

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Mônica Menezes Lopim

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE LÂMPADAS:
CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DE LUXÍMETRO DIDÁTICO COMPARATIVO**

Juiz de Fora
Agosto /2019

Mônica Menezes Lopim

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE LÂMPADAS:
Construção e Aplicação de Luxímetro Didático Comparativo**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 24 – UFJF / IF Sudeste-MG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(es):
Bruno Ferreira Rizzuti
Bruno Gonçalves

Juiz de Fora
Agosto / 2019

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Lopim, Mônica Menezes.

Eficiência Energética de Lâmpadas: Construção e Aplicação de Luxímetro Didático Comparativo / Mônica Menezes Lopim. -- 2019.
81 f. : il.

Orientador: Bruno Ferreira Rizzuti

Coorientador: Bruno Gonçalves

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2019.

1. Ensino de Física. 2. Eficiência Energética de Lâmpadas. 3. Sequência Didática Plurimetodológica. 4. Luxímetro. I. Rizzuti, Bruno Ferreira, orient. II. Gonçalves, Bruno, coorient. III. Título.

Mônica Menezes Lopim

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE LÂMPADAS: CONSTRUÇÃO E
APLICAÇÃO DE LUXÍMETRO DIDÁTICO COMPARATIVO

Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 24: Universidade Federal de Juiz de Fora e Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 23 de agosto de 2019 por:

Bruno

Prof. Dr. Bruno Ferreira Rizzuti – Orientador

Bruno Gonçalves

Prof. Dr. Bruno Gonçalves – Coorientador

Eduardo de Campos Valadares

Prof. Dr. Eduardo de Campos Valadares – UFMG

José Luiz

Prof. Dr. José Luiz Matheus Valle – UFJF

Elaine Ap. Carvalho

Profa. Dra. Elaine Aparecida Carvalho – IFSudeste – MG

Juiz de Fora, MG
Agosto de 2019

Esta dissertação é dedicada à minha mãe.

Agradecimentos

Agradeço a Aline, minha mãe, que torce pela minha alegria o tempo todo, ao meu irmão e amigo Glauber que me acompanha sempre com muita cumplicidade e minha cunhada e amiga Carol por todas as dicas.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Bruno Rizzuti sempre tão solícito e paciente nos ensinamentos que juntamente com o meu coorientador, Prof. Dr. Bruno Gonçalves que incentivou todo o trabalho sugerindo ideias, me orientaram com muita presteza.

Agradeço também aos amigos: Sérgio França e Márcio Fernandes que me auxiliaram bastante nos trabalhos realizados no laboratório, contribuindo muito para a realização deste estudo.

Agradecimento aos meus queridos amigos Leo e Vinícius que me ofereceram sempre conselhos, café e cerveja. A amizade de todas as horas de Rodolfo e as boas conversas das minhas amigas Leisa e Marize.

Minha gratidão ao Prof. Dr. André Stroppa que sempre me disse palavras que permitiram que eu não deixasse de acreditar em possibilidades.

Agradecimento aos queridos amigos e colegas que incentivaram e trocaram ideias, oferecendo apoio e aos alunos participantes deste projeto.

Obrigada Deus por permitir que eu tenha um pouco de fé.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

É esta força misteriosa, às vezes chamada de vocação, que explica a quase devoção com que a grande maioria do magistério nele permanece, apesar da imoralidade dos salários. E não apenas permanece, mas cumpre como pode, seu dever. Amorosamente, acrescento. (FREIRE, P., *Pedagogia da Autonomia Saberes Necessários à Prática Educativa*, 54ª edição-Paz e Terra, Rio de Janeiro (RJ), p.139.)

RESUMO

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE LÂMPADAS: Construção e Aplicação de um Luxímetro Didático Comparativo

Mônica Menezes Lopim

Orientador(es):
Bruno Ferreira Rizzuti
Bruno Gonçalves

O presente estudo apresenta o alcance da aprendizagem de conceitos físicos relacionados ao produto educacional experimental LuDiCo (*acrônimo para luxímetro didático comparativo*) que propõe a comparação de medições realizadas em três lâmpadas diferentes, que desta forma possibilita indicar qual destas é a mais eficiente energeticamente. O LuDiCo também proporciona o estudo entre frequência e energia através da intensidade luminosa da lâmpada incandescente dimerizada conectada ao fotosensor e ao número de cores de LEDs (*diodo emissor de luz*) acesos na escala (painel). Esta pesquisa apresenta em sua base o pluralismo metodológico que favorece a estruturação de uma sequência didática adaptável às necessidades dos estudantes em que esta será aplicada. Destaca-se a ênfase no emprego dos métodos: aprendizagem significativa e o ensino por investigação. A sequência didática foi aplicada em turmas de ensino médio regular de uma escola estadual na região oeste do município de Juiz de Fora. Esta dissertação ressalta que a junção da utilização de tecnologias, sejam para uso cotidiano ou até mesmo científico, associados a métodos pedagógicos investigativos em que os alunos constroem seus conhecimentos de forma mais autônoma, oportuniza a aprendizagem eficiente através da motivação e participação ativa dos discentes. Deve-se ressaltar a importância de relacionar os saberes do ambiente escolar com as vivências do indivíduo pois revela-se neste processo, argumentos eficientes para defender o ensino de ciências, em especial, o Ensino de Física.

Palavras-chave: Ensino de Física, eficiência energética de lâmpadas, sequência didática plurimetodológica.

Juiz de Fora
Agosto/2019

ABSTRACT

ENERGY EFFICIENCY OF LAMPS: Construction and Application of a Comparative Didactic Luximeter

Mônica Menezes Lopim

Supervisor(s):
Bruno Ferreira Rizzuti
Bruno Gonçalves

This study presents the scope of learning physical concepts related to the experimental educational product LuDiCo (acronym for comparative didactic luximeter). This device is used to compare measurements made in three different lamps. It thus enables one to decide which of them is the most energy efficient. The LuDiCo also enables the study of frequency and energy through the luminous intensity of the dimmerized incandescent lamp connected to the photo sensor and the number of LEDs with different colors activated forming a scale. This research presents at its base the methodological pluralism that favors the structuring of a didactic sequence adaptable to the needs of the students. Emphasis is placed on the use of methods: meaningful learning and research teaching. The didactic sequence was applied in regular high school classes of a state school in the western region of the municipality of Juiz de Fora. This dissertation highlights that the combination of technologies present in everyday life or of scientific use, associated with investigative pedagogical methods in which students construct their knowledge in a more autonomous way, allows efficient learning through motivation and active learning. It is important to emphasize the importance of relating the knowledge provided by the school environment to first-hand experiences, as it makes clear the importance of science teaching, especially Physics Teaching.

Keywords: Physics education, energy efficiency of lamps, plurimethodological didactic sequence.

Juiz de Fora
August / 2019

Lista de Ilustrações

Figura 1: Componentes do LuDiCo.	15
Figura 2: Esquema representativo do LuDiCo.	18
Figura 3: Sensores LDR ligados em paralelo para captação de luminosidade.	18
Figura 4: Imagem de lâmpada incandescente sendo coberto pelo fotosensor/ Imagem de medição de temperatura em lâmpada fluorescente.	20
Figura 5: Representação esquemática de uma lâmpada com poder de iluminação médio.	20
Figura 6: Representação esquemática de uma lâmpada com poder de iluminação maior.	20
Figura 7: Imagem de lâmpada incandescente utilizada no LuDiCo.	31
Figura 8: Imagem do espectro da luz visível em lâmpada incandescente.	31
Figura 9: Imagem de lâmpada fluorescente compacta utilizada no LuDiCo.	32
Figura 10: Imagem de espectro da luz visível em lâmpadas fluorescentes.	34
Figura 11: Imagem da lâmpada de LED.	35
Figura 12: Imagem do espectro da luz visível em lâmpadas de LED.	36
Figura 13: Imagem esquemática do espectro eletromagnético.	38
Figura 14: Representação de todas as faixas de radiação eletromagnética distribuídas no espectro eletromagnético, neste caso a frequência está em Hertz (Hz) e o comprimento de onda está em metros (m).	39
Figura 15: Imagem de um dispositivo LDR ao lado do circuito de LDRs presentes no fotosensor do LuDiCo.	40
Figura 16: Figura de LED alto brilho (5mm).	41
Figura 17: Representação esquemática do LED, semicondutor de junção P-N.	43
Figura 18: Imagem do LED e descrição de seus componentes.	43
Figura 19: Figura utilizada na atividade inicial.	45
Figura 20: Imagem da tabela de medição: temperatura e corrente elétrica.	46
Figura 21: Imagem esquemática espectro eletromagnético.	47
Figura 22: Imagem tabela de medições de corrente elétrica e cores de LEDs acesos na escala do LuDiCo.	48
Figura 23: Imagem com questão e conta CEMIG.	50
Figura 24: Fotografia dos alunos realizando atividades da sequência didática em sala de aula.	54
Figura 25: Fotografia dos alunos realizando medições em sala de aula.	57
Figura 26: Imagem do gráfico construído por um aluno na quarta etapa da sequência didática.	58
Figura 27: Fotografia de gráfico construído por aluno na quarta etapa da sequência didática.	58
Figura 28: Produção do relatório final realizado pelos estudantes na quinta etapa da sequência didática.	59
Figura 29: Imagem do registro de atividade inicial da aluna "M.A".	63
Figura 30: Imagem de registro do relatório final da aluna "M.A".	63

Sumário

Introdução	12
Capítulo 1 – O Luxímetro como ferramenta didática	15
1.1 Exterior do LuDiCo.....	15
1.2 Interior do LuDiCo.....	17
1.3 Funcionamento do Produto.....	19
Capítulo 2 – Referenciais Teóricos	21
2.1 Pluralismo Metodológico	21
2.2 Aprendizagem Significativa.....	24
2.3 Ensino por Investigação.....	25
Capítulo 3 - LuDiCo	29
3.1 Lâmpadas	29
3.1.1 Lâmpadas incandescentes	29
3.1.2 Lâmpadas Fluorescentes Compactas	32
3.1.3 Lâmpadas de LED	34
3.2 Efeito Joule	36
3.3 Espectro Eletromagnético	38
3.4 LDR e LED.....	39
3.4.1 LDR (Resistor Dependente de Luz)	40
3.4.2 LED (Diodo Emissor de Luz)	41
Capítulo 4 – Sequência Didática	44
4.1 Metodologia	44
4.2 Blend Perfeito: Metodologia x Referencial Teórico.....	51
4.3 Aplicação do LuDiCo em Sala de Aula	53
Capítulo 5 – Análise /Reflexão	61
Conclusão	65
Referências Bibliográficas	66
Anexo	69

Introdução

É inegável a necessidade de que o Ensino de Física no Brasil seja mais eficiente, pois de acordo com Fourez (2003) percebe-se uma “crise no Ensino de Ciências” no nosso país, isso por que pesquisas e avaliações externas têm demonstrado resultados insatisfatórios. De acordo com dados do INEP (Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais), o Brasil na avaliação PISA (*Programme For International Student Assessment*) 2015, em ciências diminuiu quatro pontos em relação à última avaliação aplicada em 2012.

Foi observado nos discentes brasileiros, dificuldades em interpretar dados e evidências científicas, conhecimento sobre procedimentos realizados em ciências e capacidade de elaborar e estruturar respostas para questões mais complexas. Mozart Neves (2016) do Instituto Ayrton Senna declarou que os alunos brasileiros apresentam um atraso equivalente de aproximadamente três anos letivos no aprendizado de ciências quando comparados com alunos dos países da OCDE (Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico).

O aprendizado no Ensino de Física tem apresentado em suas principais características: a memorização e a aplicação automáticas de fórmulas e a repetição de procedimentos. A aplicação exclusiva dessa prática pedagógica tem indicado abstração e aprendizagens superficiais nos discentes que segundo o PCN¹, é na escola, de modo geral, que o indivíduo interage com um conhecimento essencialmente acadêmico, principalmente através da transmissão de informações, supondo que o estudante as memorizando passivamente adquira o conhecimento acumulado.

É comum os estudantes na disciplina de Física questionarem: “Por que preciso estudar Física?”.

De acordo com as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, as competências específicas desenvolvidas em sala de aula através dos conteúdos desta disciplina deveriam possibilitar o entendimento de fenômenos naturais e tecnológicos presentes no cotidiano dos alunos e a compreensão sobre fenômenos científicos de microestruturas derivadas dos estudos sobre a mecânica quântica e macroestruturas, vinculadas aos estudos sobre a compreensão do universo. Nesse sentido, foi construído um produto educacional experimental, um luxímetro capaz de comparar a eficiência energética de lâmpadas diferentes em função da determinação de

¹ Os Parâmetros Curriculares Nacionais são documentos criados por especialistas em educação para auxiliar e direcionar equipes escolares nas suas atividades fins. Em particular, eles embasam o planejamento de aulas, a prática diária dos educadores e auxiliam no desenvolvimento e melhora dos currículos das escolas.

grandezas físicas distintas, a saber, temperatura, corrente elétrica e poder de iluminação. O produto é nomeado LuDiCo (*acrônimo para luxímetro didático comparativo*).

Para a aplicação do LuDiCo em sala de aula foi desenvolvida uma sequência didática baseada no pluralismo metodológico, onde se evidencia fortemente dois métodos, a aprendizagem significativa e o ensino por investigação. Todos os detalhes da construção do LuDiCo foram publicados recentemente no artigo: LÚDICO- Luxímetro Didático Comparativo na revista Física na Escola, volume 16, 2ª edição (2018) pág.68. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/v1/home/index.php/pt/acontece/824-revista-fisica-na-escola-v-16-n-2>.

Como resultados, esse trabalho propiciou aos estudantes a identificação de grandezas físicas utilizadas em aparelhos elétricos e tecnológicos, o conceito de eficiência vinculado ao consumo de energia das lâmpadas, especificidades no estudo de relação entre frequência e energia da luz visível, identificação dos fenômenos físicos no funcionamento de dispositivos elétricos residenciais e o desenvolvimento da física nos processos econômicos, tecnológicos e de qualidade de vida através de hipóteses sobre os questionamentos apresentados superando as concepções empírico-indutivistas que possam existir, justificando seus argumentos e desenvolvendo análises reconhecendo a relação entre a linguagem matemática e o fenômeno científico estudado e identificando os conhecimentos entendidos sobre os fenômenos estudados em sala de aula nas relações fora do ambiente escolar.

Adotando-se estratégias para a existência de aprendizagem, o trabalho estruturou-se em várias metodologias pedagógicas evitando o reducionismo teórico com a finalidade de dinamizar as aulas propostas. Considerando que não existe verdade pedagógica aplicável a todos os indivíduos e pressupondo as diversidades e a não padronização existente em sala de aula, este trabalho propõe um incentivo à compreensão dos fenômenos físicos pela investigação, a utilização da linguagem científica, sua contextualização com o cotidiano, motivação nas aulas e entendimento da importância do aprendizado da disciplina de Física.

Esta dissertação foi dividida da seguinte forma: o primeiro capítulo apresenta o LuDiCo e seu manual de funcionamento e componentes. O segundo capítulo apresenta os referenciais teóricos, baseados no pluralismo metodológico e os métodos pedagógicos que auxiliaram a estrutura deste trabalho objetivando a aprendizagem em todo seu aspecto e levando em consideração a abrangência do que é aprender, entendendo que esse verbo representa uma ação, em que o indivíduo sinta se motivado a compreender um fenômeno científico, reconhecendo sua importância como ser indivíduo e ser social. O terceiro capítulo apresenta os dispositivos eletrônicos que compõem o LuDiCo. Entende-se que se façam necessários suas descrições,

entre outras informações. O quarto capítulo é caracterizado pela descrição das metodologias e aplicação da sequência didática. O capítulo quinto revela a análise de dados realizada e seus resultados e instiga as reflexões necessárias sobre o trabalho. E por fim, a conclusão que explora o cenário do desenvolvimento da aprendizagem, fato que parece evidente, porém não é trivial.

Capítulo 1 – O Luxímetro como ferramenta didática

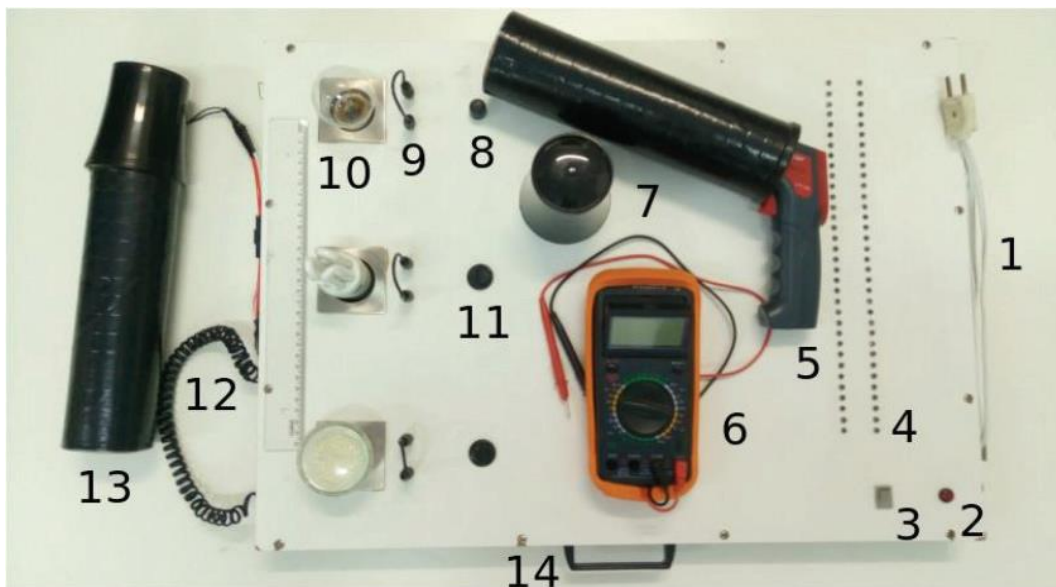
O principal objetivo desse trabalho foi o desenvolvimento de um luxímetro² para a aplicação em sala de aula. Neste capítulo apresentaremos o LuDiCo com todos os seus detalhes de funcionamento e construção. Este capítulo será baseado no artigo, parte dos resultados dessa dissertação, foi publicada na revista Física na Escola (LOPIM, 2018).

1.1- Exterior do LuDiCo

O instrumental foi projetado para ser de fácil manuseio e transporte, e de reprodução simplificada. Dessa forma, o mesmo foi construído com as características de um quadro de madeira (em forma de mala) com as seguintes dimensões: 65 cm (*centímetro*) de largura, 48 cm de comprimento e 5 cm de altura.

A madeira utilizada na fabricação é do tipo MDF (*Medium Density Fiberboard*) material oriundo de madeira e fabricado com resinas sintéticas, nas espessuras de 6 mm (*milímetro*) para o tampo, 9 mm para o fundo e 15 mm para as laterais. Iniciamos o detalhamento com a parte externa do quadro, conforme a Figura 1.

Figura 1: Componentes do LuDiCo.



Fonte: Acervo próprio.

² Luxímetro- aparelho que tem a função de mensurar a luminosidade de uma superfície.

A figura 1 foi enumerada com os diversos componentes do produto que serão descritos a seguir.

- 1) Cabo de energia: constituído de um fio paralelo, bitola 2,0 mm com aproximadamente 3 m de comprimento. Sua finalidade é alimentar o quadro com uma tensão de 127 V.
- 2) Lâmpada piloto: lâmpada indicadora de que o quadro está energizado e pronto para ser utilizado.
- 3) Chave liga/desliga do quadro: modelo 13123 MFTFS1S, liga/desliga, tipo tecla, 3 A da marca Margirius.
- 4) Escala de LEDs: escala composta de 68 LEDs de 5 mm e de alto brilho. Os LEDs são organizados por cores, de forma que a escala acenda na sequência do espectro visível da luz. Os LEDs estão divididos em: 16 na cor vermelho, 8 na cor alaranjado, 6 na cor amarelo, 14 na cor verde, 10 na cor azul/branco, 10 na cor azul e 4 na cor violeta. Os LEDs são ligados em paralelo e em coluna dupla, ou seja, dois LEDs da mesma cor por linha.
- 5) Termômetro infravermelho e tubo: marca INSTRUTEMP, modelo ITTI 380. O tubo que envolve a boca do termômetro nada mais é que uma embalagem cilíndrica de batata frita do tipo chips encontrada no mercado. O referido tubo é coberto com fita isolante na cor preta.
- 6) Multímetro: é do tipo digital, marca CE e especificação DT9205A. O multímetro é fixado por um suporte, aparafusado na tampa do quadro.
- 7) Copo: o copo preto de PVC (*Policloreto de Vinila*) rígido acompanha o produto. Sua finalidade, como detalharemos posteriormente, é proteger o usuário de luminosidade excessiva, quando as lâmpadas estão acesas em conjunto.
- 8) *Dimmer*: marca Force Line, linha rubi, branco, 127 V, potência 300 W com botão rotativo.
- 9) Conectores RCA: composto de cabo flexível de 8 cm de comprimento na cor preta de bitola 2,5 mm, dois plugues RCA e respectivos soquetes.
- 10) Local de fixação das lâmpadas: conjunto constituído por um soquete de porcelana modelo E27, com acabamento feito por um *spot* quadrado de aço escovado comumente utilizado em iluminação de interiores. Os bocais são em número de três, um para receber a lâmpada incandescente de 127 V e 60 W, outro para a lâmpada fluorescente compacta de 127 V e 9 W e outro para a lâmpada de LED 127 V e 2,2 W.
- 11) Chave liga/desliga da lâmpada: modelo KCD1-106 101, liga/desliga, tipo tecla, 6 A da marca Margirius.
- 12) Cabo extensor: cabo em espiral para telefone com a função de facilitar a mobilidade do tubo equipado com sensores de LDR (*Resistor dependente de luz*).

13) Tubo composto de sensores LDR: embalagem cilíndrica de batata frita do tipo chips encontrada no mercado. O referido tubo também é, assim como o tubo do termômetro, recoberto com fita isolante e no seu interior (fundo) há um conjunto formado por sensores LDR, cujos detalhes serão dados na próxima subseção.

14) Alça: fabricada em PVC rígido com punho de 85 mm por 20 mm. Além desses itens também são utilizados parafusos, cola quente, fita isolante e materiais para fechamento e fixação da caixa. Esta seção tem o objetivo de servir como guia de montagem e é importante notar que há liberdade no tamanho da caixa, dos fios condutores e em todos os itens de acabamento. Já as quantidades de componentes eletrônicos são exatas e indispensáveis para o bom funcionamento do produto.

1.2-Interior do LuDiCo

O interior do produto é mostrado de maneira esquemática na Figura 2. Enfatizamos que não é um esquema elétrico, apenas indica de forma didática como fazer as ligações do produto.

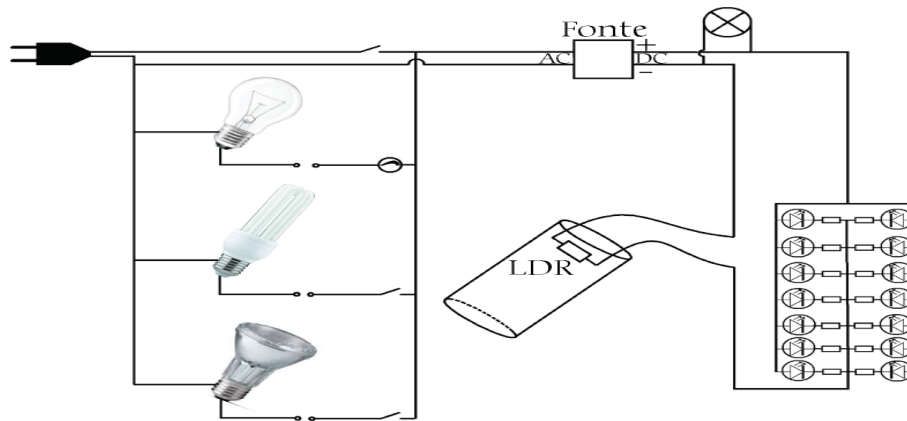
O cabo de energia alimenta as lâmpadas (incandescente, fluorescente e de LED), além de alimentar uma fonte LG 50/ 60 Hz(*Hertz*), 100/240 V(*Volts*), 0,2 A típica de telefones celulares. A fonte, por sua vez, também tem dupla função. Ela alimenta tanto a lâmpada piloto, que aparece ao lado direito da fonte na Figura 2, quanto a escala de LEDs.

Na Figura 2, foram colocados somente 7 pares de LEDs, sendo que cada par representa um grupo de cor, indo do vermelho ao violeta. Os LEDs são ligados em paralelo com a fonte, todos sob a mesma tensão, com polaridade bem definida.

Para evitar que os LEDs sejam danificados, cada um recebe um resistor de $820\ \Omega$ (*ohms*), representado por um pequeno retângulo conectado com o LED, conforme indica a Figura 2.

O polo negativo da fonte é conectado em série com os sensores LDR, fechando o circuito. O último detalhe técnico relevante é a montagem dos LDR, conforme mostrado na Figura 3. Nela podemos observar que 18 LDRs, modelo GL5528, foram fixados na própria tampa do tubo de batata chips e ligados em paralelo.

Figura 2: Esquema representativo do LuDiCo.



Fonte: Acervo próprio.

Figura 3: Sensores LDR ligados em paralelo para captação de luminosidade.



Fonte: Acervo próprio.

1.3- Funcionamento do Produto

O LuDiCo utiliza um fotosensor de LDRs e uma escala de LEDs dispostos na ordem das cores da luz visível no espectro eletromagnético. Uma das propriedades que os LEDs apresentam é acenderem somente com um potencial mínimo necessário. Como consequência disso, quando um LED é alimentado com uma fonte variável, ele apresenta resistência infinita à passagem de corrente, até que atinja o potencial mínimo para que ele acenda, então sua resistência fica próxima do zero. Conecta-se então a associação de LDRs em série com a fonte, gerando com isso uma bateria ruim, pois sua resistência interna é alta, para que nenhuma corrente passe pelo circuito com os LEDs e ainda não exista a tensão mínima para acender nem mesmo o LED vermelho (dentre os LEDs de alto brilho utilizados, o vermelho é o que necessita de menor tensão para ser aceso). Curiosamente, quanto maior a frequência da cor emitida, maior será a tensão para o acendimento do LED e à medida que o tubo de fotosensor de LDR é iluminado, seja por luz ambiente ou por alguma das lâmpadas, a resistência dos LDRs diminui fazendo com que a bateria melhore. A colocação de 18 LDRs no equipamento foi empiricamente determinada para que o mesmo apresentasse funcionamento satisfatório. Dessa maneira, podemos acessar as tensões necessárias para o acendimento da escala de LEDs, que por sua vez irá caracteriza o poder de iluminação de cada lâmpada.

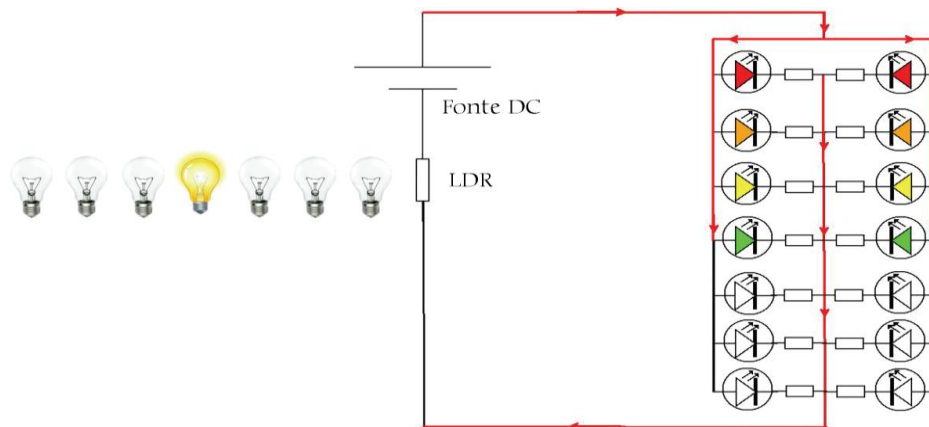
O efeito de uma escala que acende na ordem do espectro visível confere ao produto um caráter didático e visualmente atrativo. Com a sequência de imagens nas Figuras 5 e 6, é representado simbolicamente situações em que uma lâmpada é colocada sobre o LDR, acendendo somente até o LED verde, passando pelo vermelho, laranja e amarelo. A conclusão é que uma lâmpada com maior intensidade luminosa acenderia até o LED violeta, que necessita de valor maior de tensão para o acendimento (nestas figuras, quanto mais longe do LDR está a lâmpada acesa, isso indica menor poder de iluminação). Em consonância em determinar o poder de iluminação de lâmpadas, o LuDiCo determina também a temperatura das lâmpadas, com um termômetro infravermelho e corrente elétrica com um amperímetro podendo relacionar essas duas medições ao efeito Joule. Este estudo relaciona todas essas medidas demonstrando que o LuDiCo é capaz de prover a eficiência de lâmpadas que são analisadas por ele.

Figura 4: Imagem de lâmpada incandescente sendo coberto pelo fotosensor/ Imagem de medição de temperatura em lâmpada fluorescente.



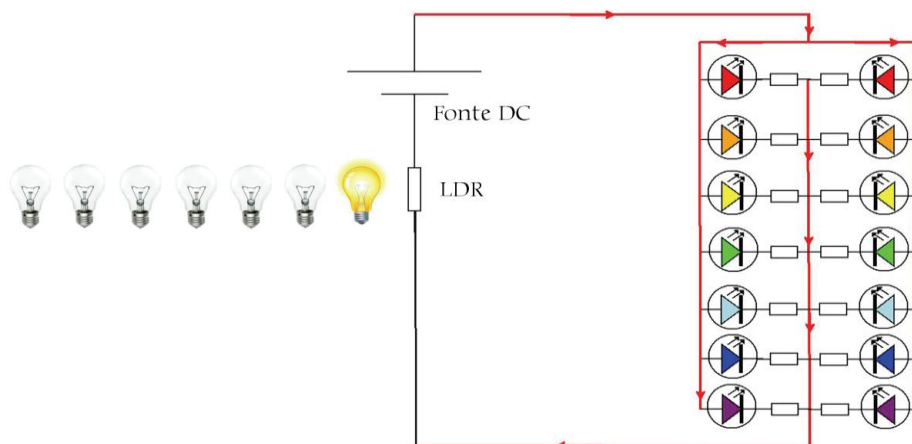
Fonte: Acervo próprio.

Figura 5: Representação esquemática de uma lâmpada com poder de iluminação médio.



Fonte: Acervo próprio.

Figura 6: Representação esquemática de uma lâmpada com poder de iluminação maior.



Fonte: Acervo próprio.

Capítulo 2 - Referenciais Teóricos

A partir da escolha de um procedimento experimental atrelado a atividades que priorizam as distintas interações presentes na sala de aula, busca-se aqui ressaltar os referenciais teóricos que embasam o trabalho realizado com o LuDiCo nas aulas de Física.

A abordagem metodológica pluralista apresentada pela epistemologia difundida por Feyerabend (1977) propõe uma reflexão sobre as escolhas metodológicas praticadas. No entanto, é importante que tais escolhas atendam aos pressupostos de um ensino que resultam em aprendizagem e por isso, trazer à tona o conceito de aprendizagem significativa proposto por David Ausubel (2000) e o ensino por investigação pesquisado pelas educadoras Carvalho (2010) e Sasseron (2010) se apresentam como pilares fundamentais que sustentam este trabalho.

2.1 – Pluralismo Metodológico

Paul Karl Feyerabend (1924-1994), austríaco, doutor em Física, especialista em teatro e doutor *honoris causa* em Letras e Humanidades apresenta em sua obra “Contra o método” (1977), sua defesa ao Anarquismo Epistemológico, teoria em que o filósofo das ciências afirma que as regras estruturadas por metodologia única, como por exemplo o método científico, inibe as condições para o desenvolvimento do pensamento criativo e o despertar das capacidades críticas. Criticado por outros renomados filósofos da ciência: Karl Popper, Thomas Khun e Imre Lakatos, Feyerabend foi denominado por eles como o “Inimigo das Ciências” por suas reflexões sobre a natureza da ciência e o panorama contemporâneo.

Ressaltando que a educação em ciências apresentam em seu panorama um vínculo a referenciais, objetivistas e transmitivistas, que privilegiam somente a audição em detrimento da fala do docente e dessa forma apresenta resultados ineficientes na aprendizagem dos conceitos científicos e conhecendo que o processo de aprendizagem é complexo, mutável e não trivial, as ideias de Feyerabend defendidas para o desenvolvimento científico expõem em seu mecanismo a metodologia pluralista para o Ensino de Ciências, a fim de diminuir as dificuldades e complexidades existentes em sala de aula.

A orientação plurimetodológica não evidencia nenhum referencial pedagógico. A estratégia pluralista permite ao professor a abrangência de aplicação de vários referenciais teóricos pedagógicos, entendendo que o docente conhece as complexidades e as necessidades que ocorrem no ambiente de sala de aula. De acordo com Airasian & Walsh (1997) e Hollon

(1991), citados por Laburú (2003, p. 247) deve-se evidenciar que os professores precisam exercer a função de mediar o aprendizado e não ditar o que deve ser aprendido, para que dessa forma os alunos tenham a possibilidade de construir seus conhecimentos em consonância com seus próprios significados. Fatores como motivação, preferências, relação de importância que o indivíduo possui com o aprendizado, persistência, habilidades mentais específicas e experiências sociais vividas, entre tantos outros, demonstram a complexidade dos processos de aprendizagem presentes no ambiente escolar.

Mediante ao número de fatores diversos apresentados, torna-se questionável a exclusividade de empregar apenas uma prática educacional. O Pluralismo metodológico. Os tempos mudaram. Considerando algumas tendências na educação dos Estados Unidos (politicamente correto, menus acadêmicos, etc.), em filosofia (pós-modernismo) e o mundo em geral, penso que se deva dar à razão, agora, um peso maior, não porque ela seja e sempre tenha sido fundamental, mas porque isso parece ser necessário, dadas circunstâncias que ocorrem bem frequentemente hoje (mas que podem desaparecer amanhã), para criar uma abordagem mais humana. (FEYERABEND, 1993 p. 13)

O Pluralismo Metodológico defende uma aprendizagem efetiva para todos os alunos e não somente para um grupo com características particulares. Laburú (2003, p. 251), menciona trabalhos de vários educadores como Shade (1982), Swisher & Dayle (1987) e Huber & Poewewardy (1990) que afirmam em seus trabalhos que a melhoria do aprendizado ocorre quando não existe um grupo dominante sendo valorizado em sala de aula. O professor deve entender que os aprendizes possuem condições desiguais e diferenciadas através das circunstâncias cognitivas, emocionais e motivacionais que os alunos apresentam, a fim de que os processos de aprendizagem alcancem a todos. Baseando em toda essa conjuntura, a indicação de aplicação de estratégias pluralistas mostra-se bastante adequada.

Driver (1994)³ sintetiza que determinados conteúdos específicos no ensino de ciências necessitam receber aplicação padrão para o coletivo. Em contrapartida Jenkins (2000, p.203) e Lawson (1988)⁴ demonstraram em suas pesquisas que o comportamento em sala de aula, estabelecido em vários conteúdos de ciências, induz comportamentos pouco obedecidos e aprendizagem superficial, indicando desta forma a necessidade de pluralidade nos métodos pedagógicos aplicados.

³ Citado por Laburú no trabalho: Pluralismo metodológico no Ensino de Ciências (2003, p.252).

⁴ Citados por Laburú no trabalho: Pluralismo metodológico no Ensino de Ciências (2003, p.252).

Uma postura pluralista não se apresenta como definitiva, não existe método didático único que possa ser aplicado a todos indivíduos e ações pedagógicas pluralistas devem ser justificadas em suas aplicações através de critérios que indiquem, a qualidade, o tempo de retenção do conteúdo, a dimensão da aprendizagem e o número de discentes motivados e entusiasmados.

Pask (1976) observou que a aprendizagem é particularizada citando estilos de aprendizagem. Alguns aprendizes preferem adotar várias hipóteses em relação às questões propostas e resolvê-las individualmente. Outros estudantes preferem dividir as hipóteses e discuti-las em grupo construindo seus conhecimentos através de interações. Existem também estudantes com personalidade competitiva que prezam sempre por demonstrarem suas habilidades. Em compensação a sala de aula também apresenta alunos que são incrédulos à capacidade que possuem de aprender e também os que possuem perfil metódico e estudam horas, seja por predileção pela atividade ou por sentirem-se inseguros em relação a suas competências. A psicologia cognitiva tem realizado inúmeros estudos sobre a relação de motivação que o indivíduo apresenta para assimilar o que lhe é ensinado e as crenças que possui sobre sua capacidade de aprendizado (Boruchovith, 2001).

A estratégia pluralista não se defende como detentora da verdade em relação aos métodos pedagógicos existentes. Ela apresenta a proposta de que somente o professor conhece os desafios das salas de aula em que leciona, e como consequência, isto o torna capaz de desenvolver metodologias de ensino que abrangem situações que compensem as desigualdades presentes e forneça facilidade nos progressos de aprendizagem, mesmo este sendo um processo individual.

Entender o conhecimento de várias práticas pedagógicas podem resultar em atitudes produtivas em sala de aula, pois o aprender é um fenômeno complexo que abrange a relação entre o aprendiz e o conhecimento almejado pelo docente. Variar as atividades e as tarefas, aplicando vários métodos em sala de aula, podem resultar em formas de substituir o tédio por motivação nos alunos, induzir o conhecimento ativo e desta forma reduzir a dependência constante e direta do professor, a fim de construir nos alunos autonomia na aprendizagem.

As reflexões sobre a pluralidade de métodos no Ensino de Ciências flexibilizam a possibilidade de aplicação das regras padronizadas ou a liberdade de interação entre os métodos para aplicação em sala de aula. Conforme o docente identifique o meio em que é presente e considere as necessidades e seus aspectos particulares, ele torna-se apto a encontrar e desenvolver as condições metodológicas pedagógicas que irão auxiliá-lo em motivação com a finalidade de uma aprendizagem significativa para maioria de seus alunos.

2.2- Aprendizagem Significativa

A teoria metodológica da aprendizagem significativa foi desenvolvida pelo psicólogo educacional David Ausubel (1918-2008). Suas práticas são baseadas na interação de conhecimentos prévios e novos conhecimentos, a fim de alcançar uma estabilidade cognitiva.

Através de um *subsunçor*⁵ ou ideia-âncora, um novo conhecimento pode ser subordinando as concepções primárias do estudante, com o propósito de desenvolver a aprendizagem de um novo conceito. Propõe-se desta forma que o estudante demonstre um conhecimento prévio estável e estruturado a fim de que novas aprendizagens sejam assimiladas como um processo natural e espontâneo. Portanto considera-se que a apresentação de um primeiro subsunçor é de extrema relevância para a aprendizagem de novos conceitos que serão estudados. A metodologia de aprendizagem significativa é caracterizada pela organização entre o primeiro subsunçor e os subsunçores que se apresentarão durante todo o processo de aprendizagem.

A indicação de uma aprendizagem significativa pode ser definida pela análise da apresentação dos subsunçores existentes na etapa inicial comparando os com os conceitos relatados pelos aprendizes em uma etapa final. O processo ensino - aprendizagem apresenta transformações na estrutura cognitiva do estudante. É importante destacar que a interação entre subsunçores para adquirir aprendizagem significativa não é arbitrária e que o reconhecimento das concepções primárias são as principais variáveis que compõem o conhecimento, pois através destes primeiros subsunçores há alteração ou solidificação das novas informações necessárias para a construção do conhecimento. Entende-se que o reconhecimento dos subsunçores pode não ser considerado como um processo simples tornando um fator dificultoso para o alcance da aprendizagem significativa, que não se apresenta como uma forma de aprendizado que nunca será esquecido, embora exista a modificação da estrutura cognitiva, deve-se destacar que nestes casos o esquecimento é desfeito de maneira mais gradual em comparação com a *aprendizagem memorística*⁶. É interessante ressaltar que a aprendizagem significativa efetiva requer que o indivíduo necessariamente esteja em contato com os conceitos aprendidos, praticando assim a reaprendizagem (MOREIRA, 2012, p.2).

⁵ Subsunçor-nome que se refere ao conhecimento específico, existente na estrutura cognitiva do indivíduo.

⁶ Aprendizagem memorística-conhecida também como aprendizagem mecânica que baseia algumas de suas práticas em repetições.

David Ausubel propõe que a aprendizagem significativa provém do desenvolvimento cognitivo, tendo como base o conhecimento prévio do aluno acerca do conceito que será estudado e que o estudante através da aquisição de informações e da organização destas no processo, progrida para a consolidação do ensino – aprendizagem, conseguindo construir seus novos conceitos a partir dos que foram assimilados anteriormente e não de maneira mecânica e repetitiva.

Moreira (2012) afirma que determinadas estratégias e procedimentos são facilitadores para o alcance da aprendizagem significativa, porém se estas estratégias apresentarem um foco comportamentalista do tipo certo ou errado elas correspondem a metodologias de ensino de aprendizagem mecânica.

Então, considera-se que o conceito de aprendizagem significativa pode ser definido como a interação de conhecimentos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz com novos conhecimentos, podendo ser incluído a outras teorias pedagógicas.

2.3-Ensino por Investigação

Certas linhas de pesquisas em ensino de ciências defendem práticas que possuem caráter exploratório, investigativo e a construção do pensamento crítico. O ensino por investigação entende que a ciência tem em si formato de cultura, possuindo regras, valores, práticas e linguagens próprias. Neste trabalho defende-se essa concepção e aborda essencialmente duas pesquisadoras brasileiras nessa área, Ana Maria Pessoa de Carvalho e Lúcia Sasserón que defendem o ensino por investigação, a vivência e apropriação da cultura científica, sendo esse processo nomeado enculturação científica.

A partir dessas ideias acerca do trabalho científico, podemos conceber a cultura científica como conjunto de ações e de comportamentos envolvidos na atividade de investigação e divulgação de um novo conhecimento sobre o mundo natural. (SASSERÓN, 2015, p.15).

A proposta de ensino por investigação em ciências conduz o estudante a vivências de práticas da cultura científica, por intermédio de atividades investigativas. Almeja-se que através dessa prática, os alunos alcancem a construção de sua *autonomia moral*⁷ Piaget (1977).

[...] no plano psicológico, a autonomia moral é vista como resultado de uma interação cooperativa com os demais membros de uma sociedade. Não é, portanto, imposta de fora para dentro, mas sim construída pelo sujeito em interações sociais pautadas nos valores e regras da autonomia moral. Tais intenções desencadeiam o que Piaget chama de processo de descentração, ou seja, a capacidade de se colocar no ponto de vista de outras pessoas para melhor compreendê-las e, reciprocamente, melhor compreender o próprio ponto de vista (tomando consciência de sua 'situação' e, decorrentemente, de seus limites). (LA TAILLE, 1998, p.13)

A atividade investigativa possui em suas práticas a interação social do indivíduo estudadas por Lev Vygotsky (1896-1934) que prioriza a mediação do professor para construção de novos conhecimentos, dentro de uma proposta sociointeracionista. Vygotsky não destaca o professor como o principal responsável pelo conhecimento, mas como um agente de conexão que possibilita e potencializa a construção de competências e habilidades ainda não desenvolvidas pelo estudante, confirmando desta forma a necessidade e importância do professor mediador como essencial para o processo de ensino-aprendizagem (OLIVEIRA, 2013).

No ensino por investigação os alunos podem reconhecer seus conhecimentos prévios, argumentar as questões apresentadas e encerrar suas atividades, registrando os conceitos analisados e entendidos, através dos trabalhos que são realizados em grupos.

A escola como ambiente coletivo é um espaço que oferece ao aluno a possibilidade de estabelecer relações diversificadas e as atividades em grupo permitem o compartilhamento de ideias e hipóteses, criando interações entre os estudantes que irão lidar com argumentações diferentes e assim possibilitando que o aprendiz decida quais atitudes devem ser tomadas de acordo com suas convicções e princípios, respeitando as diversidades.

Os alunos apresentam grande dificuldade em relacionar o conhecimento aprendido em ciências para aplicar na sociedade em que vivem, bem como nas tecnologias conhecidas. Para que o objetivo de tornar explícita a natureza das ciências seja alcançada é importante que os

⁷ Autonomia moral- capacidade que o indivíduo possui de elaborar suas próprias normas e analisar com senso crítico o conceito de obrigatoriedade.

estudantes examinem, argumentem sobre, discutam a natureza de boas evidências e decidam sobre as alternativas. Driver (*et al.* 2000); Duschl, (2000); Jiménez-Aleixandre, (2005).

Atividades em grupos seguem regras e assumem tarefas de forma organizada e integral, a fim de que as capacidades do indivíduo sejam reconhecidas sustentando a importância da convivência. Os trabalhos em grupo não devem ser reduzidos somente como a interação entre seus integrantes, devem ser vistos também como uma metodologia de incentivo a troca de ideias, opiniões e reflexões motivadas por um questionamento problematizador, que estimula a necessidade da resolução do que foi proposto com a colaboração de todos os membros pertencentes. A investigação de um problema proposto em grupo indica a possibilidade do aluno enxergar níveis diferentes de situações, sem perderem suas identidades.

O ensino por investigação tem em seu pressuposto básico a discussão do problema, apresentação de ideias e interpretações, mesmo que sejam diferentes, instigar posições e interpretações são funções que o professor exerce, mesmo que os conceitos apresentados sejam discordantes entre os membros do grupo, é pertinente ressaltar, que esse ambiente conflitante proporciona ao professor a questionar os alunos, ouvindo suas respostas para poder direcionar o aprendizado.

Através da enculturação científica e das aulas de caráter investigativo, pretende-se que o Ensino de Física deserte uma visão empírico-indutivista e que questões “estruturadas em bases educacionais e epistemológicas claras e bem conduzidas: instiguem a curiosidade dos alunos; minimizando as abstrações existentes em sala de aula e provoquem discussões e elaborações de hipóteses sobre os fenômenos apresentados, induzindo, reflexão, espírito crítico e explicações...” Peluzzi e Peluzzi (2004); Borges (2004); Capechi e Carvalho (2006) também refutaram concepções empírico-indutivistas.

Sabendo que a linguagem da ciência é essencialmente argumentativa, com isso a argumentação deve ser desenvolvida nas salas de aula como instrumento para superar as concepções empírico-indutivistas. É válido ressaltar que em ambientes de aprendizagem na qual a habilidade de argumentar está sendo construída existirão justificativas que transformarão fatos em evidências.

O professor deve estimular as descrições e explicações que os alunos possuem em consonância com as concepções primárias que possuem sobre os fenômenos observados, os estimulando sempre ao uso de uma linguagem científica e levando-os a questionarem suas próprias conclusões.

Em uma aprendizagem significativa investigativa verifica-se a necessidade da argumentação a fim de que exista a explicação dos conceitos científicos. Portanto é entendido

que faz se necessário a mudança da linguagem própria para a linguagem científica pois funciona primordialmente como instrumento de ensino e aprendizagem.

É importante que o professor proponha nas atividades questões que irão usar ferramentas matemáticas (gráficos, equações, tabelas e fórmulas) e que as relacione com as explicações científicas, promovendo o desenvolvimento do ensino de vários fenômenos científicos e a tradução da linguagem conceitual da física para matemática e vice-versa.

A estrutura dos conceitos e fenômenos observados são descritos através da matemática como sendo a linguagem de representação do fenômeno físico. Este fato demonstra complexidades para o entendimento do fenômeno, que reflete em grandes dificuldades para os alunos na aprendizagem da disciplina de física. Desta forma o professor reforça e estrutura a linguagem matemática incentivando a imaginação e construindo pontes linguísticas entre a linguagem comum e a científica (PIETROCOLA, 2010, p.81).

Capítulo 3 – LuDiCo

Neste capítulo serão apresentados os principais componentes eletrônicos utilizados no LuDiCo, entre eles estão os LEDs alto brilho 5mm e os sensores LDRs. Apresenta-se também as três lâmpadas utilizadas ao longo deste trabalho: incandescente, fluorescente compacta e LED. Todos esses componentes eletrônicos citados possuem fenômenos físicos riquíssimos que aqui serão abordados. Será discutido neste capítulo também o efeito Joule e o espectro eletromagnético, essenciais para a compreensão das atividades propostas pelo produto educacional experimental LuDiCo.

3.1 – Lâmpadas

Esta seção realiza o estudo das três lâmpadas que estiveram em foco no trabalho. A seção se caracteriza por realizar relatos de forma diversa das lâmpadas incandescente, fluorescente compacta e LED, procurando esclarecer pontos importantes que elas possuem, suas características físicas e princípios físicos de funcionamento.

3.1.1 – Lâmpada Incandescente.

As lâmpadas incandescentes caracterizam-se por um filamento de tungstênio envolvido por uma ampola de vidro com gás de enchimento e uma base. Quando ocorre a passagem da corrente elétrica pelo filamento de tungstênio, devido à alta resistência, ele aquece e emite luz. Quanto maior for a temperatura atingida pelo filamento de tungstênio, maior será a eficiência de emissão luminosa da lâmpada incandescente.

O comprimento, diâmetro e espiralagem do fio de tungstênio definem a potência e a vida útil da lâmpada incandescente e sua especificação visa gerar luz da forma mais econômica e eficiente possível. É necessário ressaltar que infelizmente isso não é possível, pois uma parcela considerável da energia é dissipada no aquecimento do filamento, além da emissão considerável de luz infravermelha, que não é visível, de modo que as lâmpadas incandescentes tendem a cair em desuso.

Em janeiro de 2011 foi publicado no Diário Oficial da União uma portaria interministerial de Minas e Energia, Ciência e Tecnologia, Indústria e Comércio. A portaria interministerial número 1007, de 31 de dezembro de 2010 exigia que até 2016 fossem retiradas

gradualmente do mercado brasileiro as lâmpadas incandescentes de uso comum, superior a 40 W (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2010).

O filamento espiralado possui menor superfície efetiva de contato com o gás reduzindo desta forma as perdas de calor por condução e convecção. O filamento está contido dentro de uma superfície revestida por vidro ou ampola que pode ser opaca ou transparente (TEIXEIRA, 2004, p.9).

Nas lâmpadas incandescentes com potência inferior a 40W, o bulbo é feito a vácuo. Nas lâmpadas com potência maior que 40W, o preenchimento envolve uma mistura dos gases argônio e nitrogênio, que são inertes e desta forma evitam que o filamento se combine com o oxigênio e evapore instantaneamente. Estas lâmpadas são fabricadas sob baixa pressão e sem a utilização de materiais tóxicos que deixam resíduos prejudiciais ao meio ambiente. Elas podem ser dimerizadas (através de potenciômetros), alterando desta forma a sua luminosidade

Em 1890 a Shelby Electric Company fabricou uma lâmpada, conhecida atualmente como a lâmpada que nunca apaga pois está acesa desde 1901. Ela dissipa somente 4W de potência e seu filamento é composto por um material semicondutor a base de carbono. Quando aquecido torna-se um bom condutor com alta emissividade, ao contrário do que ocorre com as lâmpadas incandescentes convencionais (a condutividade do filamento metálico diminui com o aumento da temperatura). Correlacionando esse fato com o detalhe que essa lâmpada só foi desligada somente uma vez e se encontrou fora do estado de funcionamento durante 22 minutos apenas, especialistas concluem que o ligar e desligar das lâmpadas pode alterar a vida útil das lâmpadas. A lâmpada que “nunca” apaga se encontra em Livermore na Califórnia, EUA (BBC,2018).

A figura 7 representa a fotografia da lâmpada incandescente utilizada nas atividades envolvendo o LuDiCo.

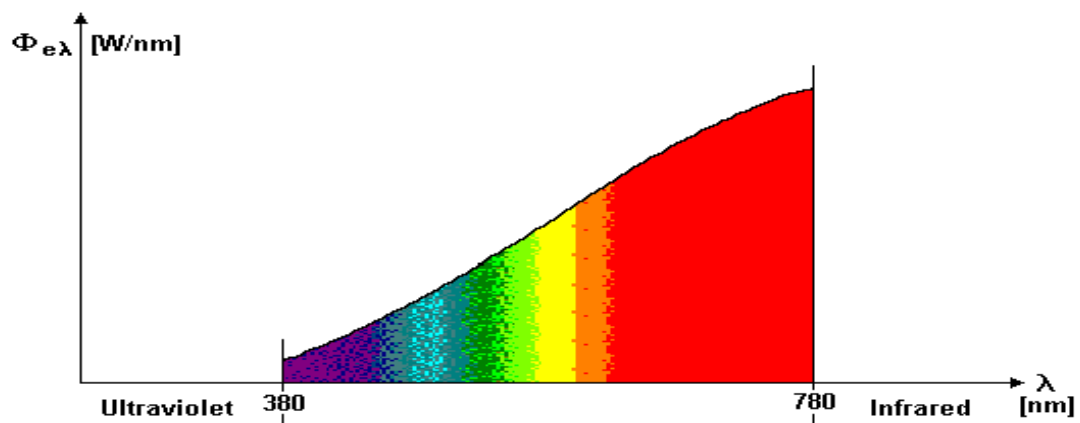
Figura 7: Imagem de lâmpada incandescente utilizada no LuDiCo.



Fonte: Acervo próprio.

Para temperaturas mais altas do filamento, maior será a emissão na região visível do espectro e maior o rendimento, conversão de energia elétrica em luz, da lâmpada. A figura 8 representa o gráfico fluxo luminoso (watt/nanômetro) versus comprimento de onda (nanômetro) na faixa do visível de uma lâmpada incandescente. O fluxo luminoso (Φ)⁸ é definido como a medida da energia por unidade de área e por unidade de tempo que chega ao detector.

Figura 8: Imagem do espectro da luz visível em lâmpada incandescente.



Fonte: https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Lâmpadas/Fontes_Lumin.pdf

⁸Definição de conceito de fluxo luminoso em: <
[http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0213/Material_de_Apoio/03_-_Ia._Conceito_Fundamentais_\(grandezas_Luminosas\).pdf](http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0213/Material_de_Apoio/03_-_Ia._Conceito_Fundamentais_(grandezas_Luminosas).pdf)>. Acesso em fevereiro de 2019.

3.1.2 – Lâmpadas Fluorescentes Compactas

As lâmpadas fluorescentes compactas são consideradas fontes luminosas de baixo consumo e baixa emissão térmica, possuindo um rendimento luminoso que varia de 40 lm/W (*lumen⁹/Watt*) a 60 lm/W, esses valores podem representar até cinco vezes mais do que os valores indicados pelas lâmpadas incandescentes e apresentam em média de 8.000 a 10.000 (*horas*) de duração de vida média. Este valor é superior em dez vezes mais comparados à vida média das lâmpadas incandescentes (SIQUEIRA, 2011, p.1).

Elas possuem em média 12 (*milímetros*) de diâmetro no tubo, e alimentação eletrônica incorporada, não necessitando de componentes externos para funcionarem (TEIXEIRA, 2004, p.7). A figura 9 representa a fotografia da lâmpada fluorescente utilizada nas atividades com o LuDiCo.

Figura 9: Imagem de lâmpada fluoresecnte compacta utilizada no LuDiCo.



Fonte: Acervo próprio.

O funcionamento das lâmpadas fluorescentes compactas não é diferente do funcionamento das lâmpadas fluorescentes convencionais, porém as fluorescentes compactas possuem um tubo de descarga curvado ou uma combinação de vários tubos de menor dimensão.

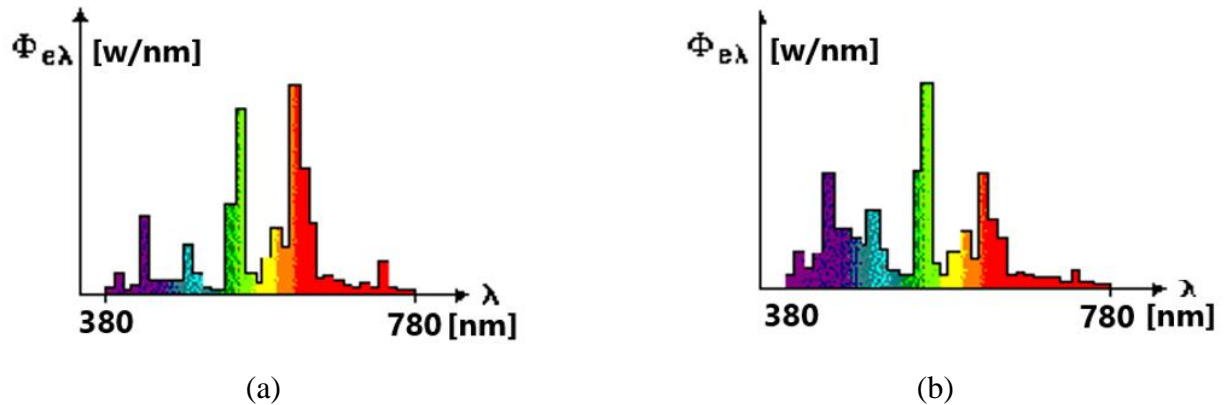
⁹ Lumen-Unidade de medida do fluxo luminoso.

As lâmpadas fluorescentes convencionais ou compactas possuem rendimento luminoso elevado e uma duração de vida média bem superior em relação as lâmpadas incandescentes. O rendimento luminoso das lâmpadas fluorescentes pode se limitar um pouco devido ao pequeno volume do tubo de descarga. A forma compacta desta lâmpada oferece um novo conjunto de qualidades e novos campos de aplicação. A lâmpada fluorescente é também conhecida como lâmpada de vapor de mercúrio de baixa pressão e o gás utilizado para encher o tubo é um gás inerte, argônio, que libera com facilidade os elétrons presentes nas extremidades do tubo.

Os elétrons encontram-se nos filamentos da lâmpada, que é revestido com um material emissor, óxido metálico. A liberação dos elétrons ocorre quando uma tensão é aplicada na lâmpada e eles são pré-aquecidos e a ionização do gás ocorre quando os elétrons emitidos migram causando colisões com os átomos de mercúrio. Essas colisões fazem com que um elétron de um nível mais interno do átomo passe para um nível mais externo. A transição do elétron excitado para o nível original se dá com a emissão de fótons com vários comprimentos de onda, incluindo a faixa do visível e radiação não visível. A superfície interior do tubo de descarga é revestida com uma substância fluorescente que transforma a radiação ultravioleta produzida pela lâmpada em luz visível. Esse fenômeno é conhecido como fluorescência.

As lâmpadas fluorescentes possuem um espectro amplo de emissão, porém descontínuo, em contraste com o que ocorre nas lâmpadas incandescentes, representado na figura 8. A luminosidade nas lâmpadas fluorescentes é predominantemente difusa tornando-a mais adequada para uma iluminação uniforme de áreas extensas. Tal condição pode levar à fadiga visual. Essas lâmpadas misturam substâncias químicas para a realização da emissão da luz branca. A figura 10 mostra o espectro difuso de dois tipos de emissão de lâmpadas fluorescentes compactas, o espectro da luz visível para a emissão do branco quente em (a) e o espectro da emissão da luz visível da luz branca natural em (b). Essas lâmpadas possuem espectro visível não contínuo e uma obtenção de restituição de cores diferente das lâmpadas incandescentes. A emissão do espectro visível para o branco quente é representada pela figura 10 (a) e a emissão do espectro visível do branco natural “luz do dia”, representado pela figura 10 (b), dependem exclusivamente da composição das substâncias fluorescentes das lâmpadas. Os gráficos foram construídos com as grandezas físicas: fluxo luminoso (watt/nanômetro) x comprimento de onda(nanômetro). Deve-se ressaltar que foi destacado apenas dois tipos de emissão de espectro visível de uma lâmpada fluorescente.

Figura 10: Imagem de espectro da luz visível em lâmpadas fluorescentes.



Fonte: https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Lâmpadas/Fontes_Lumin.pdf

3.1.3 – Lâmpadas de LED

A iluminação das lâmpadas de LED oferece vantagens importantes e significativas comparadas às outras fontes de iluminação. As lâmpadas de LED possuem melhor qualidade na luminosidade, demonstrando melhor nitidez nas cores do espectro na faixa da luz visível, possuindo aquecimento baixo e não emitindo ultravioleta (UV).

Instalações industriais em todo o mundo começaram a utilizar a tecnologia de iluminação LED para substituir as lâmpadas tradicionais, incandescentes, que foram usadas por décadas. As lâmpadas de LED podem durar mais de 100.000 (*horas*) e desta forma eliminar as frequentes trocas de lâmpadas, reduzindo tempo, custo e impacto na produção (SCHARTZ, 2016, p.60).

Segundo constatou Scharzt (2016, p.57), reduzir o consumo de energia e melhorar a eficiência de uma lâmpada é um grande desafio para as ciências e tecnologias da iluminação. De acordo com os EUA Environmental Protection Agency (EPA), mais de 40% dos 499 bilhões de kWh (*Kilowatt-hora*) de eletricidade gerados nos EUA são destinados à iluminação, sendo mais da metade (297 bilhões de kWh) consumida na iluminação de edifícios, vias públicas e rodovias.

No Brasil em que a principal fonte de energia elétrica provém das usinas hidrelétricas, aproximadamente 90%, a utilização consciente da eletricidade é uma questão em alta na atualidade, principalmente em um momento em que as mudanças climáticas influenciam nossa principal fonte de geração de energia elétrica (CHAVES, 2018).

A figura 11 representa a fotografia da lâmpada de LED utilizada nas atividades envolvendo o LuDiCo.

Figura 11: Imagem da lâmpada de LED.



Fonte: Acervo próprio.

As lâmpadas de LED são consideradas as mais eficientes, pois reduzem significativamente o consumo de energia. Elas não possuem vapor de mercúrio, não geram emissão de raios ultravioletas, nocivos à saúde, e não necessitam de manuseio especial ou reciclagem exclusiva como acontece com as lâmpadas fluorescentes, fornecendo qualidade de iluminação próxima à da luz natural e conforto para a visibilidade ao proporcionar uma nitidez compatível com as cores que a visão humana retém. São aproximadamente 70% mais eficientes do que as fluorescentes compactas e representam uma redução de 67% no consumo de energia em relação às mesmas, além de emitir uma quantidade mínima de calor.

Nos últimos 50 anos, a tecnologia das lâmpadas de LED cresceu significativamente, alcançando o branco de alto brilho, passando a consumir muito menos energia com o aumento do tempo de vida útil. Muitos consumidores já perceberam esses benefícios e optaram pela adoção destas lâmpadas.

Uma lâmpada de LED, usada na iluminação, absorve grande parte do azul e reemite as demais cores, fornecendo assim o branco que imita a luz natural. A figura 12 mostra o gráfico

intensidade relativa de emissão versus comprimento de onda (nanômetro) do espectro visível de uma lâmpada LED.

Figura 12: Imagem do espectro da luz visível em lâmpadas de LED.



Fonte: http://media.metrologia2015.org.br/media/uploads/trabalhos/Compara%C3%A7%C3%A3o_entre_a_L%C3%A2mpada_Hal%C3%B3gena_e_o_LED_como_fontes_de_Ilumina%C3%A7%C3%A3o_na_Microscopia_%C3%93ptica_Avalia%C3%A7%C3%A3o_Colorim%C3%A9trica_e_T%C3%A9rmica.pdf

3.2 – Efeito Joule

O efeito Joule estudado neste trabalho é descrito nesta seção de forma sucinta. Os experimentos realizados por Joule culminaram com a descoberta do fenômeno que leva seu nome. Este efeito tem contribuído de forma recorrente para o desenvolvimento da tecnologia e das ciências. James Prescott Joule (1818–1889) publicou seus resultados em 1841 na revista *Philosophical Magazine* da *Royal Society*, vol. 19, p. 260–277. Segundo Joule, existem poucos fatos em ciência mais interessantes do que aqueles que estabelecem a ligação entre calor e eletricidade.

O experimento de Joule consistia em um condutor de metal aquecido por uma corrente voltaica¹⁰, um galvanômetro que fornecia a intensidade da corrente elétrica, além de um termômetro com graduação Fahrenheit ($^{\circ}F$) que possibilitava a medição precisa da temperatura. O condutor metálico, foi inserido no interior de um tubo de vidro e mergulhado em um vaso,

¹⁰ Corrente voltaica-produzida por substâncias químicas ou dispositivos.

também de vidro, contendo água. Na passagem da corrente elétrica no condutor, Joule certificava-se que não ocorria eletrólise¹¹ na água. Este experimento demonstrou que o calor gerado pela passagem da corrente elétrica no condutor era proporcional à variação da temperatura da água. Joule repetiu o experimento mantendo a temperatura da água e do ambiente constantes e concluiu que as perdas de calor não interferiam na produção de calor pela passagem de corrente elétrica nos condutores. Joule estudou também a relação da variação da temperatura da água contida no vaso com a resistência elétrica do material condutor, levando em conta o tipo do material, a forma, comprimento e secção. Ele pôde assim estabelecer a relação direta existente entre o aumento da temperatura da água e a resistência no condutor.

Em termos modernos pode-se concluir esta afirmação facilmente. Um resistor com valor nominal R dissipa uma potência RI^2 ao ser atravessado por uma corrente I . Por outro lado, para elevar a temperatura de uma massa de água M , com calor específico c , por um fator ΔT , é necessário a seguinte quantidade de calor: $Mc\Delta T$. Deixando o resistor imerso na água em um intervalo de tempo δt , obteremos por conservação de energia:

$$RI^2 \delta t = Mc\Delta T \quad (1)$$

Isolando R da equação (1) demonstra-se o que é esperado em (2).

$$R = \frac{Mc \Delta T}{I^2 \delta t} \quad (2)$$

Nos experimentos conclui-se então que o efeito Joule corresponde ao aquecimento de determinado condutor ao resistir à passagem de corrente elétrica. O efeito observado por Joule permitiu o desenvolvimento de dispositivos térmicos, por exemplo, ferros de passar roupa, chuveiros e aquecedores elétricos. Joule contribuiu de forma seminal para a ciência física ao relacionar a liberação de energia calorífica em um condutor metálico percorrido por uma corrente elétrica.

¹¹ Eletrólise- reação química não espontânea provocada pelo fornecimento de energia elétrica, quebrando as moléculas de água em hidrogênio e oxigênio.

3.3 – Espectro eletromagnético

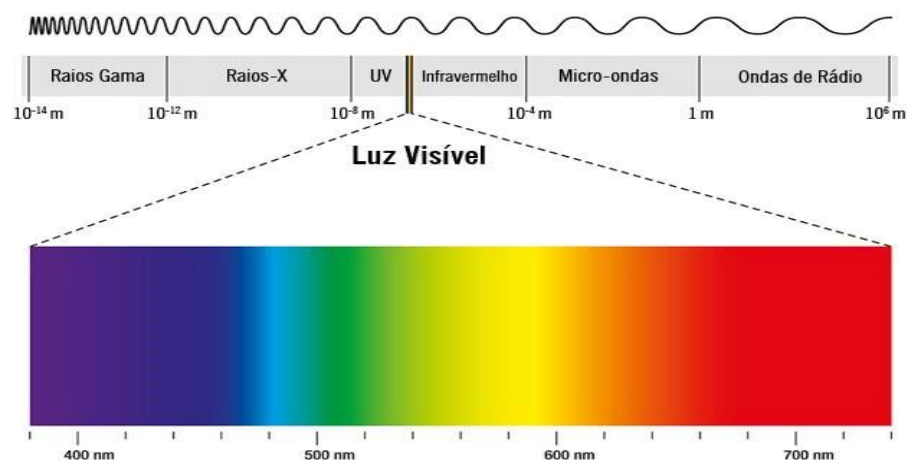
Esta seção apresenta a relação entre frequência e energia dos fótons, que considera o caráter corpuscular da luz, descoberta por Albert Einstein (1879 – 1955), agraciado com o Prêmio Nobel de Física. Esta relação serviu de base para o nosso trabalho, numa abordagem qualitativa.

Existem inúmeras formas de radiação eletromagnética na natureza: a luz visível, as ondas de rádio, micro-ondas, raio-x, entre outras (veja figura 13). Elas possuem uma característica em comum: são o resultado das oscilações do campo elétrico e do campo magnético e se diferem quanto ao período de oscilação dos respectivos campos, implicando em diferentes frequências.

Quanto maior é a frequência do fóton, menor será o seu comprimento de onda, a recíproca também é verdadeira. A luz visível encontra-se na faixa de frequência de $7,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$ (*Hertz*) até $4,3 \times 10^{14} \text{ Hz}$, apresentando comprimentos de onda que variam de $4 \times 10^{-7} \text{ m}$ a $7 \times 10^{-7} \text{ m}$, respectivamente. A frequência mais baixa da luz visível corresponde à cor vermelha e as frequências inferiores correspondem à faixa do infravermelho. Os raios ultravioletas apresentam frequências superiores às frequências da luz visível. Einstein deduziu a equação abaixo que relaciona a energia E (*Energia*) dos fótons em função da frequência ν , onde $\hbar = 6,62607004 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg /s}$ (constante de Planck).

$$E = h\nu.$$

Figura 13: Imagem esquemática do espectro eletromagnético.

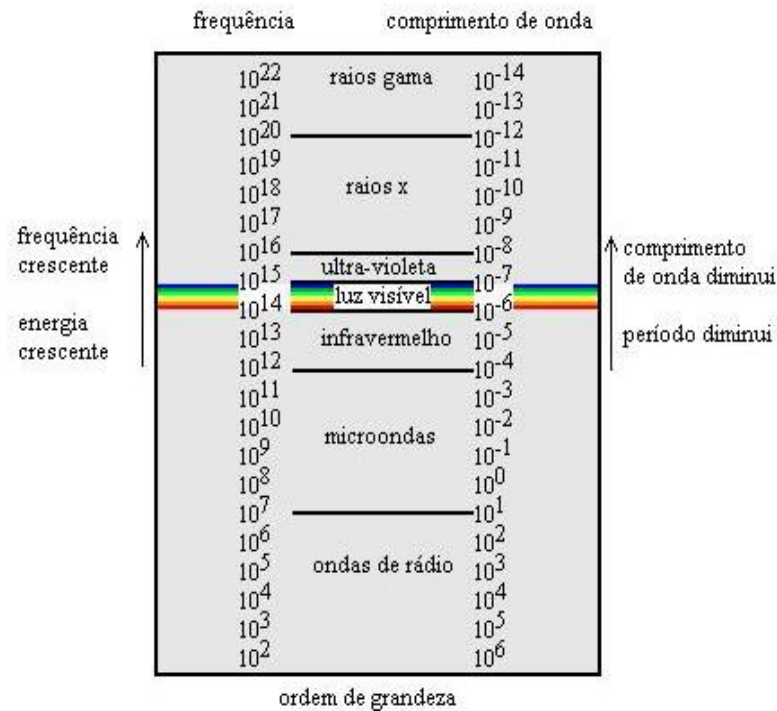


Fonte: <https://www.todamateria.com.br/espectro-eletromagnetico>.

Conclui-se pela equação que a energia é proporcional à frequência. Então pode-se dizer que um quantum de radiação eletromagnética de frequência igual à do ultravioleta (um fóton ultravioleta) possuir mais energia do que um fóton da luz visível na cor vermelha ou de outras cores com frequências menores.

Na representação retangular abaixo (figura 14) é possível visualizar a relação que Einstein deduziu, quando a frequência aumenta a energia também aumenta.

Figura 14: Representação de todas as faixas de radiação eletromagnética distribuídas no espectro eletromagnético, neste caso a frequência está em Hertz (Hz) e o comprimento de onda está em metros (m).



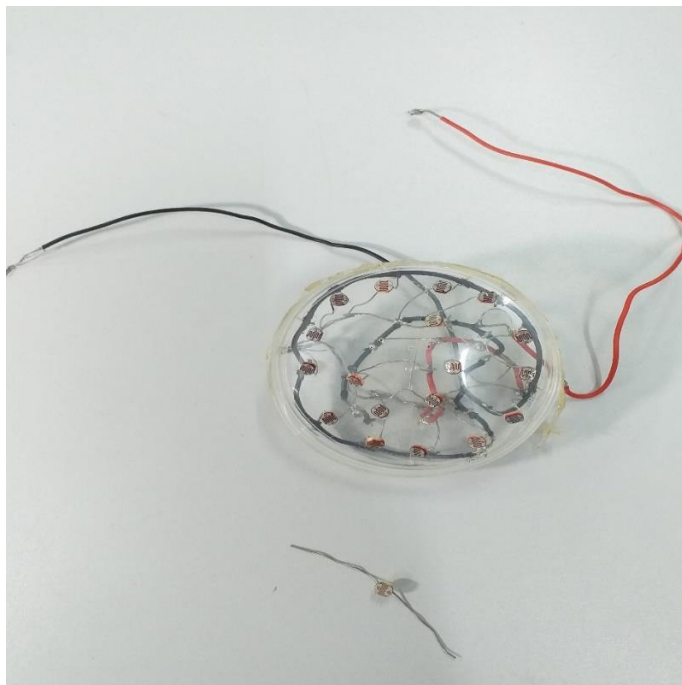
Fonte: <https://www.infoescola.com/fisica/radiacao-eletromagnetica>.

3.4 – LDR E LED Alto Brilho

O LED de alto brilho e o LDR são dois dispositivos semicondutores utilizados no produto LuDiCo. Os efeitos físicos subjacentes a estes dispositivos são apresentados a seguir tendo em vista o interesse que despertaram nos estudantes após a aplicação da sequência didática proposta.

3.4.1 – LDR (Resistor dependente da luz)

Figura 15: Imagem de um dispositivo LDR ao lado do circuito de LDRs presentes no fotosensor do LuDiCo.



Fonte: Acervo próprio.

A figura 15 representa um LDR ao lado do circuito de LDRs utilizado no fotosensor do LuDiCo.

Um resistor dependente da luz (LDR) é um dispositivo semicondutor que exhibe no escuro uma resistência elétrica elevada ao fluxo de corrente elétrica. Quando exposto à luz sua resistência diminui consideravelmente, chegando a variações da ordem de megohms no escuro, a ohms, quando o dispositivo é iluminado.

Os LDRs são utilizados para acionar a iluminação pública e em medidores de luz usados em fotografia. O dispositivo exhibe no escuro uma resistência naturalmente alta à condução de eletricidade devido à ausência de elétrons na banda de condução. Ao se incidir luz no dispositivo, elétrons da banda de valência são promovidos para a banda de condução, onde são portadores de carga livres responsáveis pela condução elétrica. Para tanto a energia dos fótons incidentes deve ser maior do que o gap do material.

LDRs mais baratos são feitos de sulfeto de cádmio. Existem uma série de vários outros materiais usados em LDRs para alterar suas propriedades e torná-los úteis em aplicações que não envolvem luz visível. O sulfeto de chumbo e o antimoneto de índio são usados em dispositivos sensíveis a algumas frequências no infravermelho, tornando-os bons detectores de infravermelho.

3.4.2 – LED (Diodo Emissor de Luz)

Figura 16: Figura de LED alto brilho (5mm).



Fonte: Acervo próprio.

A imagem 16 é a fotografia de um LED alto brilho 5 (mm) utilizado na construção da escala de LEDs coloridos na escala do LuDiCo.

O LED é um diodo semicondutor emissor de luz. Sua principal função é transformar energia elétrica em luz. Ele é considerado um componente eletrônico do tipo bipolar por causa dos dois terminais que possui, o ânodo e o catodo. A geração de luz do LED depende de sua polarização que define a passagem da corrente elétrica e o dispositivo só acende com os polos positivos e negativos de uma fonte conectados corretamente no diodo.

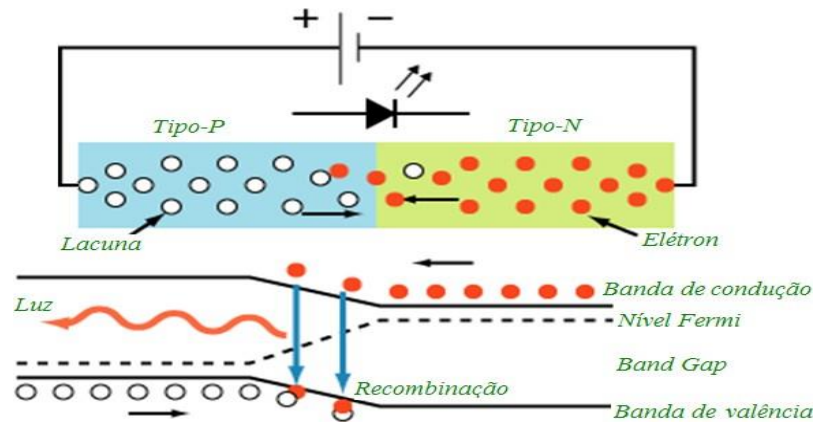
A invenção do primeiro LED emitindo luz somente no espectro vermelho visível da luz, aconteceu em fevereiro de 1963 no laboratório da empresa General Electric Corporation (GEC), em Syracuse (New York) e se deve ao físico norte-americano Nick Holonyak Junior (1928), porém em 1972, surgiu o primeiro LED iluminando no amarelo do espectro visível da luz, ele brilhava 10 vezes mais que o LED vermelho. Em 1976 foi concebido o primeiro LED infravermelho que possuía comprimento de onda de 1.100nm e brilho alto-eficiente utilizando uma liga de materiais semicondutores especificamente adaptados para ser usado em telecomunicações por fibra óptica. Com a tecnologia dos anos 90 foi possível obter LEDs com comprimentos de ondas ainda menores e que iluminavam nas cores azul e violeta proporcionando a formação das cores presentes no espectro. Essa tecnologia também proporcionou a criação do LED que emitia luz “branca” (BASSALO, 2015).

A importância dos LEDs é tão fundamental para nosso mundo moderno que os idealizadores do LED azul receberam o prêmio Nobel de Física no ano de 2014 (AKASAKI, 2014).

O LED é um semicondutor formado por uma junção P-N emissor de luz. que pode ser explicado da seguinte forma: Um cristal que contém uma região formada por um semicondutor do tipo-p e outra formada por um semicondutor do tipo-n e possui um limite entre essas duas regiões. Os elétrons que estão no lado n possuem a tendência de se deslocarem para o lado p a fim de preencherem as lacunas daquela região e as lacunas do lado p se deslocam em direção ao lado n. O lado n contém íons positivos provindos das impurezas doadoras que se neutralizam pelos elétrons da banda de condução e quando esses elétrons migram para o lado p as impurezas ficam em desequilíbrio, surgindo então uma carga positiva no lado n. Quando uma impureza do lado p combina com um elétron do lado n, é introduzido nessa região uma carga negativa. Desta forma, além das cargas das regiões p e n, começam a existir mais dois tipos de cargas, a carga positiva do lado n e a carga negativa do lado p. Elas criam entre as regiões uma diferença de potencial que impede que elétrons e lacunas continuem a movimentação através do plano da junção. É através dessa diferença de potencial que os elétrons presentes no lado p e as lacunas presentes no lado n se movimentam, já que os elétrons procuram regiões onde existe um potencial maior e as lacunas, sendo positivas, procuram por regiões onde existe potencial menor, fazendo surgir uma segunda corrente, contrária a primeira, nesta junção. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

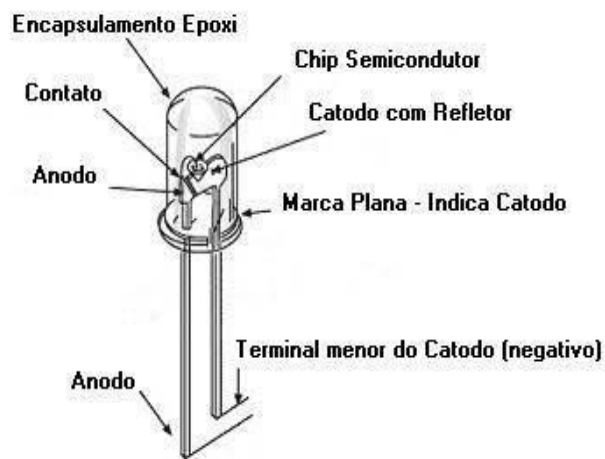
O fenômeno de recombinação que induz a emissão de luz em um semicondutor ocorre quando elétrons da banda de condução se recombinam com lacunas na banda de valência, ou seja, os elétrons retornam à banda de valência emitindo fótons. Para que a recombinação em semicondutores aconteça em grande escala, o material deve ser dopado e polarizado. A polarização injeta elétrons no lado n e lacunas no lado p. Isso resulta em várias recombinações envolvendo elétrons e lacunas, daí o LED ser um diodo emissor de luz. A figura 17 é uma representação esquemática do LED.

Figura 17: Representação esquemática do LED, semiconductor de junção P-N.



Fonte: http://ic.ufabc.edu.br/II_SIC_UFABC/resumos/paper_5_89.pdf

Figura 18: Imagem do LED e descrição de seus componentes.



Fonte: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-866122144-410-led-5m-diodo-emissor-de-luz-alto-brilho-cores-diversas-_JM

A figura 18 representa um LED alto brilho com todos os seus componentes destacados. São eles:

- Encapsulamento Epoxi- Encapsulamento feito por resina próprio para dispositivos eletrônicos.
- Chip Semicondutor- Circuito eletrônico miniaturizado.
- Ânodo- Eletrodo a qual a carga elétrica direciona para o interior de um dispositivo elétrico polarizado.
- Catodo- Eletrodo que não conduz corrente em dispositivos polarizados.
- Catodo espelhado- Eletrodo que reflete a luz após a sua emissão.

Capítulo 4 - A Sequência Didática

A sequência didática que será apresentada corresponde à aplicação em sala de aula do LuDiCo. O produto educacional experimental e sua respectiva aplicação compõem parte desta dissertação de Mestrado. A sequência didática foi dividida em seis aulas de cinquenta minutos cada e está detalhada nesta seção.

4.1 – Metodologia

Aula 1

Na primeira aula, os alunos receberam uma folha com a atividade inicial na qual visualizam figuras de três lâmpadas: incandescente, fluorescente compacta e LED. Cada uma indicava respectivamente, o valor de potência dissipada (W) e de temperatura ($^{\circ}C$), e uma fotografia relacionada à utilização destas lâmpadas no cotidiano, conforme indicado na Figura 19.

Nessa primeira etapa é relevante considerar a importância do conhecimento prévio dos alunos – os subsunçores presentes na sua estrutura cognitiva relacionados às informações que lhes são apresentadas. Na parte posterior da atividade os estudantes descrevem o conhecimento que possuem sobre as propriedades e características de cada uma das lâmpadas, demonstrando suas ideias-âncoras e desta forma caracterizam quais, dentre as três lâmpadas apresentadas possui a maior eficiência. Este trabalho almeja que o aluno consiga compreender o termo eficiência, associando o significado com os conceitos físicos estudados durante a realização das etapas da sequência didática. Buscando instigar os alunos, a professora fez os seguintes questionamentos:

- Qual das três lâmpadas exibe maior luminosidade?
- Qual das três lâmpadas é a mais cara do ponto de vista custo/benefício?
- Qual das três lâmpadas consome mais energia?
- Qual delas é a mais eficiente?
- Caso você conheça, cite outras utilizações das três lâmpadas no cotidiano.

Figura 19: Figura utilizada na atividade inicial.

Atividade Inicial

Nome: _____

		
215°C	65°C	40°C
60W	9W	2,2W
		

Fonte: Acervo próprio.

Aula 2

A segunda etapa da sequência didática é realizada com a utilização do produto educacional experimental LuDiCo. Os discentes fazem as medidas de duas grandezas físicas, corrente elétrica e temperatura de cada lâmpada, registrando as medidas obtidas em uma tabela, como exibida na Figura 20. Analisando e investigando as medidas encontradas, os estudantes buscam identificar regularidades, relacionando-as com a respectiva lâmpada.

Espera-se que eles consigam caracterizar e responder ao questionamento relativo sobre a eficiência das lâmpadas estudadas, relatando as conclusões finais desta etapa com o propósito de estabelecer a eficiência das lâmpadas. As regularidades obtidas nas medições das grandezas físicas corrente elétrica e temperatura são induzidas a serem questionadas pelos estudantes para a estruturação do conceito sobre o efeito Joule e como ele conecta-se com o conceito de eficiência energética.

Figura 20: Imagem da tabela de medição: temperatura e corrente elétrica.

EXPERIMENTO LÚDICO		
<p>ATENÇÃO: PARA ESTE TRABALHO NÃO EXISTEM RESPOSTAS CORRETAS, NEM INCORRETAS. VOCÊ DEVE COLOCAR A SUA REPOSTA <u>DIFERENTE</u> DAS RESPOSTAS DOS COLEGAS. <u>OBSERVE O EXPERIMENTO E RESPONDA.</u></p>		
<p>Vamos realizar a medição da temperatura, utilizando o termômetro de infravermelho, e da corrente elétrica, utilizando o amperímetro para as três lâmpadas: Incandescente, Fluorescente e LED.</p>		
Lâmpada	Temperatura (°C)	Corrente Elétrica (A)
Incandescente		
Fluorescente		
LED		
<p>Analise suas medidas e responda com suas palavras: qual lâmpada é a mais eficiente e qual lâmpada é a menos eficiente?</p>		

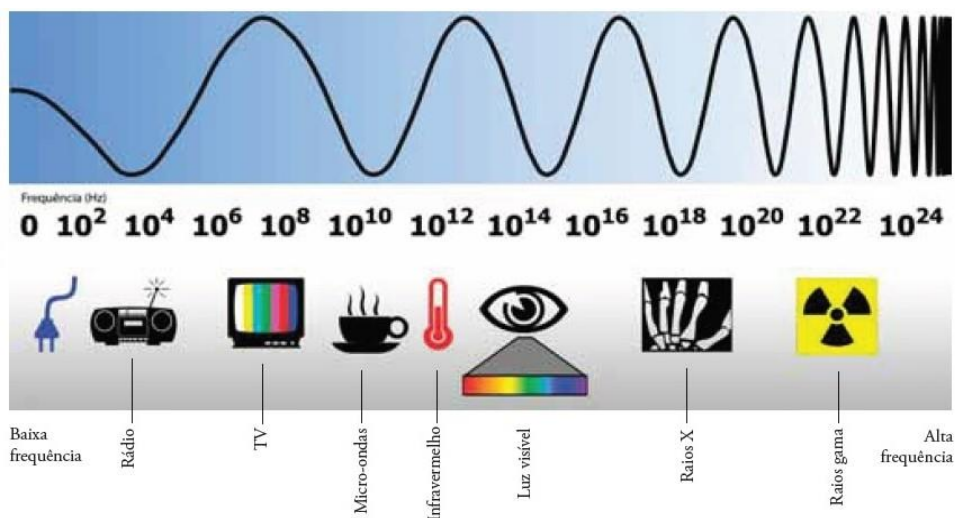
Fonte: Acervo próprio.

Aula 3

Na terceira etapa da sequência didática, o estudo é realizado em relação ao espectro eletromagnético. Entrega-se aos alunos uma figura do espectro (veja a Figura 21) e através desta o professor apresenta uma situação problema que propõe e possibilita ao aluno a aprendizagem. Almeja-se que na interação aluno-aluno, os mesmos debatam as concepções prévias acerca da figura do espectro. Após as hipóteses e/ou situações problema apresentadas e apontadas pelos estudantes, o professor deve ressaltar os conceitos sobre a grandeza física frequência (Hz) e o estudo da luz visível no espectro eletromagnético. Salienta-se que os conceitos apresentados pelo professor objetivam estruturar a aprendizagem dos alunos em relação ao trabalho nesta sequência. Ao final da aula propõe-se a produção de um relato escrito em que se aborde os conceitos apresentados. O maior intuito desta etapa consiste em correlacionar as cores do espectro visível da luz com a frequência correspondente. A razão disso é que o LuDiCo possui uma escala de LEDs ligada diretamente com a energia luminosa liberada por cada lâmpada estudada. A figura 21 desta etapa retrata em seu desenho, apresenta uma escala progressiva de frequências e conseqüentemente remetem a grandeza física: comprimento de onda.

O comprimento de onda do raio x é da ordem 10^{-10} m (veja a figura 14), ou seja apresenta-se na escala de distâncias interatômicas, ou seja dessa forma um desenho esquemático do espectro eletromagnético nunca seria fidedigno.

Figura 21: Imagem esquemática espectro eletromagnético.



Fonte: <http://carlamcoelho.blogspot.com/2015/10/espectro-letromagnetico.html>.

Aula 4

Além das atividades propostas nas aulas anteriores, há também uma atividade ligada com estudos de mecânica quântica. O LuDiCo permite, de forma qualitativa, compreender a conexão entre energia e frequência. Os alunos recebem uma tabela mostrada na Figura 22, onde anotam os valores de correntes elétricas (A) que estão coincidentes com as cores de LEDs alto brilho acesos na escala.

Parte do experimento consiste em encobrir a lâmpada incandescente dimerizável com o fotosensor de LDRs e rotacionar o *dimmer* vagarosamente, controlando a luminosidade da lâmpada. Assim cada uma das sete cores de LEDs alto brilho da escala acende conforme o valor da corrente elétrica averiguada no amperímetro se altera. Esses valores são anotados.

Na tabela, encontra-se a relação entre a corrente elétrica que alimenta a lâmpada incandescente e as cores de LEDs alto brilho acesos da escala. Propõe-se a construção de um gráfico com objetivo de permitir que os estudantes concluam a relação existente entre frequência de LEDs acesos com a corrente que atravessa a lâmpada incandescente, investigando a linguagem matemática que essas medidas e o desenho do gráfico sugere. O gráfico demonstra uma função monótona que pode ser descrita da seguinte forma: quando o valor de corrente

elétrica aumenta, mais energia luminosa é depositada sobre o sensor e com isso, a frequência de cores de LEDs acesos na escala também aumenta.

É importante que o professor instigue os alunos a evidenciar, a partir da leitura do gráfico, o fenômeno concluído pelos estudantes. Concluindo esta etapa, o docente induz, de forma qualitativa, que energia é proporcional a frequência ($E \sim \nu$).

Os LEDs de alto brilho utilizados na escala do LuDiCo apresentam um comportamento que permite marcar de fato, as frequências no eixo das abcissas. O potencial mínimo para acender um LED é tão menor quanto é a sua frequência. Por exemplo, o LED alto brilho vermelho necessita de um potencial mínimo de aproximadamente 1,69 V, o LED laranja necessita de um potencial mínimo para acendimento de aproximadamente 1,78 V, e assim sucessivamente até o LED violeta que acende com um potencial mínimo de 3,03 V, seguindo uma progressão crescente. Desta forma os alunos visualizavam quanto mais cores de LEDs acesos na escala representavam cores de frequências mais altas, isto significa de fato que mais energia luminosa foi depositada sobre o sensor de LDR.

Nesta etapa também é realizada a medida da capacidade luminosa de cada uma das lâmpadas. Ao encobrir cada lâmpada com o fotosensor a lâmpada que acender mais cores de LEDs alto brilho na escala será a que possui maior “poder de iluminação”. Um breve relatório deve ser escrito pelos alunos sobre as evidências descobertas nesta etapa.

Figura 22: Imagem tabela de medições de corrente elétrica e cores de LEDs acesos na escala do LuDiCo.

Experimento LuDiCo

Regule o *dimmer* para que a lâmpada incandescente apresente o maior brilho. Diminua a corrente gradativamente e vagarosamente, anotando correntes e marcando as cores acesas na tabela abaixo.

Corrente (Energia)	Cor (Frequência)
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	

Fonte: Acervo próprio.

Aula 5

A quinta etapa da aplicação da sequência didática do LuDiCo é a apresentação final de todo o experimento. Nesta etapa os discentes registraram através da escrita de texto expondo todas as observações e conclusões sobre as atividades e aprendizagens que obtiveram. O texto deve ser escrito individualmente e evidenciar todo o aprendizado construído sobre o que foi proposto. Espera-se que neste texto final os alunos indiquem qual a lâmpada mais eficiente, elaborando uma resposta em que abordem os fenômenos estudados nas etapas anteriores; cite o caráter quântico observado de maneira qualitativa onde se relaciona energia com luminosidade da lâmpada incandescente absorvida pelo fotosensor, pelo valor de corrente elétrica e cores de LEDs alto brilho acesos na escala. Cabe destacar que tudo que o discente julgar interessante em todo processo da sequência didática, pode e deve ser escrito neste relato.

Aula 6

As resoluções de problemas que envolvem situações cotidianas apresentam uma forma didática de relacionar a Matemática como relação de linguagem de conceitos de Física e propõe que o pensamento científico deve lançar ideias e argumentações sobre como se pode interpretar fenômenos científicos e fenômenos sociais que abrangem este tipo de linguagem

Esta etapa caracteriza-se pela resolução do “Problema da conta de luz” com a intenção de destacar a diferença entre o gasto econômico de cada lâmpada e a relação direta entre os fenômenos físicos estudados nas etapas anteriores. A questão apresenta uma situação hipotética, em que três pessoas esquecem as três lâmpadas, dos tipos estudados durante a sequência, acesas por um determinado intervalo de tempo. Os estudantes precisam determinar o consumo de cada uma delas. Junto ao enunciado do problema, encontra-se uma conta fictícia da fornecedora mineira de energia elétrica, veja a Figura 23.

Figura 23: Imagem com questão e conta CEMIG.

Três vizinhos possuem em suas casas lâmpadas distintas. O primeiro vizinho, o Sr. João da padaria, possui em sua casa somente lâmpadas incandescentes de 60W, o segundo vizinho, Sr. José porteiro da escola, trocou todas as lâmpadas incandescentes de sua casa por lâmpadas fluorescentes compactas de 9W, pois estavam em promoção no supermercado. O terceiro vizinho conhecido com Sr. Luisinho, reformou sua casa e resolveu utilizar em sua residência apenas lâmpadas de LED de 2,2W, por indicação do vendedor da loja de luminárias. No mês de dezembro, os três viajaram e ficaram passeando durante 30 dias, porém cada um esqueceu uma respectiva lâmpada acesa, por todo este tempo. Utilize a conta de luz abaixo para calcular o gasto financeiro que os três vizinhos desatentos irão ter com esse esquecimento.

CEMIG www.cemig.com.br/atendimento
Distribuição S.A. Cemig Torpedo 29810 Fale com a Cemig 116

Cemig Distribuição S.A. CNPJ 06.981.180/0001-16 / Insc. Estadual 062.322136.0087
Av. Barbacena, 1.200 - 17º andar - Ala A1 - CEP 30180-131 - Belo Horizonte - MG Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002

SEU NOME
SEU ENDEREÇO
SEU BAIRRO
00000-000 SUA CIDADE, UF
CPF 000.000.000-00

Referente a **DEZ/2016**
Código de Débito Automático:
000000000000

Nº DO CLIENTE
0000000000

NOTA FISCAL - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE U N 000000000 - PTA Nº16.000114527.70

Classe Residência 1 Bifásico	Subclasse Residência 1	Dados de Leitura ANTERIOR: 01/11 ATUAL: 01/12 PRÓXIMA: 02/01	Dados da Nota Fiscal EMISSÃO: 01/12 APRESENTAÇÃO: 07/12	Nº DA INSTALAÇÃO 0000000000
---	----------------------------------	--	--	--

Informações Técnicas

Tipo de Medição Energia kWh	Medição AAA000000000	Leitura Anterior 25.501	Leitura Atual 25.623	Constante de Multiplicação 1	Consumo kWh 122
---------------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	--	---------------------------

Informações Gerais

Tarifa vigente conforme Res Anel nº 2.076, de 24/05/2016.
Nota fiscal de 11/2016 quitada em 22/11/2016.
Considerar nota fiscal quitada após débito em sua c/c.
O pagamento desta conta não quita débitos anteriores.
Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes (multas) e/ou atualização financeira (juros) baseadas no vencimento das mesmas.
Leitura realizada conforme calendário de faturamento

NOV/2016 Band. Amarela - DEZ/2016 Band. Verde

Valores Faturados

Descrição	Quantidade	Preço	Valor (R\$)
Energia Elétrica kWh	122	0,8282287	101,01
Encargos / Cobrança			12,73
Contrib. Custeio Ilum. Pública			12,73
Tarifas aplicadas (sem impostos)			0,54572000
Energia Elétrica kWh		0,54572000	
Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar			2,87
Bandeira Amarela			2,87

Indicadores de Qualidade de Fornecimento

B1 - Ações (s)

Mês: 10/2016

Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual
DIC	0,00	4,59	18,33
FIC	0,00	3,05	6,10
DMIC	0,00	2,52	-
DICRI	0,00	12,22	-

Tensão Nominal = 127/220 V Mfín. = 117/202 V Mfáx. = 133/231 V
Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$14,83

Informações de Faturamento

Parcelas	Valor R\$	Parcelas	Valor R\$	%
Energia	32,09	Enc. Setoriais	12,16	12,04
Distribuição	19,45	Tributos	34,44	34,10
Transmissão	2,87	Total	101,01	100,00

VENCIMENTO
22/12/2016

VALOR A PAGAR
R\$ 113,74

Reservado ao Fisco
D163.0794.92C7.7A01.B31F.7A3F.227E.FE99

Base de cálculo (R\$) 101,01	ICMS Alíquota (%) 30	Valor (R\$) 30,30	PASEP (R\$) 0,73	COFINS (R\$) 3,41
--	--------------------------------	-----------------------------	----------------------------	-----------------------------

Histórico do Consumo

Mês/Ano	Consumo kWh	Média kWh/Dia	Dias de Faturamento
DEZ/16	122	4,06	30
NOV/16	107	3,68	29
OUT/16	161	5,19	31
SET/16	142	4,58	31
AGO/16	175	5,46	32
JUL/16	154	5,31	29
JUN/16	126	4,06	31
MAI/16	132	4,25	31
ABR/16	146	4,70	31
MAR/16	126	4,34	29
FEV/16	167	5,96	28
JAN/16	148	4,48	33
DEZ/15	127	4,37	29

Ouvidoria CEMIG: 0800 728 3838 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - Telefone: 167 - Ligação Gratuita de telefones fixos e móveis.

CEMIG Distribuição S.A.

Unidade de Leitura
01802125

Conta Contrato
000000000000

Vencimento
22/12/2016

Total a Pagar
R\$ 113,74

DÉBITO AUTOMÁTICO

00000000000-0 00000000000-0 00000000000-0 00000000000-0
Dezembro/2016

Fonte: https://www.google.com/search?biw=2049&bih=985&tbm=isch&sa=1&ei=IEoFxfHuD_-U5OUPqruW-Ao&q=contas+cemig+&oq=contas+cemig+&gs_l:

4.2- Blend Perfeito: Metodologia x Referencial Teórico

A sequência didática planejada é composta por aulas com referenciais construtivistas e interacionistas propondo sempre a investigação de fenômenos científicos através do estudo da eficiência energética de lâmpadas. Espera-se que os discentes através desta sequência, baseada no pluralismo metodológico, realizem as atividades propostas no experimento e estruturam o conhecimento dos fenômenos físicos para alcançar a aprendizagem, respeitando sempre suas concepções e percepções.

A primeira etapa da sequência didática, propõe que o estudante demonstre por escrito, um conhecimento prévio estável e estruturado a fim de que novas aprendizagens sejam assimiladas como um processo natural, espontâneo. Portanto considera-se que a apresentação de um primeiro subsunçor é de extrema relevância para a aprendizagem de novos conhecimentos que serão estudados durante as aulas. A metodologia de aprendizagem significativa é caracterizada pela organização entre o primeiro subsunçor e os subsunçores que se apresentarão durante todo o processo de aprendizagem. Antes de falarmos da segunda, terceira e quarta etapas da sequência, ressaltamos que a quinta é definida pela análise de uma possível indicação de aprendizagem através do relatório escrito pelos alunos nesta etapa com a comparação dos que foram escritos na etapa inicial, com a finalidade de reconhecer demonstrações de novos saberes.

Retornando à ordem da sequência, através das medições de corrente elétrica e temperatura que ocorrem na segunda etapa, espera-se que os estudantes por investigação, reconheçam as relações entre as medições realizadas destas duas grandezas físicas. O professor estimula a participação ativa dos estudantes, adotando práticas que possibilitam as interações entre os alunos e também entre professor-aluno. O docente deve estar atento a sempre expressar o problema em pauta, a fim de proporcionar argumentações sobre os fenômenos físicos estudados. É válido destacar a importância da investigação para o Ensino de Física, pois através das relações encontradas nas medições entre corrente elétrica e temperatura, o aluno tem a oportunidade de interagir com o experimento, classificar as informações obtidas e com os dados obtidos nas medições conceituar o fenômeno do efeito Joule e inicialmente justificar suas hipóteses sobre a eficiência das lâmpadas apresentadas (SEDANO, 2017).

A terceira etapa é descrita pelo estudo das frequências da luz visível, através de figura contendo o espectro eletromagnético. A turma, em discussão, responderá ao seguinte

questionamento: "As ondas eletromagnéticas no celular podem ser consideradas como luz? Explique com suas palavras." Segundo Lev Vygotsky em sua Teoria de Aprendizagem Sócio Cultural, a aprendizagem é uma atividade conjunta e colaborativa entre os alunos e o professor assume uma postura privilegiada sendo o mediador (VYGOTSKY,1997).

Considerando que os processamentos que constituem a aprendizagem são alcançados individualmente, nesta etapa o professor atua como um moderador auxiliando os alunos a localizarem as informações sobre o espectro eletromagnético, avaliá-las e compartilhá-las com a turma. O docente mostra-se atento às explicações apresentadas pelos alunos, direcionando-os a substituírem suas linguagens para a linguagem científica. No final desta etapa a questão proposta, é respondida contendo todas informações relevantes debatidas pelos discentes. Os conceitos aprendidos são relatados individualmente por escrito. O propósito desta etapa é fornecer aos estudantes um contato inicial com a associação entre cor/frequência e energia na luz visível.

A quarta etapa caracteriza-se por utilizar o produto experimental LuDiCo para realizar as medições sobre a luminosidade das lâmpadas e encontrar a relação entre frequência e energia. Iniciam-se as investigações: os estudantes em grupos comparam medidas e descrevem o problema. Após a análise e entendimento do questionamento com o intermédio das medições anotadas na tabela, o professor sugere a construção de um gráfico. Estudando a linguagem gráfica, os alunos iniciam a construção conceitual do fenômeno. As medições obtidas proporcionam a construção da linguagem matemática que demonstra o conceito de relação entre as grandezas: energia e frequência. Todo esse processo investigativo apresenta suas dificuldades por isso é importante ressaltar a transição da linguagem gráfica para a fenomenológica, nessa fase da sequência, pois desta forma torna-se necessária a interação direta entre professor e alunos. Neste momento é esperado que o aluno esteja pronto para descrever seu aprendizado sobre os conceitos físicos estudados no experimento proposto, assim como também caracterizar com linguagem científica a eficiência das lâmpadas. Ao final da aula, cada estudante escreve seu relatório.

A última etapa caracteriza-se pela realização de um problema intitulado "Conta de luz". A turma dividiu-se em grupos a fim de realizar um problema do cálculo de gasto financeiro das três lâmpadas do experimento, oportunizando a análise e a ressignificação de suas concepções.

As relações entre o Ensino de Ciências, Tecnologias e Sociedade podem apresentar abstração devido às suas complexidades (SASSERON, 2010).

4.3 – Aplicação do LuDiCo em Sala de Aula

A sequência didática foi aplicada em uma escola estadual situada na região oeste da cidade de Juiz de Fora - Minas Gerais, para duas turmas de Ensino Médio (regular). A turma do Terceiro Ano (composta por vinte alunos) tinha como característica perceptível a apatia pelas aulas de Física e o desinteresse em realizar avaliações externas (PISM, ENEM, entre outras). Já a classe do Segundo Ano (composta por vinte cinco alunos) tinha como característica a frequência nas aulas de Física, a participação e a indisciplina.

Inicialmente, a aplicação da sequência didática aconteceria apenas para o último ano do ensino médio por corresponder expectativas do plano anual de curso apresentado à escola (Terceiro Ano) mas seguindo as orientações da supervisão da escola e pelo fato da sequência didática conter atividades de caráter investigativo, foi decidido pelo coletivo da escola e orientador do mestrado que a sequência seria aplicada também à turma do Segundo Ano. As atividades de cada etapa da sequência didática eram guardadas separadamente, para que os alunos tivessem acesso aos seus registros a cada etapa. Nas próximas subseções detalharemos cada etapa de aplicação.

Primeira etapa

A primeira aplicação nas duas turmas possuía o objetivo de coletar os subsunçores existentes e de forma textual os relatos dos alunos sobre as concepções primárias em relação ao que estavam sendo questionados. Inicialmente eles demonstraram reações de estranhamento diante da escrita de um texto na aula de física em que o docente não solicitou o uso do caderno utilizado na disciplina ou o livro didático.

Após mostrar as lâmpadas e identificá-las, apresentando-as e tornando-as acessíveis aos alunos, a professora motivou-os lendo o questionário escrito no quadro, reforçando as questões, explicando e afirmando que não se tratava de uma avaliação e sim de uma expressão individual acerca dos saberes e concepções primárias que eles possuíam em relação às lâmpadas apresentadas na atividade inicial. Atenta, a professora buscou mediar o desenvolvimento das atividades propostas orientando a escrita textual a qual evidenciava a captação dos subsunçores.

Segunda etapa

A segunda etapa da sequência didática iniciou-se com a apresentação do produto educacional experimental LuDiCo. Posteriormente, cada turma foi dividida em grupos de cinco alunos. Naturalmente, a docente explicou como eles realizariam as medições de corrente elétrica com o amperímetro e temperatura com o termômetro de infravermelho em cada lâmpada. A coleta de temperatura é retratada na Figura 24. Os grupos apresentaram boa organização na realização dessa atividade. Enquanto um aluno fazia as medições, os demais observavam atentamente. Organizados, os estudantes anotavam as medidas e discutiam as relações de proporção entre elas. Antes de finalizar a atividade, eles respondiam ao questionamento: Qual das três lâmpadas é a mais eficiente e a menos eficiente? Cada aluno com sua tabela de medidas em mãos expunha seus registros e considerações.

Verificou-se que as duas medidas da lâmpada incandescente eram muito superiores em relação às medidas na lâmpada de LED e que a lâmpada fluorescente também apresentava medidas muito inferiores à lâmpada incandescente e pouco superiores à lâmpada de LED.

Figura 24: Fotografia dos alunos realizando atividades da sequência didática em sala de aula.



Fonte: Acervo próprio.

A partir das regularidades apresentadas por estas medidas, a professora lançou uma discussão com objetivo de evidenciar o fenômeno do efeito Joule. É importante que essa atividade possibilite ao estudante, mesmo que de forma não consciente, a superação de concepções empírico-indutivistas da ciência. Ao resolverem questões experimentais propostas pelo professor, os alunos levantam suas hipóteses baseadas em seus conhecimentos prévios onde essas são submetidas à prova, mediante as análises das medidas verificadas.

Terceira etapa

Com a terceira etapa da sequência didática apresentou-se o estudo direcionado do espectro eletromagnético em uma relação aluno-aluno e após professor-aluno. Cada aluno recebeu um desenho do espectro, com o seguinte questionamento: “As ondas eletromagnéticas no celular podem ser consideradas como luz? Explique com suas palavras.” Para responder ao questionamento, os alunos deveriam investigar o problema proposto, elaborando a partir das discussões entre os alunos da turma, as suas próprias questões.

Inicialmente os argumentos levantados pelos alunos em relação ao questionamento eram pouco expressivos. A partir dessa percepção a professora aprofundou os pontos abordados na discussão entre os estudantes, incentivando a discussão onde expunham suas ideias. A docente levou em consideração que os alunos estavam prontos a trabalhar com o problema apresentado, e após respeitar as hipóteses e soluções do questionamento, a professora se torna a mediadora sem abandonar seu principal objetivo, o de ensinar. Em ambas as turmas em que a sequência foi aplicada os debates se tornaram muito interessantes demonstrando concepções espontâneas notáveis. Destaca-se aqui, que na discussão entre os grupos, ao olhar a figura do espectro eletromagnético, os estudantes concluíram que o telefone celular também funciona por captação de ondas, pois o associaram com a informação que possuíam sobre o funcionamento de um rádio.

Ao retomar a organização da turma, a professora trouxe as considerações relevantes apresentadas pelos alunos para a linguagem científica, respondendo ao questionamento e direcionando o estudo do espectro para análise da luz visível e revisando o conceito de frequência e energia. As duas turmas afirmaram que já haviam estudado os conceitos no primeiro ano do ensino médio. A atividade terminou com o registro sobre o questionamento proposto e o que foi conceituado nesta etapa com a mediação da professora, que incentivava a escrita em uma linguagem científica.

Quarta etapa

A quarta etapa baseava-se na atividade experimental investigativa. Os alunos trabalharam no LuDiCo, em seus grupos, realizando suas medições de corrente elétrica, enquanto rotacionavam o *dimmer* vagarosamente, variando a luminosidade da lâmpada incandescente coberta com o fotosensor de LDRs. Assim os estudantes assinalavam para cada medida de corrente as cores de LEDs alto brilho acesos na escala. Essa etapa pode ser vista na Figura 25. Os outros grupos assistiam e naturalmente contribuía opinando, principalmente

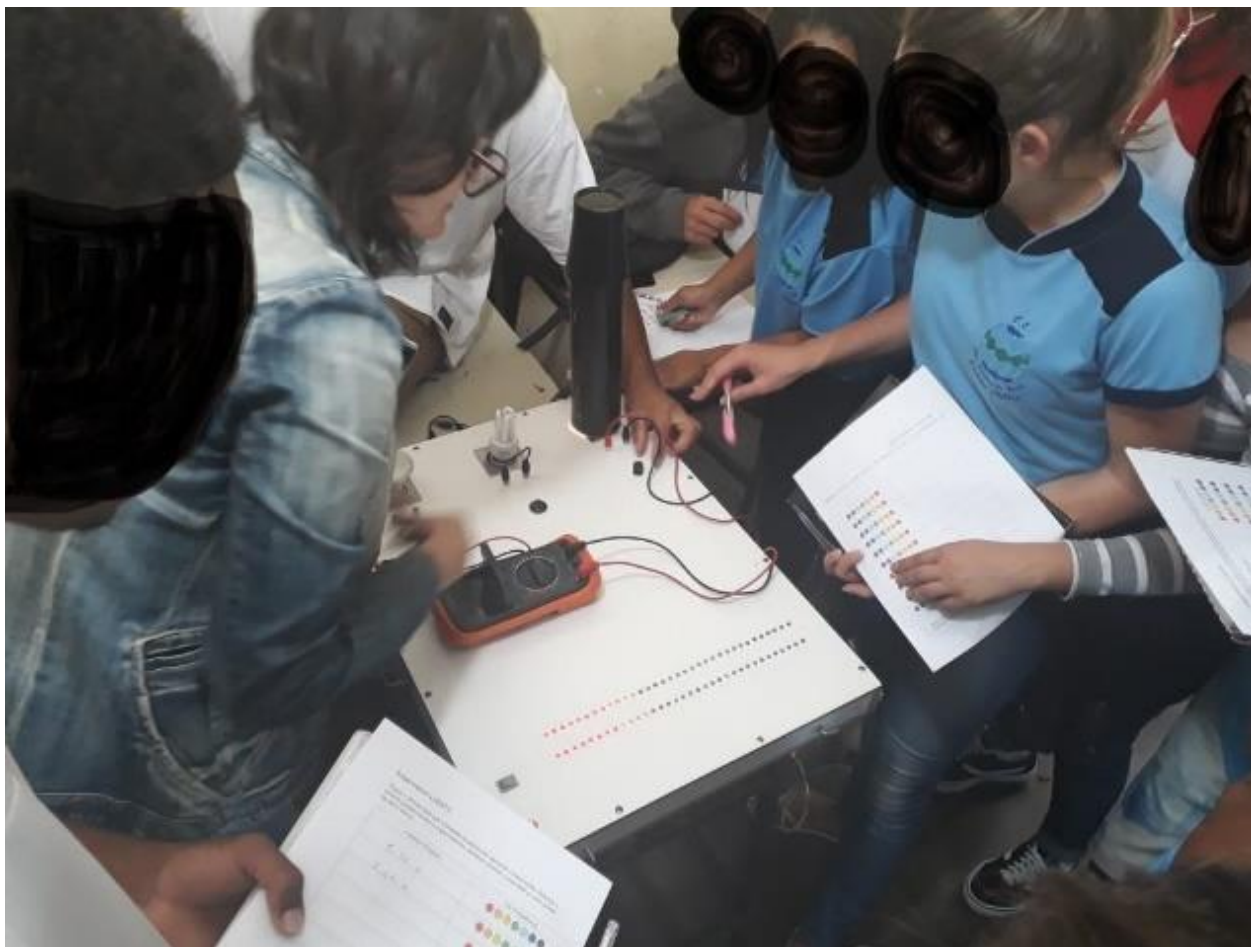
em relação à intensidade de brilho dos LEDs. A interação entre os alunos era notada nas discussões que precedia a construção de suas hipóteses.

Após as medições, individualmente e com suas respectivas tabelas, os alunos investigaram as regularidades entre as medidas de corrente elétrica e cores de LEDs alto brilho acesas na escala. Posteriormente indagados sobre a relação entre as medidas, conclusões acerca do resultado experimental começaram a serem apresentadas. Uma folha quadriculada foi entregue com a finalidade da construção do gráfico: Corrente \times Cor de LEDs acesos na escala. Cabe destacar que os alunos demonstraram muitos obstáculos e dificuldades na construção do gráfico, a maioria não conhecia a folha quadriculada e sua utilização para fins matemáticos. A realização desta atividade só se tornou possível com auxílio da professora.

Com os gráficos construídos, a docente analisou a função encontrada permitindo que os estudantes destacassem a relação entre corrente elétrica e cor de LEDs alto brilho acesos. Através do gráfico e em conjunto, concluíram que para valores mais altos de corrente elétrica mais cores de LEDs alto brilho eram acesos na escala. É importante destacar que através das discussões originadas no estudo do gráfico, relacionou-se a corrente elétrica na lâmpada incandescente com energia, (energia luminosa coletada pelo fotosensor de LDRs), a cor de LEDs alto brilho acesos no painel e sua respectiva frequência.

Desta forma a professora orientou que fossem trocadas as grandezas físicas nos eixos do gráfico, o eixo das ordenadas que era corrente elétrica passou a representar energia, e no eixo das abcissas a troca foi cor por frequência, necessariamente nesta ordem. Neste momento então os alunos obtiveram um gráfico: Energia por Frequência. A professora ensinou sobre o comportamento quântico da escala de LEDs alto brilho e de forma qualitativa puderam concluir analisando o gráfico que existe uma relação entre energia e frequência. A Figura 26 e 27 retrata dois gráficos construídos pelos estudantes durante esta etapa.

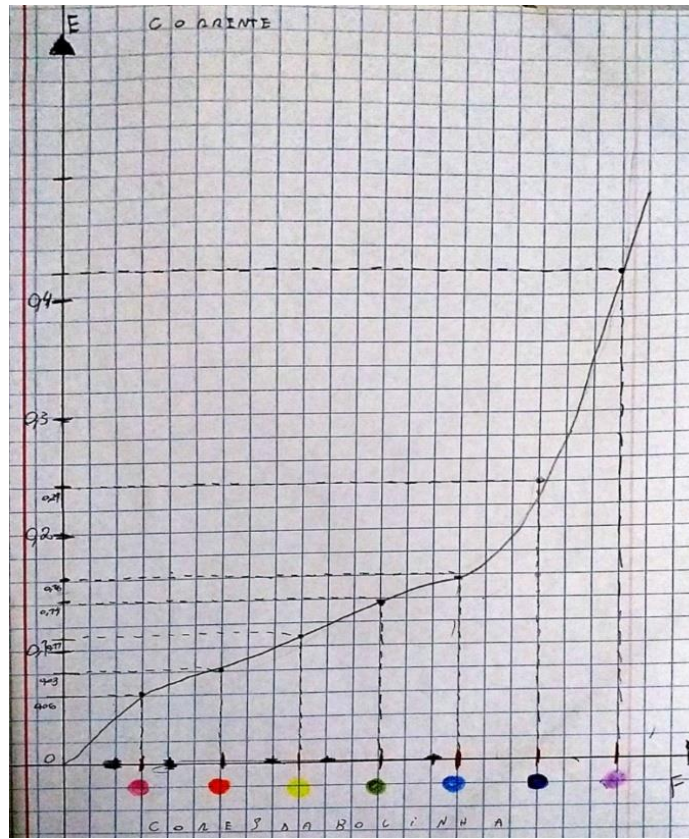
Figura 25: Fotografia dos alunos realizando medições em sala de aula.



Fonte: Acervo próprio.

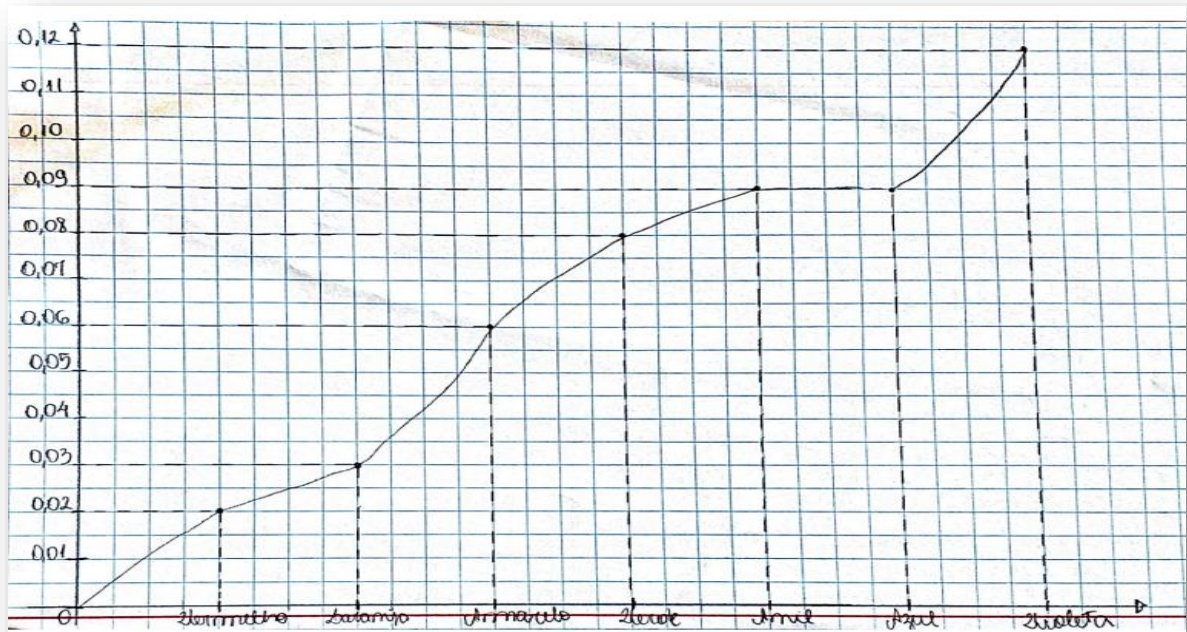
Para finalizar esta etapa os alunos retornaram ao experimento LuDiCo, encobriram as três lâmpadas com o fotosensor de LDR para medir qual delas possui maior “poder de iluminação”, ou seja, a lâmpada que acender mais LEDs alto brilho na escala. Os alunos ficaram atraídos por essa medição e concluíram que a lâmpada de LED e incandescente iluminam de forma igual, pois acendem todos os LEDs alto brilho da escala; a lâmpada fluorescente brilha um pouco menos, pois segundo os relatos dos alunos os LEDs violeta não acenderam. No final desta etapa, os estudantes escreveram um registro evidenciando o fenômeno físico estudado e as medidas realizadas em sala de aula.

Figura 26: Imagem do gráfico construído por um aluno na quarta etapa da sequência didática.



Fonte: Acervo próprio.

Figura 27: Fotografia de gráfico construído por aluno na quarta etapa da sequência didática.



Fonte: Acervo próprio.

Quinta etapa

Nessa etapa os alunos escreveram um texto final, a fim de demonstrarem as aprendizagens obtidas com o experimento LuDiCo. A atividade é registrada na Figura 28. Durante esta aula é importante salientar que não existiu debates, nem diálogos entre eles. Os estudantes puderam utilizar os registros das atividades das etapas anteriores, exceto a primeira, que serve como indicadora dos organizadores prévios.

No relatório final eles deveriam indicar qual a lâmpada era a mais eficiente, justificando com os fenômenos físicos estudados no experimento e mencionar a relação entre energia e frequência deveriam indicar também qual lâmpada comprariam. A docente estimula uma escrita com linguagem científica. O ensino da escrita com termos científicos é importante para uma enculturação em ciências e também a escrita é uma complementação de todas as argumentações e resultados realizados em sala de aula de forma que pudesse desenvolver habilidades e interesses nos alunos em ciências, nesta sequência didática especificamente na Física.

Figura 28: Produção do relatório final realizado pelos estudantes na quinta etapa da sequência didática.



Fonte: Acervo próprio.

Sexta etapa

A sexta etapa é a resolução do problema da conta de luz, apresentado anteriormente na figura 23. Os alunos calculam o consumo financeiro de cada lâmpada acesa no período de trinta dias. Os discentes dividiram-se em grupos e revisaram o conceito de potência dissipada, sob a orientação da professora. Eles descobriram que o produto dos valores das grandezas, potência dissipada e tempo em que a lâmpada permaneceu acesa, resulta no valor de energia consumida. Assim é possível realizar o cálculo do gasto financeiro de cada lâmpada, pois a conta de luz da prestadora de energia elétrica fornece os valores necessários para a finalização do problema.

Estes cálculos demonstraram que a lâmpada de LED apresentava um custo financeiro bem inferior ao das outras duas lâmpadas. Apesar disso, a maioria dos discentes afirmou que compraria a lâmpada fluorescente compacta, apesar de reconhecer a maior eficiência da lâmpada LED. É importante salientar que esta atividade teve o propósito de promover questionamentos e reflexão nos alunos, em outras palavras instigá-los, orientando-os a saber que o avanço no conhecimento muitas vezes envolve ideias controversas.

Capítulo 5 – Análise / Reflexão

A análise foi realizada através dos relatórios presentes nas etapas da sequência didática. Buscou-se avaliar através deles o desenvolvimento de cada aluno, tendo se constatado a interação e estruturação do seu pensamento.

Na primeira atividade procurou-se identificar as ideias-âncoras ou subsunçores, em relação às três lâmpadas estudadas no LuDiCo. Em um total de quarenta e cinco alunos participantes, seis estudantes (13,33%) relataram em seus textos a importância de se conhecer o aquecimento da lâmpada medindo-se sua temperatura, bem como a potência dissipada (citando a relação energia por tempo) para assim poderem caracterizar sua eficiência. A maioria dissertou outras utilidades das lâmpadas, além das indicadas na figura 19. Nenhum aluno citou no texto qual das lâmpadas considerava a mais eficiente.

Na segunda etapa, em que foram feitas medidas de corrente elétrica e temperatura, trinta e cinco alunos (77,7%) indicaram a lâmpada de LED como a mais eficiente, justificando que suas medidas de corrente elétrica e temperatura eram as mais baixas, cinco alunos (11,11%) indicaram a lâmpada fluorescente justificando que ela apresentou boas medidas de corrente elétrica e temperatura e iluminava melhor o ambiente. Os cinco alunos restantes (11,11%) indicaram que a lâmpada incandescente era a mais eficiente justificando que ela consumia mais energia gerando maior aquecimento e desta forma mais potência de luz. Os alunos que relataram nesta etapa as lâmpadas de LED e fluorescente como as mais eficientes indicaram que a menos eficiente era a lâmpada incandescente, justificando que seu aquecimento consome mais energia, gerando uma conta de luz mais cara. Nota-se aqui a conexão do efeito Joule com a conta de luz.

A terceira etapa se concretiza pelo viés construtivista e interacionista que possui e o professor sendo o mediador e direcionador dos conceitos físicos que devem ser estudados na aula. Os alunos registraram nos relatórios seus saberes sobre o espectro eletromagnético ao fim de aula, demonstrando entendimento sobre luz visível e frequência. Os relatórios, em sua maioria, apresentaram termos científicos abordados durante as aulas.

A quarta etapa é caracterizada pela construção do gráfico. O relatório final dos estudantes mostrou na escrita o resultado: maior a corrente elétrica, mais LEDs coloridos de alto brilho acesos na escala. E o conhecimento do novo fenômeno em que energia conecta se com a frequência. Como foi citado que essa é uma demonstração de Física Quântica, vários estudantes citaram essa constatação em seus relatórios; a professora ao apontar essa relação,

explicou a diferenciação entre Física Clássica e Física Quântica, questionamento pertinente e de interesse para muitos alunos.

A quinta e última etapa, é a apresentação textual de todas as conclusões das etapas da sequência didática e os novos saberes adquiridos. Nela, foram apresentados três questionamentos para a análise de aprendizagem significativa: mencionar a relação entre energia e frequência e como ela foi deduzida na sequência didática; responder qual a lâmpada mais eficiente e justificar, usando uma linguagem científica; responder qual das três lâmpadas comprariam.

A maioria dos estudantes explicou a relação entre energia e frequência em sua forma qualitativa, como foi apresentada pela docente. Eles citaram a relação entre as medidas de corrente elétrica e cores de LEDs alto brilho acesos na escala, a partir da construção do gráfico. Pode-se concluir sobre o aprendizado do efeito quântico em questão como ideia-âncora, que se inicia na terceira etapa no estudo da luz visível com interações envolvendo novos conhecimentos. As medidas de corrente elétrica e os LEDs coloridos alto brilho compoem uma escala, e a relação entre essas duas grandezas finalizam essa conclusão demonstrando o aprendizado com a construção do gráfico, em que a linguagem matemática justifica todo o conceito.

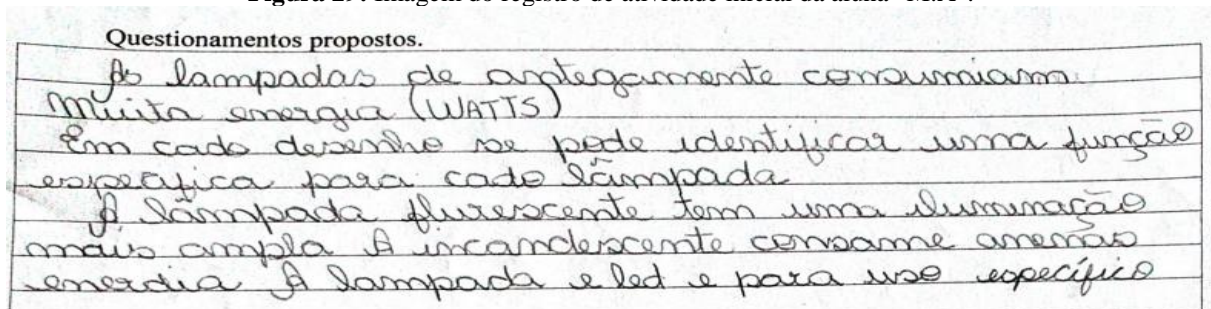
No texto final quarenta alunos (88,88%) afirmaram que a lâmpada mais eficiente é a de LED, citando que ela possui as menores medidas de temperatura, corrente elétrica, acende todos os LEDs na escala, portanto possuindo boa iluminação. Citaram também que ela gasta menos financeiramente e energeticamente. Esses alunos apresentaram subsunçores diferenciáveis do que haviam demonstrado na atividade inicial e estão aptos a novas aprendizagens, indicando possível aprendizagem significativa dos conceitos propostos. Os outros quatro alunos restantes indicaram a lâmpada incandescente como a mais eficiente, justificando que ela possui maior potência de luz, por causa de seu aquecimento. Um outro aluno indicou a fluorescente, sem justificativa. Para esses cinco alunos (11,12%) podemos citar ausência de subsunçor necessário para a construção do aprendizado. O professor deve suprir essa ausência oferecendo um significado pessoal que requer um envolvimento professor-aluno, de forma que o aluno sinta se propenso aos processos de aprendizagens.

No questionamento em que se indagava qual das lâmpadas os estudantes comprariam, trinta alunos (66,67%) indicaram a lâmpada fluorescente, doze estudantes (26,66%) a lâmpada de LED e apenas três alunos (6,66%) comprariam lâmpadas incandescentes.

Os números desse questionamento não condizem com os resultados apresentados em relatórios em relação à eficiência das lâmpadas. Os estudantes explicaram que em suas casas possuem lâmpadas fluorescentes e que as lâmpadas de LEDs são bem mais caras que as outras. Dessa forma somente pessoas com maior poder aquisitivo poderiam adquiri-las. Esse resultado revela uma concepção de subjetividade ao apresentar a noção do indivíduo que não é absolutamente fixa e estável. Essa noção se relaciona ao meio cultural e saberes dele oriundos e suas expressões.

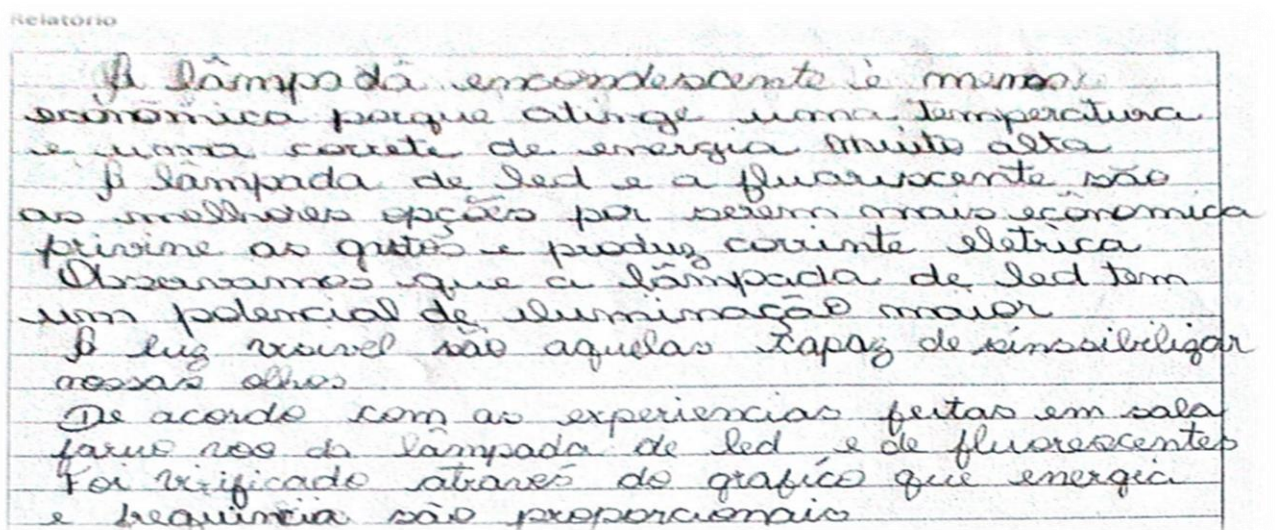
A aplicação da sequência demonstrou atitudes participativas dos alunos, que nos debates em grupo sempre respeitaram e analisaram os “pontos de vista” diferentes do seu, apresentando assim dinâmica para as aulas. O experimento propôs conceitos novos construídos pelos próprios estudantes através da investigação com a mediação da professora que sempre indagava, “como fizeram e por quê”, extraíndo dos alunos as explicações para os resultados encontrados, como pode-se perceber ao comparar o questionamento proposto no início da aplicação com o relatório final de uma mesma aluna sobre o experimento.

Figura 29: Imagem do registro de atividade inicial da aluna "M.A".



Fonte: Acervo próprio.

Figura 30: Imagem de registro do relatório final da aluna "M.A".



Fonte: Acervo próprio.

Em atividades investigativas experimentais, este questionamento dá significado à atividade possibilitando as interações necessárias para que os estudantes construam a aprendizagem. Outro fator notado foi a discordância entre os resultados apresentados e os comportamentais. A maioria dos alunos que indicou a lâmpada LED como mais eficiente não a utilizaria para consumo. Isso demonstra a autonomia que possuem. O fato demonstra que eles estão alinhados com suas interações sociais, porém é necessário que os alunos, como cidadãos, vivenciem situações em que sejam ensinados a refletir, argumentar e defender suas opções e que elas sejam conscientes sob todos os aspectos.

Os resultados analisados indicaram para as aulas o que caracteriza a pré-disposição para as aprendizagens. É importante ressaltar que mesmo após a realização das aulas alguns alunos continuaram afirmando que a lâmpada incandescente era a mais eficiente o que nos desafia a pensar em outros caminhos metodológicos que resultem na aquisição dos conhecimentos propostos neste trabalho em específico.

A sequência didática proposta apresentou saberes da Física relacionados a conhecimentos da vida cotidiana e subsidiou através do pluralismo de métodos o incentivo à participação ativa na sala de aula, a compressão da linguagem matemática em relação aos fenômenos apresentados pela sequência e a transposição de conhecimentos aprendidos para a compreensão das transformações sociais. Deve-se ressaltar que este trabalho pleiteou a implicação do conhecimento na prática, onde os saberes tenham sentido nas vivências do aluno.

Conclusão

Este trabalho apresentou a construção de um produto educacional experimental: Luxímetro Didático Comparativo e sua respectiva aplicação em sala de aula, através de uma sequência didática elaborada para o mesmo. Destaca-se a construção de um produto inovador e visualmente atrativo que exerce por comparação a eficiência energética de lâmpadas. O LuDiCo possui caráter técnico abrangente e demonstrou potencial para aplicações de interesses pedagógicos.

A sequência didática plurimetodológica é baseada essencialmente no ensino por investigação e aprendizagem significativa. A seção análise/ reflexão mostra indicativos de aprendizagem significativa e indica motivação e engajamentos dos estudantes nas aulas de aplicação da sequência. É relevante ressaltar que os estudantes diferenciaram o fenômeno científico observado no experimento com seu conceito, que a tradução da linguagem matemática serve como construção entre o conceito e o que pode ser observado. A transposição de linguagens próprias para científicas em sala de aula contribui como facilitador para o entendimento dos fenômenos físicos estudados, em todos os seus aspectos neste estudo relacionado a aprendizagem preterida.

Este trabalho apontou que os alunos estiveram motivados a questionarem e argumentarem, justificando seus argumentos, bem como puderam criar hipóteses e situações em que aprenderam a estruturá-las na linguagem científica a fim de explicarem o raciocínio que obtinham. As ideias apresentadas eram contratadas ao que era observado durante as atividades envolvendo o LuDiCo. Durante a aplicação da sequência, os resultados encontrados favoreceram a superação das ideias espontâneas produzindo aprendizagem efetiva e reduzindo concepções empírico-indutivistas, realizando assim uma conexão entre conceitos fundamentais para a compreensão de fenômenos físicos e a importância da construção social.

Referências Bibliográficas

AKASAKI, H, AMANO, S. NAKAMURA, **The Nobel Prize in Physics 2014**. Disponível em:< http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014/>. Acesso em junho de 2018.

AVALIAÇÃO PISA EM CIÊNCIAS. Disponível em: <<https://www.inep.gov.br>>. Acesso em outubro de 2018.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Portaria Interministerial número 1007, 31 de dezembro de 2010. **Diário oficial da União**, p.44, 2010.

BORIN, M., GIORDAN, M. Percepções na Teoria Sociocultural de Vigotyski: uma análise na escola. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 5, n.1, p. 113-125, 2012.

BORUCHOVITCH, E. Inteligência e motivação: perspectivas atuais. In: BZUNECK, José Aloyseo; BORUCHOVITCH, Evely (Orgs.). **A motivação do aluno**. Petrópolis: Vozes, p. 96- 115, 2001.

BASSALO, J. M. F., **O Prêmio Nobel de Física de 2014**. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n2p351>>. Acesso em março de 2019.

CHAVES, A **Água, o Vento, o Sol e a Eletricidade**, disponível em:< <http://alaorchaves.com.br/wp-content/uploads/2018/04/A-%C3%81GUA-O-VENTO-O-SOL-E-A-ELETRICIDADE-2.pdf>>. Acesso em junho de 2018.

CARVALHO, A. M. P., **Ensino de Física**. Cengage Learning. Coleção Ideias em Ação. p. 53 – 78, 2010.

_____, A. M. P., **Ensino de Física**. Cengage Learning. Coleção Ideias em Ação. p.81, 2010.

DRIVER, R. et al. Constructing scientific knowledge in the classroom. **Educational Researcher**, Washington, v.23, n.7, p. 5-12, 1994.

FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências? **Investigações em ciências**, v. 8, n. 2, 2003.

FREIRE, P., **Pedagogia da Autonomia Saberes Necessários à Prática Educativa**. Paz e Terra. p. 139, v. 54, 2016.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física: Óptica e Física Moderna**, n.8, v. 4. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, n.9, v. 4, p.283-285, 2012.

JENKINS, E. W. Constructivism in school science education: powerful model or the most dangerous intellectual tendency? **Science & Education**, Dordrecht, v.9, p. 599-610, 2000.

LABURÚ, C.E., ARRUDA, S. M., NARDI, R. Pluralismo Metodológico no Ensino de Ciências. **Ciência e Educação**, v..9, n.2, p. 247 - 260, 2003.

LAWSON, A. E. The acquisition of biological knowledge during childhood: cognitive conflict or tabula-rasa? **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v.25n.3, p. 185-199, 1988.

LOPIM, M. M., FRANÇA, S. L., DA COSTA, M. F. S., GONÇALVES, B. e RIZZUTI, B. F. LÚDICO - Luxímetro Didático Comparativo. **Física na Escola** v.16, n. 2, p. 40-44, 2018.

MOREIRA, M. A. **O QUE É AFINAL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA?** Aula inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, *Curriculum*, La Laguna, Espanha, 2012.

NEVES, M. **Brasil cai em ranking mundial de Educação em ciências, leitura e matemática.** Disponível em: <<https://www.g1.com.br>>. Acesso em outubro de 2018.

O Enigma da lâmpada que funciona desde 1901. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-44612144>>. Acesso em maio de 2019.

PISA no Brasil. Disponível em: <<http://inep.gov.br/pisa-no-brasil>>. Acesso em outubro de 2018.

OLIVEIRA, M. P. P., POGIBIN, A., OLIVEIRA, R. C. A., ROMERO, T. R. L. **Física: conceitos e contextos: pessoal, social, histórico, eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria.** São Paulo, FTD S.A, 2013.

PASK, G. Styles and strategies of learning. **British Journal of Educational Psychology**, Leicester, v.46, p. 128-148, jun. 1976.

PCN + ENSINO MÉDIO. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais.** Brasília, Ministério da Educação e Cultura / Semtec, 2002.

Physical Society of London, **The Scientific Papers of James Prescott Joule, London 1884; Donald Cardwell, James Joule — a biography**, Manchester University Press 1989; Joule, James Prescott, por L. Rosenfeld em *Dictionary of Scientific Biography*, 1972

PIAGET, J. Les relations entre la morale et le droit. In: PIAGET, J. **Études sociologiques.**, Genève: Droz, v.3, p. 172-202, 1977 (Originalmente publicado em 1944).

RÉGNER, A. C. K. Feyerabend e o Pluralismo Metodológico. **Epistême: Filosofia e História das Ciências em Revista.** Porto Alegre, v.1, n.2, 1996, p.61-78.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio pesquisa em educação em ciências**, v. 17, n. spe, p. 49-67, 2015.

SEDANO, L., CARVALHO, A. M. P., Ensino de Ciências por Investigação: Oportunidades de Interação Social e sua Importância para a Construção da Autonomia Moral, **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.10, n.1, 199-220, 2017

SIQUEIRA, G. P. **Estudo do Comportamento Elétrico de Lâmpadas Fluorescentes**. 57f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Campinas, SP, 2011.

SCHRATZ, M., STRUS, GUPTA, C., STRUHS, T. J., GRAY, K., A NEW WAY TO SEE THE LIGHT-Improving light quality with cost-effective LED technology, **IEE Industry Applications Magazine**, v.22, p. 55-62, 2016.

TEIXEIRA, A., **Fontes Luminosas**. TECI. Porto: FEUP, p. 7-10, 2004. Disponível em: <https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/L%E2mpadas/Fontes_Lumin.pdf>. Acessado em março de 2019.

ANEXO

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE LÂMPADAS: Construção e Aplicação de Luxímetro Didático Comparativo

Caro (a) Professor (a): Segue em anexo a descrição da construção do produto educacional experimental LuDiCo (*Luxímetro Didático Comparativo*) e como sugestão as questões que foram aplicadas na sequência didática baseada no pluralismo metodológico. Através desse trabalho desejamos que docentes tenham a possibilidade de inovar suas aulas utilizando esse material como guia experimental e didático para uma melhor contribuição na aprendizagem dos conteúdos que o LuDiCo propõe. Para melhor compreensão sobre a utilização do LuDiCo, o leitor está convidado a assistir ao vídeo <http://youtube/xZuHVwBLN2E>. O produto experimental educacional LuDiCo encontra-se no LIT (Laboratório de Inovação Tecnológica) no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia- Sudeste (MG), Campus Juiz de Fora.

Mônica M. Lopim
Bruno F. Rizzuti
Bruno Gonçalves

Sumário-Anexo

Capítulo 1- Manual do Produto Experimental LuDiCO.....	73
1.1 Exterior do LuDiCo.....	73
1.2 Interior do LuDiCo.....	75
1.3 Utilização.....	76
Capítulo 2- Sequência Didática.....	78
2.1 Atividades da Sequência Didática.....	78
Referências Bibliográficas.....	82

Lista de Figuras-Anexo

Figura 1: Componentes do LuDiCo.....	73
Figura 2: Esquema representativo do LuDiCo.....	76
Figura 3: Placa composta de 18 LDRs que compõem o fotosensor.....	76
Figura 4: Imagem da Atividade Inicial.....	78
Figura 5: Imagem da tabela de medidas da segunda aula.....	79
Figura 6: Imagem esquemática do espectro eletromagnético.....	79
Figura 7: Imagem da Tabela de medidas realizadas na quarta aula.....	80
Figura 8: Imagem conta de luz utilizada em atividade.....	81

Capítulo 1

Manual do Produto Educacional Experimental LuDiCo

Nesta seção vamos detalhar o experimento, incluindo materiais, dispositivos eletrônicos e elétricos, materiais de fixação e de segurança. Ela será dividida em duas partes.

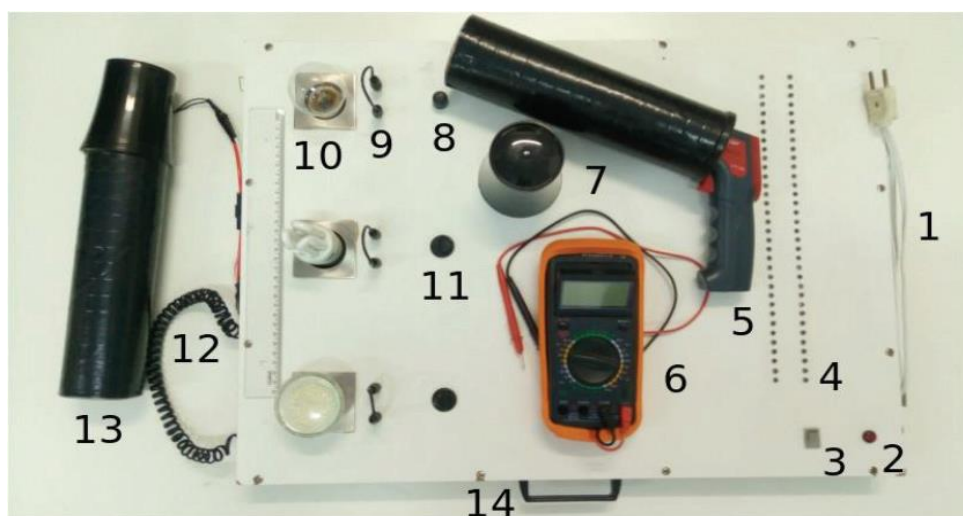
Na primeira seção, exibiremos o exterior do produto; já na segunda, mostraremos o interior do LuDiCo com especificações dos circuitos que o compõem e, sempre que necessário, detalhes da montagem serão apresentados e na terceira, sua utilização.

1.1 Exterior do LuDiCo

O instrumental foi projetado para ser de fácil manuseio e transporte e de reprodução simplificada. Dessa forma, o mesmo foi construído com as características de um quadro de madeira (em forma de mala) com as seguintes dimensões: 65 cm (*centímetro*) de largura, 48 cm de comprimento e 5 cm de altura.

A madeira utilizada na fabricação é do tipo MDF (*Medium Density Fiberboard*) material oriundo de madeira e fabricado com resinas sintéticas, nas espessuras de 6 mm (*milímetro*) para o tampo, 9 mm para o fundo e 15 mm para as laterais. Iniciamos o detalhamento com a parte externa do quadro, conforme a Figura 1.

Figura 1: Quadro montado com os componentes



Fonte: Acervo próprio.

Ela foi enumerada com os diversos componentes do produto, que serão descritos:

- 1) Cabo de energia: é constituído de um fio paralelo, bitola 2,0 mm com aproximadamente 3 m de comprimento. Sua finalidade é alimentar o quadro com uma tensão de 127 V.
- 2) Lâmpada piloto: lâmpada indicadora de que o quadro está energizado e pronto para ser utilizado.
- 3) Chave liga/desliga do quadro: modelo 13123 MFTFS1S, liga/desliga, tipo tecla, 3 A da marca Margirius.
- 4) Escala de LEDs: escala composta de 68 LEDs de 5 mm e de alto brilho. Os LEDs são organizados por cores, de forma que a escala acende na sequência do espectro visível da luz. Os LEDs estão divididos em: 16 na cor vermelho, 8 na cor alaranjado, 6 na cor amarelo, 14 na cor verde, 10 na cor azul/branco, 10 na cor azul e 4 na cor violeta. Os LEDs são ligados em paralelo e em coluna dupla, ou seja, dois LEDs da mesma cor por linha.
- 5) Termômetro infravermelho e tubo: marca INSTRUTEMP, modelo ITTI 380. O tubo que envolve a boca do termômetro nada mais é que uma embalagem cilíndrica de batata frita do tipo chips encontrada no mercado. O referido tubo é recoberto com fita isolante.
- 6) Multímetro: é do tipo digital, marca CE e especificação DT9205A. O multímetro é fixado por um suporte, aparafusado na tampa do quadro.
- 7) Copo: o copo preto de PVC rígido acompanha o produto. Sua finalidade, como detalharemos posteriormente, é proteger o usuário de luminosidade excessiva, quando as lâmpadas estão acesas em conjunto.
- 8) *Dimmer*: marca Force Line, linha rubi, branco, 127 V, potência 300 W com botão rotativo.
- 9) Conectores RCA: composto de cabo flexível de 8 cm de comprimento na cor preta de bitola 2,5 mm, dois plugues RCA e respectivos soquetes.
- 10) Local de fixação das lâmpadas: conjunto constituído por um soquete de porcelana modelo E27, com acabamento feito por um *spot* quadrado de aço escovado comumente utilizado em iluminação de interiores. Os bocais são em número de três, um para receber a lâmpada incandescente de 127 V e 60 W, outro para a lâmpada fluorescente compacta de 127 V e 9 W e outro para a lâmpada de LED 127 V e 2,2 W.
- 11) Chave liga/desliga da lâmpada: modelo KCD1-106 101, liga/desliga, tipo tecla, 6 A da marca Margirius.
- 12) Cabo extensor: cabo em espiral para telefone com a função de facilitar a mobilidade do tubo equipado com sensores de LDR (*light dependent resistor*).
- 13) Tubo composto de sensores LDR: embalagem cilíndrica de batata frita do tipo chips encontrada no mercado. O referido tubo também é, assim como o tubo do termômetro, recoberto

com fita isolante e no seu interior (fundo) há um conjunto formado por sensores LDR, cujos detalhes serão dados na próxima subseção.

14) Alça: fabricada em PVC rígido com punho de 85 mm por 20 mm. Além desses itens também são utilizados

parafusos, cola quente, fita isolante e materiais para fechamento e fixação da caixa. Esta seção tem o objetivo de servir como guia de montagem e é importante notar que há liberdade no tamanho da caixa, dos fios condutores e em todos os itens de acabamento. Já as quantidades de componentes eletrônicos são exatas e indispensáveis para o bom funcionamento do produto.

1.2 Interior do LuDiCo

O interior do produto é mostrado de maneira esquemática na Figura 2. Enfatizamos que ela não é um esquema elétrico, apenas indica de forma didática como fazer as ligações do produto.

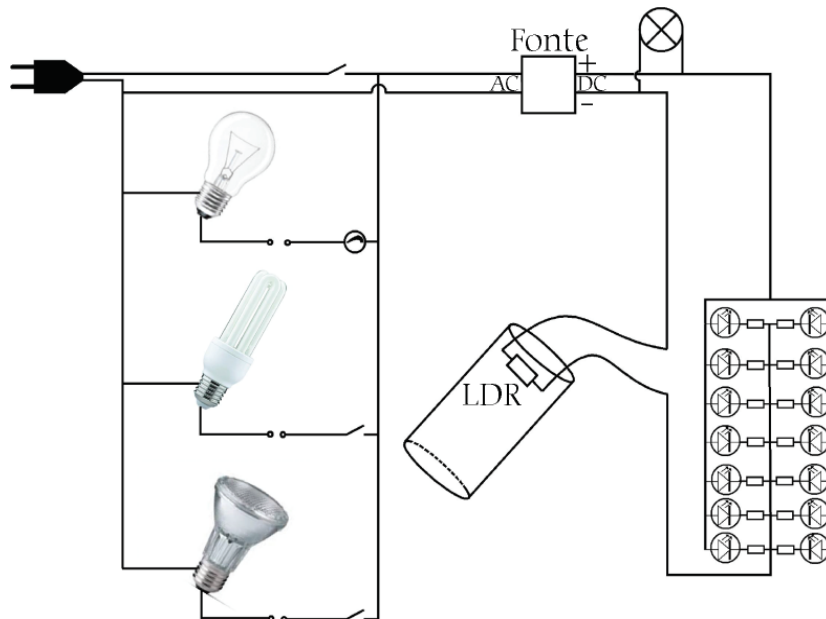
O cabo de energia alimenta as lâmpadas (incandescente, fluorescente e de LED), além de alimentar uma fonte LG 50/ 60 Hz(*Hertz*), 100/240 V(*Volts*), 0,2 A típica de telefones celulares. A fonte, por sua vez, também tem dupla função. Ela alimenta tanto a lâmpada piloto, que aparece ao lado direito da fonte na Figura 2, quanto a escala de LEDs.

Na Figura 2, foram colocados somente 7 pares de LEDs, sendo que cada par representa um grupo de cor, indo do vermelho ao violeta. Os LEDs são ligados em paralelo com a fonte, todos sob a mesma tensão, com polaridade bem definida.

Para evitar que os LEDs sejam danificados, cada um recebe um resistor de 820Ω (*ohms*), representado por um pequeno retângulo conectado com o LED, conforme indica a Figura 2.

O polo negativo da fonte é conectado em série com os sensores LDR, fechando o circuito. O último detalhe técnico relevante é a montagem dos LDR, conforme mostrado na Figura 3. Nela podemos observar que 18 LDRs, modelo GL5528, foram fixados na própria tampa do tubo de batata chips e ligados em paralelo.

Figura 2: Esquema representativo do LuDiCo



Fonte: Acervo próprio.

Figura 3: Placa composta de 18 sensores LDR ligados em paralelo para captação de luminosidade



Fonte: Acervo próprio.

1.3 Utilização

Inicialmente, pluga-se a tomada anexada ao LuDiCo no terminal de 127 V. As três lâmpadas – incandescente, fluorescente e de LED – são enroscadas nos três bocais, sendo que a incandescente deve ser ajustada sempre no bocal com o *dimmer*.

Liga-se a chave geral e a lâmpada piloto acende, indicando que o quadro está energizado.

As lâmpadas fluorescente e de LED são acesas e cobertas com o copo preto; esperamos em torno de três minutos para que atinjam o equilíbrio térmico. Medimos então a temperatura das duas lâmpadas com o termômetro infravermelho. As respectivas correntes são ligadas com o amperímetro, com fundo de escala de 20 mA (*miliampéres*) e ajustado para corrente alternada. Os fios do amperímetro são plugados nas entradas RCA.

Na sequência, o fotossensor, composto pelos LDRs, deverá encobrir cada lâmpada acesa, de forma que sejam verificadas no painel o acendimento e o brilho dos LEDs, que estão dispostos acendendo na mesma ordem das cores do espectro eletromagnético visível. No terceiro bocal, os mesmos procedimentos são realizados para a lâmpada incandescente. Ela é deixada por último devido ao seu aquecimento, podendo até mesmo, por exemplo, derreter o copo preto.

A diferença é que nessa etapa podemos usar o *dimmer* para controlar o brilho da lâmpada e assim obter variações nos valores de corrente, temperatura e de cores de LEDs acesos.

Capítulo 2

Neste Capítulo será apresentada as atividades aplicadas na sequência didática aplicada atrelada ao produto experimental educacional LuDiCo.

2.1 Atividades da Sequência Didática

Atividade-Aula 1

Questões associadas a figura para que em forma de relatório os alunos apresentassem subsunçores.

- Qual das três lâmpadas possui maior luminosidade?
- Financeiramente, qual das três lâmpadas consome mais?
- Qual das três lâmpadas tem maior consumo energético?
- Qual das três lâmpadas é a mais eficiente?
- Caso você conheça, cite outras utilizações das três lâmpadas no cotidiano.

Figura 4: Imagens utilizadas na atividade inicial.

Atividade Inicial

Nome: _____

		
215°C	65°C	40°C
60W	9W	2,2W
		

Fonte: Acervo próprio.

Atividade-Aula 2

Medição de temperatura e corrente elétrica que deverão ser anotados na tabela conforme figura 5.

Figura 5: Tabela de medidas e atividade proposta na segunda aula.

EXPERIMENTO LÚDICO

ATENÇÃO: PARA ESTE TRABALHO NÃO EXISTEM RESPOSTAS CORRETAS, NEM INCORRETAS. VOCÊ DEVE COLOCAR A SUA REPOSTA DIFERENTE DAS RESPOSTAS DOS COLEGAS. OBSERVE O EXPERIMENTO E RESPONDA.

Vamos realizar a medição da temperatura, utilizando o termômetro de infravermelho, e da corrente elétrica, utilizando o amperímetro para as três lâmpadas: Incandescente, Fluorescente e LED.

Lâmpada	Temperatura (°C)	Corrente Elétrica (A)
Incandescente		
Fluorescente		
LED		

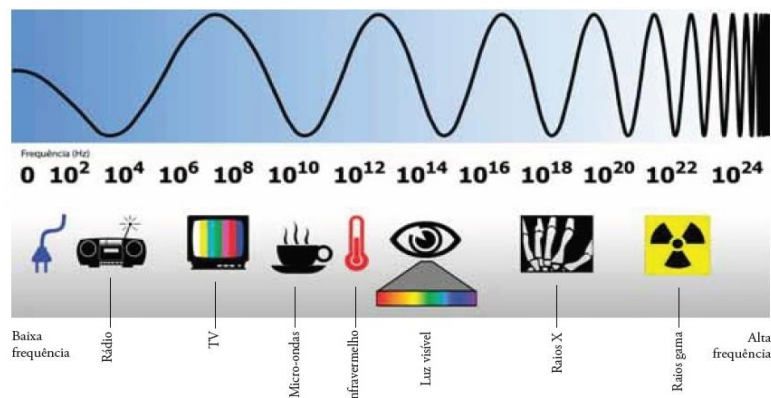
Analisar suas medidas e responder com suas palavras: qual lâmpada é a mais eficiente e qual lâmpada é a menos eficiente?

Fonte: Acervo próprio.

Atividade-Aula 3

Em grupos formadas na sala de aula e por investigação os alunos através de seus conhecimentos e analisando a figura 6 deveriam responder ao seguinte questionamento: “As ondas eletromagnéticas no celular podem ser consideradas como luz? Explique com suas palavras”.

Figura 6: Imagem esquemática espectro eletromagnético.



Fonte: <http://carlamcoelho.blogspot.com/2015/10/espectro-letromagnetico.html>



Atividade-Aula 4

Rotacionando o *dimmer* da lâmpada incandescente e alterando sua luminosidade coletada pelo fotossensor de LDRs eram anotadas na tabela (figura 8) os valores verificados de corrente elétrica no amperímetro e cores de LEDs acesos na escala (painel). Afim de relacionar qualitativamente a relação entre frequência e energia. Um gráfico Energia x Frequência foi construído nesta aula.

Figura 7: Imagem da Tabela de medidas realizadas na quarta aula.

Experimento LuDiCo

Regule o *dimmer* para que a lâmpada incandescente apresente o maior brilho. Diminua a corrente gradativamente e vagarosamente, anotando correntes e marcando as cores acesas na tabela abaixo.

Corrente (Energia)	Cor (Frequência)
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
	

Fonte: Acervo próprio.

.Atividade-Aula 5


A quinta aula consistiu na escrita de um relatório final, realizado de forma individual, em que os alunos escreveram sobre suas experiências, aprendizagens, e percepções que tiveram durante a aplicação das atividades nas aulas anteriores.

Atividade-Aula 6

Nesta aula os alunos resolveram o problema (figura 9) “Conta de Luz”, a fim de destacar a diferença de gasto econômico entre as lâmpadas.

Figura 8: Conta da CEMIG utilizada em atividade da sequência.

Três vizinhos possuem em suas casas lâmpadas distintas. O primeiro vizinho, o Sr. João da padaria, possui em sua casa somente lâmpadas incandescentes de 60W, o segundo vizinho, Sr. José porteiro da escola, trocou todas as lâmpadas incandescentes de sua casa por lâmpadas fluorescentes compactas de 9W, pois estavam em promoção no supermercado. O terceiro vizinho conhecido com Sr. Luisinho, reformou sua casa e resolveu utilizar em sua residência apenas lâmpadas de LED de 2,2W, por indicação do vendedor da loja de luminárias. No mês de dezembro, os três viajaram e ficaram passeando durante 30 dias, porém cada um esqueceu uma respectiva lâmpada acesa, por todo este tempo. Utilize a conta de luz abaixo para calcular o gasto financeiro que os três vizinhos desatentos irão ter com esse esquecimento



www.cemig.com.br/atendimento
Cemig Torpedão 29810
Fale com a Cemig 116

Cemig Distribuição S.A. CNPJ 06.981.160/0001-18 / Insc. Estadual 062.322-196.0087
Av. Barbacena, 1.200 - 17º andar - Ala A1 - CEP 30190-131 - Belo Horizonte - MG Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002

SEU NOME
SEU ENDEREÇO
00000-000 SUA CIDADE, UF
CPF: 000.000.000-00

Referente a **DEZ/2016**
Código de Débito Automático:
000000000000

Nº DO CLIENTE
0000000000

NOTA FISCAL - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE U N 000000000 - PTA Nº16.000114527.70

Classe	Subclasse	Datas de Leitura			Datas da Nota Fiscal		Nº DA INSTALAÇÃO
Ras Idenclia1 S1F821CO	Ras Idenclia1	ANTERIOR 01/11	ATUAL 01/12	PRÓXIMA 02/01	EMISSÃO 01/12	APRESENTAÇÃO 07/12	0000000000

Info. Gerais	Medição	Leitura Anterior	Informações Técnicas	Constante de Multiplicação	Consumo kWh
Energia kWh	AAAG00000000	25.501	Leitura Atual 25.623	1	122

Informações Gerais
Tarifa vigente conforme Res. Anel nº 2.076, de 24/05/2016. Nota fiscal de 11/2016 quitada em 22/11/2016. Considerar nota fiscal quitada após débito em sua o.c. O pagamento desta conta não quita débitos anteriores. Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes (multas) e/ou atualização financeira (juros) baseadas no vencimento das mesmas. Leitura realizada conforme calendário de faturamento.
NOV/2016 Band. Amarela - DEZ/2016 Band. Verde

Descrição	Quantidade	Preço	Valor (R\$)
Energia Elétrica kWh	122	0,8282887	101,01
Encargos / Cobrança			
Contrib. Custeio Ilum. Pública			12,75
Tarifas aplicadas (sem impostos)			
Energia Elétrica kWh		0,54572000	
Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar			2,67

Indicadores de Qualidade de Fornecimento
Mês: 10/2016
Máx. 10/2016

Índice	Apurado Mensal	Mensal	Valores Permitidos:	Anual
DEC	0,00	4,59	Trimestral	18,35
DEC	0,00	3,06	Semestral	12,20
DMIC	0,00	2,32	Anual	-
DECRI	12,12	12,12		-

Informações de Faturamento

Parcelas	Valor R\$	%	Parcelas	Valor R\$	%
Energia	32,06	31,77	Ene. Bancária	12,10	12,04
Distribuição	19,45	19,25	Impostos	34,44	34,10
Transmissão	2,87	2,84	Total	101,01	100,00

Histórico do Consumo

Mês/Ano	Consumo kWh	Média Anual	Dia de Faturamento
DEZ/16	122	4,06	30
NOV/16	107	3,68	29
OUT/16	161	5,19	31
SET/16	142	4,68	31
AGO/16	176	5,46	32
JUL/16	154	5,31	29
JUN/16	126	4,06	31
MAY/16	132	4,25	31
ABR/16	146	4,70	31
MAR/16	126	4,34	29
FEV/16	167	5,95	28
JAN/16	146	4,48	30
DEZ/15	127	4,37	29

VENCIMENTO
22/12/2016

VALOR A PAGAR
R\$ 113,74

Reservado ao Fisco
D163.0794.92C7.7A01.B31F.7A3F.227E.FE99

Base de cálculo (R\$)	ICMS Alíquota(%)	Valor (R\$)	PASEP (R\$)	COFINS (R\$)
101,01	30	30,30	0,73	3,41

Ouvvidoria CEMIG: 0800 728 3838 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - Telefone: 167 - Ligação Gratuita de telefones fixos e móveis.

CEMIG Distribuição S.A. Unidade de Leitura 01802125 Conta Contrato 000000000000 Vencimento 22/12/2016 Total a Pagar R\$ 113,74 Dezembro/2016

DÉBITO AUTOMÁTICO

00000000000-0 00000000000-0 00000000000-0 00000000000-0

Fonte: https://www.google.com/search?biw=2049&bih=985&tbn=isch&sa=1&ei=IEoFXfHuD_-U5OUPqruW-Ao&q=contas+cemig+&oq=contas+cemig+&gs_l:U5OUPqruW-Ao&q=contas+cemig+&oq=contas+cemig+&gs_l:

Referências Bibliográficas

LOPIM, M. M., FRANÇA, S. L., DA COSTA, M. F. S., GONÇALVES, B. e RIZZUTI, B. F. LÚDICO - Luxímetro Didático Comparativo. **Física na Escola**, v.16, n. 2, p. 40-44, 2018.