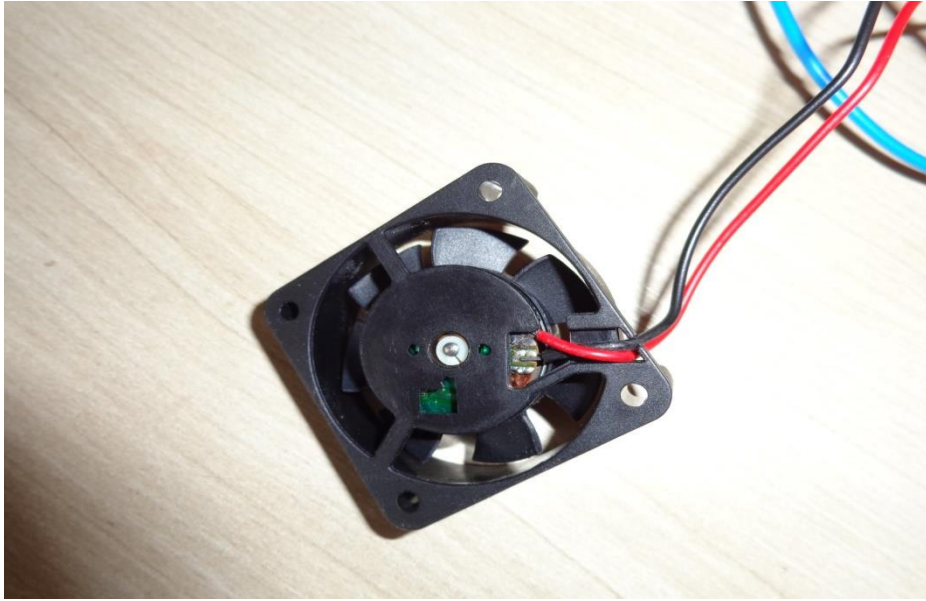


Figura 3 – Montagem completa



## **CÉLULA SOLAR FEITA COM LED”**

A conversão de luz em energia somente é possível graças às células fotovoltaicas, também conhecidas como fotoelétricas ou ainda células solares. Aplicadas nos painéis solares, são responsáveis pela geração da energia solar, uma alternativa renovável e limpa. O processo de seu funcionamento em linhas gerais é o seguinte. A luz, ao incidir nos painéis solares, é em parte absorvida pelo material semicondutor. A energia excita os elétrons, os fracamente ligados são arrancados e passam a fluir livremente. É justamente o fluxo desses elétrons livres o gerador da corrente elétrica, que pode então ser aproveitada pelo homem.

As células fotovoltaicas convencionais ainda são muito caras e raras no mercado comum. Como modelo de célula fotovoltaica propomos o uso de um LED, muito mais acessível em termos de custo e mercado.

### **MATERIAIS NECESSÁRIOS:**

6 LEDs alto brilho.

1 Calculadora a pilha.

1 pedaço de papelão (5 cm x 6 cm)

Fios de cobre.

Solda elétrica.

### **MONTAGEM:**

- Fixar os LEDs no pedaço de papelão, eles devem ter os terminais negativos virados todos para o mesmo lado.
- Soldar os terminais positivos e negativos, conforme esquema da figura 1.
- Aproximar e soldar os terminais positivos e negativos do meio.
- Soldar os fios de cobre em cada terminal.
- Retirar as pilhas da calculadora e conectar os terminais da célula solar.
- Colocar a montagem ao sol, de preferência próximo às 12 horas.

Figura 1 – Montagem dos LEDs.

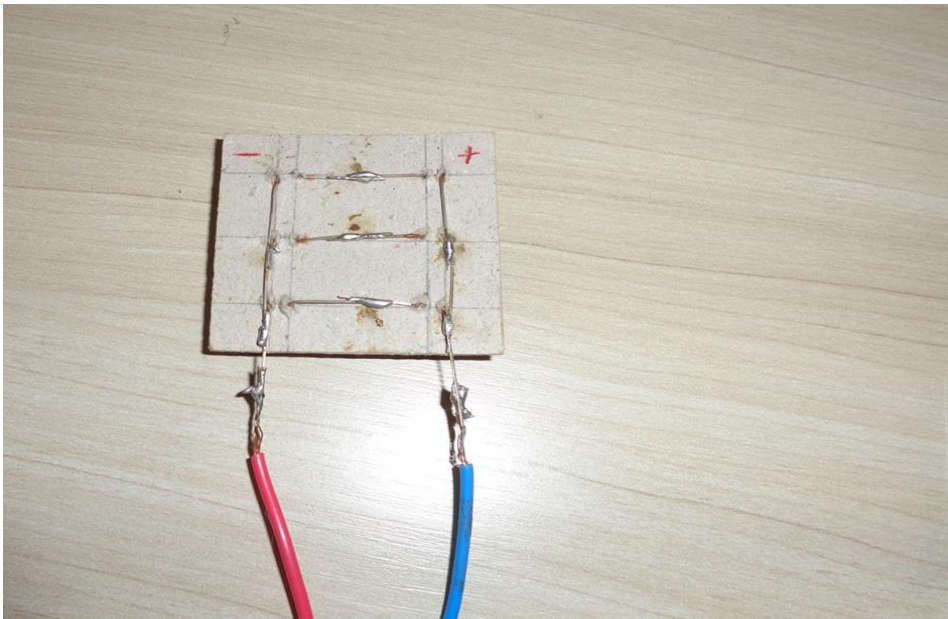


Figura 2 – Montagem dos LEDs.



Figura 3 – “Célula solar” conectada na calculadora.

