

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



ENSINO PELA PESQUISA NA SALA DE AULA DO ENSINO MÉDIO: O USO DE TORNEIOS DE FÍSICA COMO ATIVIDADES COMPLEMENTARES

José Alberto de Miranda Jr.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação (nome dado na instituição) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:
Dr^a. Silvana Perez

Coorientador:
Dr. Charles da Rocha Silva

Belém
Julho de 2018

ENSINO PELA PESQUISA NA SALA DE AULA DO ENSINO
MÉDIO:
O USO DE TORNEIOS DE FÍSICA COMO ATIVIDADES
COMPLEMENTARES

José Alberto de Miranda Jr.

Orientadores:

Dr^a. Silvana Perez
Dr. Charles da Rocha Silva

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:

Dr. Nome do Membro da Banca

Dr. Nome do Membro da Banca

Dr. Nome do Membro da Banca

Belém,
Julho de 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

S586p Miranda Jr., José Alberto de
Ensino pela pesquisa na sala de Aula do Ensino Médio: o uso de torneios de Física como atividades complementares / José Alberto de Miranda Jr.- Belém: UFPA /MNPEF, 2018.
viii, 77 f.: il.;30cm.
Orientadores: Silvana Perez e Charles da Rocha Silva
Dissertação (mestrado) – UFPA/ Instituto de Ciências Exatas e Naturais / Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2018.
Referências Bibliográficas: f. 103-107.
1. Ensino de Física. 2. Ensino por Investigação. 3. Ensino pela Pesquisa. I. Perez, Silvana. II. Charles da Rocha Silva III. Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. IV. Ensino pela pesquisa na sala de Aula do Ensino Médio:o uso de torneios de Física como atividades complementares.

Dedico esta dissertação a todos.

Agradecimentos :

Profª. Drª. Silvana Perez

Prof. Dr. Charles da Rocha Silva

José Alberto de Miranda (In Memoriam)

Maria de Jesus Rodrigues de Miranda (In Memoriam)

Joana Raposo de Miranda (In Memoriam)

Paulo Sérgio Miranda dos Santos (In Memoriam)

Marinês de Jesus Lopes Santos

Márcia do Socorro Rodrigues de Miranda

Ana Glória Rodrigues de Miranda

José Roberto Rodrigues de Miranda

Luciana Rodrigues de Miranda

Adriana Rodrigues de Miranda

Santana Maria Rodrigues de Miranda

Prof. Dr. Rubens Silva

A Todos os Professores do MNPEF, Campus UFPA

Ao Sr. Pedro, da Secretaria da Faculdade de Física – UFPA

A Todos os Funcionários de Apoio da Faculdade de Física – UFPA

A Todos os Colegas do MNPEF – 2014 e 2016

Ao MNPEF, Pela Oportunidade de Cursar O Mestrado

A CAPES, Pela Concessão da Bolsa de Estudo.

RESUMO

ENSINO PELA PESQUISA NA SALA DE AULA DO ENSINO MÉDIO: O USO DE TORNEIOS DE FÍSICA COMO ATIVIDADES COMPLEMENTARES

José Alberto de Miranda Jr.

Orientadores:

Dr^a. Silvana Perez
Dr. Charles da Rocha Silva

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Este trabalho versa sobre um relato de experiência educacional, onde é aplicada uma metodologia adaptada do modelo utilizado no Torneio Internacional de Jovens Físicos (IYPT). São apresentadas referências teóricas, necessárias ao entendimento do processo, descrições dos ambientes de aplicação - uma escola pública de Belém do Pará - bem como toda a metodologia aplicada: formato, materiais instrucionais, *kits*, procedimentos, execução e avaliação. O trabalho resultou em um produto educacional, apresentado como anexo, com o objetivo de servir de referência para professores que queiram utilizar a proposta didática sob o mesmo formato.

Palavras-chave: Ensino de Física. Ensino por Investigação. Ensino pela Pesquisa. Problematização no Ensino.

Belém
Julho de 2018

ABSTRACT

TEACHING FOR RESEARCH IN THE HIGH SCHOOL CLASSROOM: THE USE OF PHYSICAL TOURNAMENTS AS COMPLEMENTARY ACTIVITIES

José Alberto de Miranda Jr.

Supervisors:

Dr^a. Silvana Perez

Dr. Charles da Rocha Silva

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFPA and Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), as partial fulfillment of the requirements for the Master degree Physics Teaching.

This work is about an educational experience report, where a methodology adapted from the model used in the International Young Physical Tournament (IYPT) is applied. Theoretical references, necessary for the understanding of the process, descriptions of the application environments - a public school in city of Belém, state of Pará, Brazil - are presented, as well as all applied methodology: format, instructional materials, kits, procedures, execution and evaluation. The work resulted in an educational product, presented as an attachment, with the aim of serving as reference for teachers who want to use the didactic proposal in the same format.

Keywords: Physics education, problem based learning, Inquiry

Belém
July of 2018

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fig. 1 - Propagação de Raios Luminosos.....	27
Fig. 2 - Fibra Óptica : Modelo Geométrico.....	28
Fig. 3 - Kit Didático de Fibra Óptica.....	28
Fig. 4 - Turbojato – J85.....	30
Fig. 5 - Turbina Fan.....	31
Fig. 6 - Turbina Elétrica EDF.....	32
Fig. 7 - Esc : Speed Control de Turbinas Elétricas.....	32
Fig. 8 – Bateria Para Turbina EDF.....	32
Fig.9 - Célula de Hidrogênio.....	33
Fig.10- Eletrocatalise na Célula de Hidrogênio.....	34
Fig.11- Kit de Célula de Hidrogênio.....	36
Fig.12- Ondas Estacionárias : Desenhos.....	36
Fig.13- Ondas Estacionárias : Modos de Vibração.....	38
Fig.14- Ondas Estacionárias : Esquema.....	39
Fig.15- Levitação Magnética.....	40
Fig.16- Espiras Condutoras.....	40
Fig.17- Levitação Diamagnética.....	41
Fig.18- Alunos Apresentando Trabalho Sobre Fibras Ópticas.....	48
Fig.19- Alunos Apresentando Trabalho Sobre Células de Hidrogênio.....	48
Fig.20- Alunos Apresentando Trabalho Sobre Levitação Magnética.....	49
Fig.21- Kit de Ondas Estacionárias : Esquema.....	54
Fig.22- Kit de Fibras Ópticas.....	54
Fig.23- Kit de Turbina Elétrica EDF.....	54

Fig.24- Kit de Célula de Hidrogênio.....	54
Fig.25- Kit de Ondas Estacionárias.....	55
Fig.26- Kit de Levitação Magnética.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLA

IYPT – International Young Physics Tournament.

PCN'S- Parâmetros Curriculares Nacionais.

ENEM – Exame Nacional de Ensino Medio.

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano.

CEPC - Colégio Estadual Paes de Carvalho.

E1 - Etapa 1

F - Força

P - Quantidade de Movimento.

m- Massa

n1- Índice de Refração do Meio 1

v - Velocidade

PEM - Próton Exchange Membrane.

H2 - Gás Hidrogênio.

O2 - Gás Oxigênio.

V - Volts.

Cos. - Cosseno.

A - Amplitude.

K - Número de Onda.

W - Frequência Angular.

t- Tempo.

Sumário

Capítulo 1. Introdução.....	4
Capítulo 2. Referencial Teórico.....	4
2.1 Paradigmas para as pesquisas.....	4
2.2 A Teoria Cognitiva: Piaget e Vygotsky.....	6
2.3 Aspectos sociais: Bordieu e o conhecimento embarcado prévio.....	10
Capítulo 3. Ensino Pela Pesquisa.....	13
3.1 Conceituação.....	13
3.2 Exemplos de atividades de pesquisa em educação.....	16
Capítulo 4. Metodologia.....	21
4.1 O locus da pesquisa.....	21
4.2 Descrição geral da abordagem didática.....	22
Capítulo 5: Os Temas Escolhidos.....	26
5.1 Fundamentação teórica dos temas.....	26
Capítulo 6. Desenvolvimento das Atividades.....	45
6.1 Ano de 2016.....	46
6.2 Ano de 2017.....	47
Capítulo 7. Análise dos Resultados.....	52
Capítulo 8. Considerações Finais.....	59
Apêndice A. Produto Educacional.....	61
Referências Bibliográficas.....	103

Capítulo 1

Introdução

A proposta deste trabalho vai além de uma dissertação sobre um relato de experiência de uso do Ensino por Investigação na educação básica. É, antes, o resultado de um processo de busca de qualidade de ensino e aprendizagem de toda uma carreira no magistério público do estado do Pará. No decorrer de mais de duas décadas de atividade profissional, pude vivenciar várias tentativas, oficiais e particulares, realizadas com o objetivo maior de melhora do aprendizado da disciplina física entre alunos do ensino médio.

Neste texto, apresento o relato do projeto que foi construído das minhas discussões de trabalho iniciais com minha orientadora. Desta interação, surgiu a idéia de se desenvolver um trabalho de dissertação que envolvesse um assunto, até então, desconhecido por mim: uma proposta didática de uso de laboratórios multidisciplinares com a metodologia de Ensino por Investigação, seguindo o Modelo do IYPT (do inglês *International Young Physicist Tournament*).

Inicialmente, fez-se necessário o conhecimento dos moldes de trabalho do torneio de jovens físicos, seus objetivos principais, paradigmas, a quem se destina, e o mais importante, sua metodologia de aplicação. Fiz, então, um primeiro contato com o Prof. Dr. Charles da Rocha Silva, que por este período, início de 2016, já fazia as primeiras experiências com esta metodologia em suas turmas de ensino técnico, no Instituto Federal do Pará (IFPA).

Em diversos debates sobre a melhor maneira de aplicar este método em uma escola pública regular, ficou definido que algumas mudanças, em relação ao formato original do IYPT, seriam necessárias para melhor aplicação da proposta. Os temas não seriam os mesmos do IYPT, todos de física básica, mas seguindo uma proposta minha, optamos por adotar tópicos mais contextualizados que facilitassem o entendimento de alunos menos versados em conhecimentos científicos.

A proposta de aplicação foi executada em dois períodos letivos consecutivos, 2016 e 2017, na mesma escola: Colégio Estadual Paes de Cravalho, de Belém do Pará,

com clientela com perfis educacionais semelhantes, vistos que da mesma série e utilizando-se das mesmas condições ambientais.

Os resultados das aplicações serviram de embasamento para a compilação deste trabalho, onde se disserta sobre todas as fases teóricas e experimentais que resultaram no conteúdo deste trabalho.

No capítulo 2 são citados e discutidos os referenciais teóricos que serviram de embasamento para melhor entendimento sobre epistemologia de ensino, que inicialmente previa a leitura de obras e textos de Piaget e sócio interacionista de Vygotsky, como pré requisito para o entendimento de como o cognitivo dos alunos poderia ser melhor entendido e trabalhado no desenrolar do processo. A evolução temporal do trabalho, porém, mostrou que precisava-se de um autor que também explicasse os problemas educacionais a luz de questões sociológicas. Conseguimos obter esta nova interpretação nos textos do pensador francês Pierre Bourdieu, que como sociólogo de formação, elaborou uma teoria sobre o papel da educação no processo de exclusão social.

O capítulo 3 apresenta uma introdução sobre o que é uma pesquisa em educação. Faz-se também uma descrição dos principais modelos educacionais, comentando-se desde o formato positivista, muito cartesiano, até chegar-se ao modelo de ensino por investigação, caracterizado por problemas em aberto e com incentivo a maior participação dos alunos e maior interação entre alunos e professores.

O capítulo 4 descreve a metodologia das aplicações, relatando as características do ambiente de execução da proposta, no caso o colégio Paes de Carvalho, e como foram desenvolvidas as três fases da aplicação. São descritos todos os processos de formação das equipes, bem como as orientações pertinentes para o desenrolar das fases do processo.

No capítulo 5 temos um conjunto de textos versando sobre os temas escolhidos para a aplicação da proposta: Levitação Magnética, Ondas Estacionárias, Fibras Ópticas, Turbinas Fan e Células de Hidrogênio, com o objetivo de servir de referencial teórico de consulta e comparação para o desenvolvimento dos seminários, fase 2 da proposta didática, e confecção dos experimentos, fase 3. Nestes textos de apoio, são apresentados resumos teóricos sobre os temas, assim como equações matemáticas, diagramas e desenhos para o auxílio nas descrições científicas e tecnológicas das propostas.

O capítulo 6 descreve com mais profundidade o desenvolvimento das três fases da aplicação. Assim são relatados os procedimentos executados na fase 1: pesquisa inicial dos temas, fase 2: Apresentação dos seminários e fase 3: Experimentos e gincana.

No capítulo 7, é feita uma avaliação qualitativa sobre os resultados conseguidos nos dois anos de aplicação: 2016 e 2017. São relatadas as dificuldades apresentadas no decorrer do desenvolvimento da pesquisa, bem como as mudanças que tiveram de ser realizadas para melhora do processo. Citam-se, ainda, os pontos positivos e negativos dos resultados.

O produto educacional é descrito no Anexo 1, onde são apresentadas as etapas a serem seguidas para reedições da proposta de pesquisa. São relatadas etapas, procedimentos, metodologias, além da apresentação de material teórico de referência a professores, bem como a apresentação dos *kits* didáticos utilizados, com seus repectivos fabricantes e custos.

Capítulo 2

Referencial Teórico

A pesquisa em qualquer área do conhecimento deve sempre considerar as contribuições teóricas de vários pensadores, tanto da atualidade quanto das sociedades que fizeram parte da história da humanidade. Este pensamento reforça a ideia de que um trabalho acadêmico, em particular nas áreas de humanas e interdisciplinares, longe de um tom opinioso, deve se referenciar em uma pesquisa bibliográfica previa séria e respaldada por trabalhos de pesquisadores consagrados.

A dissertação apresentada nesse manuscrito, por abordar um tema que trata da pesquisa na sala de aula, faz com que seja necessário, inicialmente, conceituar a pesquisa educacional aplicada no contexto escolar: quais as suas premissas, como se manifesta sua metodologia etc.

A busca pelas respostas a estas indagações nos conduziram a vários pensadores importantes do Sec. XX, dentre os quais achamos particularmente importantes as contribuições de Jean Piaget, Lev Vygotsky e Pierre Bordieu. Assim, apresentamos, nas próximas seções, alguns aspectos desses teóricos, em particular focando o que pode ser relacionado com o tema dessa dissertação, o ensino por investigação.

2.1 Paradigmas para as pesquisas e suas influências na postura do professor da educação básica

Considera-se, didaticamente, que o desdobramento de uma pesquisa educacional pode, de acordo com sua metodologia, se desenvolver nas formas positivista, interpretativa ou sócio-crítica [1].

O modelo positivista, como o próprio nome indica, está pautado na posição de neutralidade do investigador. Assim, seguem-se modelos previamente consagrados e procura-se enquadrar uma realidade dentro de suas premissas. Portanto, a realidade é tangível e fragmentada. A sua constatação, através de uma hipótese inicial, deve ser comprovada por relações quantitativas [1]. Vê-se que fica bem delineada a separação do sujeito (pesquisador) e objeto (alunos). A realidade destes e suas configurações

personais não são levadas em consideração. O levantamento de informações dá-se pela utilização de pesquisas diretas, através de preenchimentos de fichas e utilização de dados estatísticos já disponíveis, como por exemplo: relatório de notas, frequências, aprovações, reprovações, desistências e outros itens. Ainda hoje, o modelo científico empirista dedutivo é muito utilizado por facilitar, ao investigador, uma conclusão à hipótese levantada. Este comportamento acaba se refletindo também na postura do professor na sua interação com o aluno na sala de aula da educação básica.

Exemplos muito comuns deste tipo de pesquisa são aquelas onde o interesse está em quantificar o rendimento dos estudantes em uma determinada disciplina. Normalmente, distribuem-se fichas, a serem preenchidas por professores e alunos de determinadas turmas, onde são estabelecidos parâmetros como idade, série, número semanal de aulas, entendimento básico da disciplina, medido por meio de rendimentos em exames de conteúdo etc. Depois de um determinado tempo de trabalho do professor, as fichas voltam a ser preenchidas por alunos e professores para análise dos parâmetros estabelecidos. Ou seja, o envolvimento é mínimo e a análise é meramente estatística. Normalmente os alunos mal sabem do que estão participando.

No modelo interpretativo, a forma de correlacionar informações passa ao modo qualitativo. O pesquisador já reconhece que infere ao processo sua maneira de interpretar a realidade. Já não existem as hipóteses antecipadas ao estudo. Elas vão surgindo a medida que o investigador observa as mudanças de postura perante a realidade [1], realidade essa, que passa a ser múltipla e holística, o que requer mudanças de atitudes do sujeito em relação ao objeto.

No seu reflexo na postura do educador na sala de aula, isto é muito comum por exemplo, quando o professor sugere um trabalho de pesquisa a uma determinada turma e o mesmo vai modificando seus parâmetros de atuação e avaliação a medida que os alunos vão relatando suas dificuldades em relação as tarefas realizadas. O professor, agindo como investigador interpretativo, refaz as tarefas à luz de pormenores que ele mesmo desconhecia.

O modelo sócio crítico vem ao encontro da necessidade do investigador se desfazer da condição de sujeito absoluto no processo investigativo. Portanto, trata-se de um paradigma ideológico e interacional. No contexto da escola, professores e alunos unem-se em um processo de descobertas bastante volitivo. As premissas e conclusões

surtem a todo momento, porque o importante não é apenas pesquisar, mas tomar consciência do ato de pesquisar, de tal forma que alunos também se tornem investigadores. Fica evidente, então, o seu caráter ideológico, de raízes neo-marxistas, onde o contexto histórico e social ajuda a formatar um conceito sobre determinada realidade. Difere, então, do modelo interpretativo na medida que procura modificar a realidade do ambiente pesquisado. Por exemplo, um professor que implemente uma pesquisa, em uma turma, sobre as causas da evasão na escolar na própria turma, levará o sujeito a refletir sobre a sua própria realidade sócio-educacional, com o professor em determinado momento passando de pesquisador a também objeto de investigação [2].

Vale ressaltar que o fato do pesquisador optar por seguir os parâmetros de um determinado modelo não o exclui da possibilidade de usar métodos utilizados em outras experiências. Desta forma, uma pesquisa de caráter sócio crítico poderá se utilizar de alguns modelos quantitativos para ajustes de resultados e assim por diante [2].

Em nosso trabalho, adotamos o modelo positivista na aplicação do ano de 2016, com pouca interação entre os alunos e isolamento entre professor orientador e alunos no processo. Porém, os resultados insatisfatórios na avaliação nos levaram a fazer mudanças de atitudes para o ano de 2017, principalmente nas relações entre professor orientador e alunos. Assim, houve maior preocupação com o desenvolvimento do processo de investigação e não apenas com os resultados. O professor orientador, seguindo o modelo sócio-crítico, procurou se fundamentar melhor para proporcionar uma melhor orientação durante as fases de desenvolvimento do trabalho de aplicação. Isto resultou em melhor preparação para as fases posteriores, além de melhorar a interação entre os próprios componentes das equipes de alunos participantes do processo.

2.2 A Teoria Cognitiva na Abordagem de Piaget e a Teoria Sócio-Cultural na abordagem de Vygotsky

O termo cognitivo, de uso comum na psicologia, remete às instâncias das faculdades superiores dos seres humanos. O conceito vai ao encontro das capacidades de memorização, atenção, reflexão e pensamento, portanto inteligência.

A partir do final do século XIX, um grupo de pesquisadores em psicologia, buscava métodos científicos que relacionassem o entendimento de características cognitivas com a interação do indivíduo e o ambiente. Naquela época, o que se conhecia era a teoria do professor de fisiologia russo Ivan Pavlov [3], que relacionava comportamentos fisiológicos frente a estímulos de sensações no sistema nervoso.

Em contraposição a este cenário, no início do século XX, o suíço Jean Piaget, biólogo por formação, seguindo parâmetros empiristas, buscou correlacionar, em estudos com crianças menores de catorze anos, como o desenvolvimento intelectual progredia à medida que a criança amadurecia organicamente.

Para Piaget, a criança a partir do seu nascimento desenvolve estruturas mentais que se armazenam no cérebro como esquemas. Deste modo, ao se deparar com uma situação, em seu ambiente, a criança utiliza o esquema já armazenado para o entendimento do fato. A esse comportamento, o teórico deu o nome de assimilação. Porém, diante de situações novas, com esquemas mentais não previstos, a criança ou modifica um esquema prévio ou dá origem a um novo esquema mental, e desta forma, a nova situação passa a ser entendida. Segundo [4]:

”O desenvolvimento cognitivo assenta-se no desenvolvimento biológico, a inteligência é construída em cima de um equipamento biológico inato e desenvolve-se numa sequência pré-determinada. É ainda um processo ativo e interativo, construído pelo sujeito em interação contínua com o meio”

Percebe-se que, para Piaget, o processo cognitivo parte do sujeito para o ambiente, porém em condições naturais que irão condicionar a evolução de sua inteligência. Sendo biólogo por formação, Piaget acreditava que qualquer desenvolvimento mental da criança deveria obedecer a suas características biológicas, bem como seu estágio de desenvolvimento, ou seja, um processo de maturação do indivíduo [4]:

“A inteligência vai mudando com o desenvolvimento. O sujeito passa por reorganização profunda, seguidos de períodos de integração, durante os quais, um novo estágio é alcançado e as mudanças são assimiladas. A cada estágio temos um sistema cognitivo específico que determina o funcionamento do sujeito. Cada estágio resulta do anterior e prepara o seguinte”

Quando uma criança observa um objeto, uma mesa por exemplo, vai procurar interpretar e agir sobre o objeto de acordo com um esquema mental já estabelecido. É a etapa de assimilação. Se ocorrer de interagir com um objeto nunca antes visto, a criança procura um esquema mental mais apropriado, ainda que indevido, até que o mesmo seja modificado ou substituído, formando uma nova estrutura mental, o que Piaget chamou de acomodação.

Como uma teoria que relaciona o sujeito com o objeto, e não com outro sujeito, fica subtendido que deve partir do sujeito a ação. Este mesmo sujeito é responsável, sob determinadas condições específicas, pelo seu desenvolvimento. O sujeito então constrói o seu aparato cognitivo pelo qual interpreta o ambiente e age sobre o mesmo.

Para Vygotsky esta era uma das poucas falhas na teoria cognitiva de Piaget [5]. Lev Vygotsky era judeu bielorusso, nascido no mesmo ano que Piaget, 1896. Formou-se em direito pela universidade de Moscou, mas logo declinou dos estudos jurídicos para mergulhar nos estudos sobre psicologia, que no início do século XX, ainda era florescente e carente de fundamentos científicos.

Vygotsky, que viveu o período de formação do estado soviético, foi muito influenciado pelas teorias marxistas, para quem o homem é fruto de um processo histórico. Como tal, todo o desenvolvimento do homem seria derivado de suas relações sócio interativas. Sua abordagem se insere no que hoje são conhecidas como teorias sócio-culturais e, conforme pontuado acima, se difere das teorias cognitivas justamente por considerar aspectos sociais no processo cognitivo.

Diferente de Piaget, que procurava razões internas para o processo cognitivo, Vygotsky apostava no caminho oposto, na ação do ambiente social sobre o homem, o modificando, e este modificando o ambiente. Para isto, duas ferramentas de interação seriam necessárias: os instrumentos e os signos.

Com os instrumentos, Vygotsky resgata, em parte, a teoria de Piaget de ação sobre o objeto: um instrumento é qualquer elemento mediador do homem com o ambiente palpável. Pode ser uma faca, um computador, uma caneta, as mãos.... [6]

Já os signos fazem a mediação do ambiente com o pensamento do indivíduo, dentro de um contexto simbólico, não concreto. São eles que permitem, por exemplo, a

assimilação de determinadas ações no passado e no futuro, quando o ambiente não está mais presente [6]:

“A função do instrumento é servir como condutor da influência humana sobre o objeto da atividade. Ele é o orientador externo e deve servir para a mudança dos objetos. Constitui um meio pelo qual a atividade humana é conduzida para o controle da natureza. O signo, por outro lado, não modifica em nada o objeto da ação psicológica. Constitui um meio de atividade interna, dirigida para o controle do próprio indivíduo. O signo é orientado internamente.”

A teoria de Vygotsky é fundamentada em processos sócio interativos, pelos quais o indivíduo necessita de um grupo social para desenvolver seu cognitivo, principalmente para que se desenvolvam os processos de internalização do conhecimento, sob mediação dos instrumentos e signos. Assim, desde os primeiros contatos com familiares, o indivíduo vai se assenhorando de conhecimentos e signos, mediados por um signo superior de interação social: a linguagem.

A partir deste conceito, surge um parâmetro aparentemente presente apenas em seres humanos: o uso da linguagem como mediadora do pensamento. Esta característica é bastante explorada por Vygotsky em outro conceito, por ele criado, para a explicação do desenvolvimento da inteligência: a zona de desenvolvimento proximal.

Segundo Vygotsky, existe uma determinada tarefa que o indivíduo é capaz de realizar sem ajuda externa. Porém, para outras, só poderá realizar se tiver a interferência de um agente social externo, que pode ser um professor, um familiar ou um colega. A distância entre estes dois eventos estabelece uma faixa - a zona de desenvolvimento proximal (ZDP) - onde deverão ser mais intensas as ações psicopedagógicas.

Neste trabalho entendemos que o ambiente de uma sala de aula - o processo de ensino aprendizagem, influenciado pela interação do professor com os estudantes e dos estudantes entre si e com o meio exterior, bem como com aspectos biológicos intrínsecos - é extremamente complexo e considerar aspectos de diferentes referenciais teóricos enriquece a discussão deste cenário. Assim, vemos que nesse sentido, Piaget e Vygotsky se complementam no entendimento da complexidade do processo de aprendizagem em particular. Pois enquanto Piaget, por formação Biólogo, nos dá uma

contribuição mais fisiológica sobre o desenvolvimento da inteligência nos primeiros anos de existência, é Vygotsky, o psicólogo, que aproveitando-se dessas informações, vai inserir a necessidade das interações sociais para que o processo de ensino aprendizagem seja bem sucedido.

2.3 Aspectos sociais: Bordieu e o conhecimento embarcado prévio

Nascido em Denguin, na França, Pierre Bordieu teve uma trajetória educacional marcada por dificuldades, reforçadas por sua origem humilde e de um meio agrário avesso a teorias científicas. Com inteligência precoce, foi direcionado a estudos em uma prestigiosa escola pública de Paris. Posteriormente, formou-se em Filosofia em 1954 [7].

Segundo Praxedes [8], foi por este período que Bordieu começou a refletir a respeito das dificuldades encontradas, por jovens de camadas sociais menos favorecidas, como ele, em se integrarem a ambientes acadêmicos mais desenvolvidos, como o das universidades parisienses.

Em 1964, já professor universitário, e tendo passado por uma experiência marcante na guerra da Argélia, Bordieu firma uma parceria intelectual com o sociólogo francês Jean Claude Passeron, que resulta no lançamento de um livro: "Herdeiros: Os Estudantes e a Cultura de 1964" [8].

Nesta obra, Bordieu e Passeron traçam o esboço de uma teoria estruturalista, segundo a qual a vida escolar não seria um ambiente de democratização de conhecimentos e oportunidades de ascensão cultural e social, mas antes, reforçaria as desigualdades pré-existentes entre seus membros. Logo, o sucesso na escola não seria uma variável de cunho meramente acadêmico, mas dependente de um processo de adaptação cultural e social do indivíduo ingressante, e no qual os mais preparados seriam privilegiados [7].

Para alguns teóricos em sociologia da educação, é notória na teoria de Bordieu as influências dos sociólogos do século XIX Weber e Durkheim, criadores da sociologia científica [9].

Seguindo a doutrina estruturalista, Bordieu e Passeron concluíram que a escola é um ambiente de reforço de uma cultura de elite, uma cultura eleita como modelo, necessária e providencial. Portanto isente de neutralidade ideológica, mas a serviço de uma perpetuação sistemática, no caso o processo de produção do mundo capitalista.

Em seu livro "A Reprodução", em parceria com Passeron, Bordieu analisa o sistema educacional francês dos anos 1960 e conclui que a escola exerce, principalmente sobre os alunos, uma perversa "Violência Simbólica", refletida na coação cultural e social da imposição de uma cultura de elite [9].

Por uma cultura dominante, entenda-se um conjunto de saberes, fontes de conhecimentos e atributos linguísticos e de postura corporal, adequados e, por conseguinte, o abandono de quaisquer rastros de uma cultura popular e localizada. Portanto, os alunos que, ao ingressarem no ambiente escolar, detenham maior coeficiente de capital cultural, semelhante a cultura de elite, estariam mais propensos ao sucesso em sua trajetória escolar. Por outro lado, os provenientes de meios sociais menos favorecidos desta cultura dominante, não só teriam dificuldades de adaptação a um sistema escolar elitizado, como também sofreriam um natural processo de exclusão, o que em muitos casos, concluí-se em fracassos [9].

Além do conceito de capital cultural, Bordieu chama de "habitus" a condição pelo qual este capital cultural, *a priori* inanimado, se incorpora à personalidade dos indivíduos, estabelecendo uma situação de estado de ser, de cunho social e psicológico, e portanto passível de transmissão e perpetuação entre as gerações. Neste caso, o capital cultural e suas consequências, vão se acumulando em todas as instituições: família, escola, trabalho, estado e na sociedade como um todo, reforçando ainda mais o estabelecimento de uma cultura de referencial.

Longe de ser uma unanimidade, as teorias de reprodução de Bordieu são muito questionadas, como comenta o professor da Universidade Federal de Minas Gerais: "A partir dos anos 80, as teorias da reprodução de Bordieu e Passeron passaram a ser muito combatidas pelo seu alto grau de pessimismo" [10].

Em verdade, Bordieu, por não ser por formação um educador, não estava interessado em resolver um problema educacional, mas de apontá-lo, deixando aos

especialistas da área a missão de procurar resolver um grave problema de ordem ideológica e que ainda hoje aflige os estudantes menos favorecidos socialmente.

Em relação à pesquisa educacional realizada em um tradicional colégio público da região central da cidade de Belém, como parte desta dissertação, é necessário afirmar que durante a execução dos trabalhos com as turmas no ano de 2016, ficou muito evidente o problema do capital cultural, quando se tentou, com pouca participação do professor orientador, que alunos de diversas origens e ainda pouco versados em assuntos de ciência e tecnologia, desenvolvessem uma pesquisa sistemática e de certa forma rígida em seus objetivos. O resultado foi desalentador, pois os alunos eram muito diferentes e o capital cultural, ou seja, o conhecimento prévio sobre os temas, era extremamente baixo. Apenas alguns alunos, com capital cultural um pouco mais desenvolvido, conseguiram fazer algum progresso. Estes resultados serviram de base para mudanças significativas para aplicação da pesquisa durante o ano de 2017, em particular após o estudo por nós desenvolvido, da teoria de Bordieu.

Capítulo 3

Ensino pela pesquisa: conceituação e levantamento

bibliográfico

Neste capítulo iremos esclarecer um tema importante, mas de certo modo, ainda desconhecido de muitos profissionais de ensino, o conceito de ensino pela pesquisa. Apesar do título generalizante, serão mostrados diversas formas de pesquisa por investigação, baseados em alguns artigos e trabalhos aplicados, sobre o tema.

3.1 Conceituação

A palavra pesquisa, no universo acadêmico, é sempre relacionada a uma atividade científica em que se busca uma resposta a um problema inicialmente proposto e com soluções previstas por hipóteses que devem ser comprovadas por procedimentos empíricos.

Podemos dizer que a abordagem de investigação na sala de aula, sem fugir a estes parâmetros gerais, tem como proposta interpor aos ambientes educacionais a premissa de Bachelard: “todo conhecimento é a resposta a um problema” [11].

A mudança de paradigma, em se tratando de ensino de ciências nas escolas, passa pelo desafio de tornar menos mecânico o processo de ensino aprendizagem, o que ocorre mesmo quando se conjuga ensino teórico com atividades práticas de pouca motivação intelectual. Isto leva a um aprendizado pouco significativo, manifestado por uma baixa retenção de conceitos teóricos, e com quase nenhum desenvolvimento de habilidades e competências mais gerais.

A proposta de ensino por sugestão de problemas, um dos modelos da abordagem de ensino investigativo, é bastante diferente do modelo convencional e fechado, ainda muito utilizado pelos alunos de ciências naturais e matemáticas, no qual listas de problemas, com soluções conhecidas, são propostas ao alunado com o intuito de promover o aprendizado da lógica de resolução.

O ensino por investigação tem como abordagem metodológica a sugestão de problemas abertos ou semiabertos, que vão requerer soluções por etapas, nas quais “descobertas” conceituais são assimiladas e internalizadas [12].

Uma questão se coloca de início: que passos devemos seguir para estabelecer uma abordagem didática de ensino por investigação? Para Gil e Castro (1996) o processo investigativo deve seguir as etapas:

a) Apresentar situações de problemas abertas:

Na escolha dos problemas, deve-se ter o cuidado de propor situações problema que não tenham uma solução prévia definida, ainda que não seja original. Por exemplo, o estudo da influência do grau de pureza do ar no rendimento de um pequeno motor de combustão, não tem uma resposta definida, ao contrário, ela vai depender da hipótese e procedimentos investigativos adotado [12]. Este é um exemplo de um problema aberto.

b) Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a importância da situação proposta:

Torna-se importante o debate prévio sobre os problemas e a metodologia, com os alunos envolvidos no processo, de maneira a provocar reflexões sobre o método proposto, sua importância para o desenvolvimento cultural e cognitivo dos alunos, bem como para estimulá-los às sucessivas etapas de descobertas.

c) Planejar e emitir hipóteses:

Para isto, uma instrução prévia se torna necessária, visto que a formulação das hipóteses deve surgir através do mínimo conhecimento científico sobre o problema proposto [14], sob risco de oferecer-se falsas hipóteses baseadas em conhecimento aparente o que pode acarretar procedimentos equivocados na pesquisa.

d) Propor uma análise detida dos resultados a luz do corpo de conhecimentos disponíveis, das hipóteses e das interações com outros alunos:

Muitos dos resultados serão qualitativos, resultantes de procedimentos experimentais. Por isso, é importante que as soluções sejam restritas às

informações conceituais predeterminadas nas hipóteses, adicionadas e modificadas por inferências empíricas. O aluno deve sempre se referenciar nisto, podendo alterar este referencial a medida que avançar nas descobertas, podendo até mesmo modificar a hipótese.

Um fator importante no processo de ensino por investigação é a influência da linguagem, visto que tanto nas fases de proposição do problema, como na formatação da hipótese, teremos a presença de processos cognitivos como a assimilação e internalização de conhecimentos, nos quais o significado dos signos, em que se revestem os conceitos científicos, se torna fundamental, Howe 1996, Jobim e Krammer 1991:72).

Labúru (2004) propõe uma sequência de etapas mais simplificada para uma abordagem didática investigativa:

a) Fenômeno:

Isto torna o problema mais abrangente, pois pode ser tanto um problema em aberto, ao estilo do *International Young Physicist Tournament (IYPT)* [15], como também a explicação de um experimento de kit experimental, assim como hipóteses sobre o funcionamento de um equipamento conhecido.

b) Hipótese:

Que pode ser sobre a solução, do problema aberto, sobre o resultado de um experimento em um kit didático, ou sobre os fenômenos físicos envolvidos no funcionamento de um equipamento.

c) Plano de trabalho:

Os alunos participantes da proposta devem ser informados previamente das etapas, procedimentos teóricos e experimentais, bem como dos recursos materiais e logísticos necessários. Deve-se ter também um cronograma das atividades a serem desenvolvidas.

d) Análise:

Etapa fundamental, onde os resultados observados e tabulados serão confrontados com as premissas das hipóteses, confirmados e/ou modificados a luz dos conhecimentos adquiridos durante todas as etapas da investigação. Apesar de compreender uma etapa experimental, o processo investigativo tende a fazer uma análise qualitativa, portanto conceitual, o que contribui para o crescimento do capital cultural e científico dos alunos.

3.2 Exemplos de atividades de pesquisa em educação utilizando ensino pela pesquisa

3.2.1 Ensino por Física por Investigação: O que aprenderam os alunos com o Torneio Internacional de Jovens Físicos [16]

Os autores fizeram uma pesquisa para avaliar o quanto de conhecimento era retido por alunos submetidos a metodologia do IYPT.

O próprio conceito de conhecimento foi estendido. Entendendo-se como tal, não só a aceção de teorias e práticas relativas a disciplina física, como também o entendimento crítico de todo processo epistemológico de pesquisa por investigação.

Partindo de premissas teóricas constando nos PCN's [17] e em trabalhos de autores como Moreira e Veit [18], os autores formataram o trabalho de campo com tres turmas de ensino integrado de uma escola de ensino médio profissionalizante. As regras de formatação dos grupos, bem como a metodologia aplicada seguiram, rigorosamente, as condições expostas no torneio.

Como a proposta era de acompanhamento e avaliação de aprendizado, os professores-pesquisadores procuraram mesclar análises quantitativas e qualitativas. Foram adotadas Unidades de Análises Construídas, que são critérios referenciais, pelos quais as atividades dos alunos seriam classificadas

O resultado final aponta pouco sucesso da experiência, pois, das três turmas formadas, apenas uma chegou ao final de todo processo. Também notou-se pouco aprendizado, tanto no conhecimento formal, no caso em assuntos de física propostos no IYPT 2015, como na mudança de comportamento metodológico, colocando assim em discussão o modelo IYPT como ferramenta de ensino de ciências.

3.2.2 Efeito MPEMBA: Desafios Para o Ensino de Termodinâmica a Partir de Problemas Abertos[19].

Neste trabalho, apresentado em um congresso sobre educação na Espanha, em 2017, os autores fazem uma análise do grau da resistência da aplicação deste método de problematização de um conceito físico.

Segundo o exposto, o efeito MPEMBA surgiu, quando um aluno, com este nome, questionou um professor porque leite quente congelava mais rápido do que leite frio, quando com um mesmo volume, um litro, por exemplo, eram colocados no refrigerador de uma geladeira no mesmo tempo.

A grande questão, relatada neste artigo, é que ao indagar o professor, o aluno recebeu como resposta que ele havia feito uma descoberta. Desconfiado deste resultado, o estudante procedeu a uma investigação histórica sobre o assunto e descobriu que em verdade, sob certas condições, o fenômeno era justificável pelas mesmas leis da termodinâmica. Ou seja, determinadas condições de temperatura, é possível leite quente resfriar mais rápido que leite frio.

O que Mpemba descobriu foi uma falha no método de investigação no ensino, quando ele é usado como um método fechado, sem margens para questionamentos teóricos e experimentais. Em verdade, o professor, como a maioria dos ministrantes de ciências, estava preparado para questionamentos com resultados previsíveis. Porém não para uma exceção, que como descobriu Mpemba, estava justificada em trabalhos anteriores.

Os autores deste artigo, então, submeteram alunos de licenciatura em Ciências, de uma faculdade, ao mesmo processo Mpemba, desde a sugestão do problema até a sua resolução, passando pela discussão crítica do método de investigação científica aplicada.

Na conclusão, os autores elencaram várias observações dos alunos participantes da pesquisa, onde fica bastante claro o grau de resistência ao método de investigação científica entre alguns alunos de cursos de licenciatura no Brasil.

3.2.3 Uma Proposta de Ensino Em Laboratórios Multidisciplinares: A Implementação do comitê científico na Escola Pública e a construção de um smart home usando Plataforma Arduino [20]

Neste trabalho, do polo 37 do MNPEF do ano de 2017, o professor Jefferson fundamenta a sistematização envolvida no desenvolvimento de um trabalho de investigação científica, utilizando-se de um laboratório multidisciplinar, sob coordenação do referido mestrando.

Segundo o exposto nesta obra, os laboratórios foram adquiridos pelo governo do estado do Pará por volta de 2005, para o estabelecimento de práticas laboratoriais de Física, Química e Matemática sem, no entanto, se referenciar em um modelo de utilização e método de trabalho.

O professor Jefferson, aproveitando o fato de ser o coordenador de um laboratório multidisciplinar em uma escola da rede pública da região metropolitana de Belém, formatou um projeto pelo qual os alunos seriam incentivados a desenvolver trabalhos investigativos. Os estudantes e professores participantes do projeto foram mais além, inclusive, na elaboração de novas práticas, como a construção de *smart home*, que vem a ser um projeto de casa automatizada, utilizando-se de conhecimentos de eletrônica, sensores, e programação. Tudo aconteceu em parceria com a Universidade Federal do Pará, que auxiliou o professor Jefferson no trabalho de proporcionar aos alunos as ferramentas técnicas e científicas para que os mesmos desenvolvessem esta pesquisa.

O aspecto pedagógico foi ressaltado, na medida que nesta dissertação houve referenciais teóricos de Lev Vigotsky e Carl Rogers. Isto é significativo, na medida que todo trabalho investigativo em equipes, como se propõe na pesquisa, passa pela problemática da interatividade entre seus membros.

Deve-se destacar, ainda, que ao desenvolver este trabalho com alunos da rede pública, o professor Jefferson propiciou uma evolução do próprio espaço pedagógico, tanto em referenciais como em métodos, visto que, por exemplo, no desenvolvimento da *smart home*, foram construídos desde a maquete de uma residência, assim como toda sua instalação elétrica, além de uma estação de bombeamento de água. Todo o sistema foi projetado para funcionar com sensores de humidade e interfaces para ligar e desligar

as lâmpadas da casa a distância, através de um *smartfone* sob o controle de uma placa microcontrolada arduíno.

3,2.4 Resolução de Problemas Abertos no Ensino de Física : Uma Revisão da Literatura [21]

Neste artigo, os autores fazem um trabalho de revisão, ou seja, levantamento bibliográfico sobre produções acadêmicas, versando sobre ensino de física com problemas abertos, nos últimos 20 anos.

Partindo de uma conceituação sobre problemas em aberto, e citando vários autores, como Clement e Terrazan, os autores procuram estabelecer, inicialmente, que paradigmas servem de referência para a caracterização de uma proposta didática com problema aberto.

Buscando delimitar a importância da aplicação desta metodologia, enquanto ensino, os autores procuraram nesta extensa pesquisa, detectar algumas questões importantes como:

- O perfil da produção acadêmica sobre problemas em aberto em física, nos últimos 20 anos;
- A conceituação mais aceita de ensino por problemas em aberto;
- Quais as metodologias estão disponíveis de pesquisa e ensino com problemas abertos.

O trabalho de revisão envolveu, principalmente, a leitura e classificação de revistas especializadas. Isto resultou na necessidade de leitura em vários idiomas, como português, espanhol e inglês. Consultou-se periódicos de 1996 a 2016, de revistas como *Physics Education*, *Ciência e Educação*, *Revista Brasileira De Ensino de Física*, *Journal of Science Education*, entre outras.

Passo seguinte, os autores partiram para a classificação, excluindo artigos não concernentes ao objeto da pesquisa, ou seja, ensino de Física por problemas em aberto. Foram descartados os que não se relacionavam a ensino, assim como os que a tratativa estava direcionada a assuntos tecnológicos, portanto não sendo de Física Básica.

Com um universo já bastante reduzido e direcionado, os autores puderam fazer a análise do perfil da produção acadêmica, chegando a três classificações básicas para os trabalhos analisados:

- Trabalhos de pesquisa;
- Proposta com aplicação;
- Apresentação de propostas.

Por último, o artigo cita um resultado estatístico sobre o nível de ensino aos quais os trabalhos são destinados, concluindo, que em sua maior parte, ainda se destina ao nível superior, com baixa destinação ao ensino médio e praticamente inexistente no nível fundamental.

Capítulo 4

Metodologia

Neste Capítulo, iremos descrever o modelo de trabalho adotado, no caso, uma variação da metodologia utilizada no IYPT. Será feito um relato sobre o ambiente de execução da pesquisa, o período de duração, bem como os procedimentos utilizados nos trabalhos executados pelas equipes formadas pelos alunos participantes e as inserções do professor orientador.

4.1 O locus da pesquisa

A pesquisa se desenvolve desde o ano de 2016, no Colégio Estadual Paes de Carvalho, uma tradicional escola pública de Belém, com mais de cento e cinquenta anos de atividades, e que atualmente atende a uma clientela de aproximadamente dois mil e quinhentos alunos com atividades exclusivas no ensino médio, com ênfase na preparação para o ENEM.

Belém do Pará é uma antiga cidade com fundação datada de 1616, ou seja, no primeiro período colonial. Em diferentes épocas experimentou períodos de pobreza e riqueza, como o período áureo da borracha, no século XIX. É uma cidade ainda em busca de uma definição econômica e social. Ainda assim, a cidade tem um IDH elevado, 0,746, o primeiro do estado do Pará, para uma população de mais de 1.400.000 habitantes [22].

O Colégio Estadual Paes de Carvalho, é a mais antiga instituição de ensino médio do Pará, surgido, ainda no tempo do segundo império, em 1871, como Lyceu Paraense. Posteriormente, com a proclamação da república, foi transformado em ginásio nacional, para posteriormente, ainda na década de 40 do século passado, chegar a denominação atual.

Funciona hoje em três turnos, apenas com turmas de ensino médio regular e médio técnico, com clientela aproximada de 1600 alunos [34].

Tanto em 2016 como em 2017, optou-se por trabalhar com três turmas do terceiro ano do ensino médio, com quarenta alunos em média por turma. Todas as aulas destas turmas acontecem no período vespertino, havendo uma carga horária semanal de Física de seis aulas de quarenta e cinco minutos.

A referência básica utilizada para a escolha dos problemas é o IYPT, que se fundamenta na sugestão de vários temas de Física a serem estudados, pesquisados, desenvolvidos e apresentados em formato de gincana de disputas entre vários grupos de alunos formados. Na proposta, os alunos contam com pouca participação dos professores orientadores, importando que os próprios participantes tenham a capacidade de dirimir suas dúvidas a medida que se aprofundam nas pesquisas dos temas escolhidos.

Para a execução de um projeto nesse formato na realidade educacional local, mudanças foram necessárias. Portanto, em nosso projeto, os temas sugeridos, em número de cinco, além de abordarem aspectos importantes da Física básica, apresentam forte caráter de contextualização com as engenharias. Trata-se de uma maneira de tornar mais acessível aos alunos os assuntos envolvidos aos temas escolhidos, uma vez que a tecnologia é algo que atrai os estudantes.

Obviamente que se levando em consideração as diferenças de locus e clientela entre o modelo referencial (IYPT) e o projeto desenvolvido no Paes de Carvalho, a avaliação teria que ter parâmetros diferenciados. Assim, embora as fases de pesquisa sejam semelhantes, e o resultado do trabalho desenvolvido seja apresentado também em uma gincana, o caráter competitivo, muito acentuado no IYPT, tende a ser atenuado no colégio, inclusive porque nesse caso o caráter pedagógico se fez mais presente: o desenvolvimento coletivo, de toda a turma, foi mais valorizado em comparação a talentos individuais. Portanto, aqui, a avaliação de caráter qualitativo se fez presente na análise generalizada dos textos pesquisados, dos experimentos desenvolvidos, da evolução da desenvoltura de apresentações e na percepção da espontaneidade na participação.

4.2 Descrição geral da abordagem didática

Tendo uma gincana como atividade final, em todas as três turmas participantes do projeto, os alunos foram divididos em grupos de cinco, os temas a serem abordados foram previamente apresentados (em uma aula), sendo então providenciado o sorteio dos temas entre os grupos, sendo eles para o ano de 2017, objeto principal dessa dissertação:

- a) célula de combustível;
- b) fibra óptica;
- c) levitação magnética;
- d) ondas estacionárias;
- e) turbinas fan.

As atividades propostas aos estudantes para serem desenvolvidas ao longo de cinco meses compreendem quatro etapas, abaixo listadas:

- E1) Pesquisa do IYPT e resumo teórico do tema sorteado;
- E2) Apresentação de um seminário sobre o tema sorteado;
- E3) Apresentação de um experimento, utilizando um kit sugerido pelo orientador;
- E4) Gincana.

Na etapa inicial - E1, o objetivo é de aproximar os estudantes dos temas sugeridos, onde primeiramente é determinada uma visita ao *site* do IYPT nacional para melhor conhecimento da metodologia base do projeto, com verificação da história da gincana, sua metodologia inicial, seu pós-desenvolvimento em mais de trinta anos de atividades, bem como o desenvolvimento dos temas pelos alunos participantes e um relato da participação brasileira no IYPT.

Na mesma etapa, uma pesquisa inicial sobre o tema sorteado ao grupo é solicitada. Nessa proposta, os alunos recorrem principalmente a *sites* na internet em busca de informações para a formatação de um resumo, composto de introdução, desenvolvimento e conclusão, de no máximo 3 folhas.

Na etapa E2, para a apresentação do seminário sobre o tema, dos alunos é exigida uma pesquisa mais completa sobre o tema, composta de introdução, histórico, princípios físicos envolvidos, aplicações tecnológicas e conclusão. Seguindo a proposta do IYPT, neste momento não é exigida a apresentação por todos alunos, mas sim por no máximo dois alunos por grupo. Após as apresentações, que são assistidas pelos professores orientadores e todos os demais alunos, os componentes são arguidos sobre os diversos tópicos apresentados.

Esta etapa não existe no modelo IYPT, que culmina todo o processo com a gincana de enfrentamento, onde são expostas as soluções teóricas e experimentais dos problemas sugeridos.

Em nosso modelo, em que a clientela é heterogênea, fez-se necessária uma adaptação metodológica no sentido de propiciar aos alunos um melhor capital cultural sobre os temas [35]. Assim, ao pesquisarem sobre os históricos dos temas, os alunos tem acesso a informações de como os temas, equipamentos e conceitos envolvidos foram cientificamente desenvolvidos ao longo do tempo.

O item do seminário que trata dos princípios físicos dos temas sorteados entre os grupo, tende a ressaltar a importância de se estudar alguns equipamentos, como turbinas fan por exemplo, em seu caráter científico, e não apenas fisiológico, de funcionamento. Houve essa preocupação visto que existe uma tendência, quase universal hoje, em se estudar os temas tecnológicos apenas por suas aplicações, esquecendo-se que seus princípios de construção e funcionamento que obedecem a leis científicas básicas.

Na etapa E3, para o desenvolvimento experimental dos temas, foi necessária uma adaptação do torneio IYPT à realidade da escola lócus da atividade, visto que os alunos do IYPT nacional e internacional são selecionados com o objetivo principal da busca de talentos em Física e áreas afins, tendo, portanto habilidades inatas em ciências exatas. No caso do colégio considerado, os alunos, por força de nosso sistema educacional, não são direcionados por áreas, e muitas vezes, o que é comum em muitas escolas públicas, sentem-se pouco a vontade em atividades de matemática e ciências. Portanto, exigir em cinco meses de projeto, que se dediquem integralmente a uma pesquisa de ciências e tecnologia é inexecutável.

A solução foi propor experimentos com kits prontos dos assuntos sorteados, onde os grupos tem a oportunidade de conhecer os equipamentos e os experimentos possíveis, ficando a critério dos mesmos que atividades serão apresentadas. A apresentação dos kits, bem como a realização de alguns experimentos com os mesmos fica sendo de responsabilidade do professor orientador do projeto. No caso aqui relatado, cinco kits foram adquiridos (Anexo A).

Capítulo 5

Os temas escolhidos

A escolha de temas para um projeto de investigação científica com alunos da rede pública nos moldes aqui apresentados é uma tarefa delicada e com sérias limitações, visto que, diferente de seu modelo de referência, o IYPT, não se trata de trabalhar com alunos selecionados e altamente vocacionados para estudos de Física e Matemática. Ao contrário, parte desses alunos convive diariamente no seu ambiente familiar com problemas sociais e/ou comportamentais, que de alguma forma se refletem em dificuldades cognitivas. Não é difícil imaginar que alunos com esse perfil em geral tem pouca proximidade com tarefas de conteúdo laborioso e introspectivo.

Consciente destas diferenças, os temas a serem abordados foram escolhidos buscando uma contextualização com assuntos de alguma forma presentes no cotidiano dos estudantes. Foram priorizados temas tecnológicos, de forma a facilitar a motivação dos alunos, além de facilitar a utilização de modelos práticos na gincana. Tudo sem esquecer os princípios físicos e a Matemática envolvida nas pesquisas dos temas.

Os temas escolhidos foram fibra óptica, célula de hidrogênio, levitação magnética, ondas estacionárias e turbinas fan.

Na próxima seção é apresentada a fundamentação teórica dos temas citados acima.

5.1 Fundamentação teórica dos temas

Em todos os assuntos (Fibra óptica, Turbinas Fan, Levitação Magnética, Ondas Estacionárias e Células de Hidrogênio) a ênfase da discussão será na abordagem dos princípios físicos que regem os funcionamentos de suas aplicações. O objetivo desse texto é fornecer ao professor de ensino médio que queira trabalhar com algum desses temas, o domínio mínimo dos conceitos relevantes. Os materiais didáticos utilizados com os estudantes de ensino médio são apresentados no produto educacional, Apêndice 1. No final, iremos apresentar as propostas didáticas de experimentos a serem apresentados na gincana, como última fase das apresentações.

5.1.1 Fibras ópticas

Uma fibra óptica é constituída de um fio longo composto de três camadas: núcleo, camada refletora e camada de revestimento. Quando um raio luminoso é

introduzido, sob um determinado ângulo em relação ao eixo de simetria, em uma das extremidades da fibra, sucessivas reflexões internas ocorrem e o raio luminoso é ejetado, na outra extremidade do tubo, sob o mesmo ângulo de entrada. A Figura 1 ,apresenta um modelo de fibra óptica.

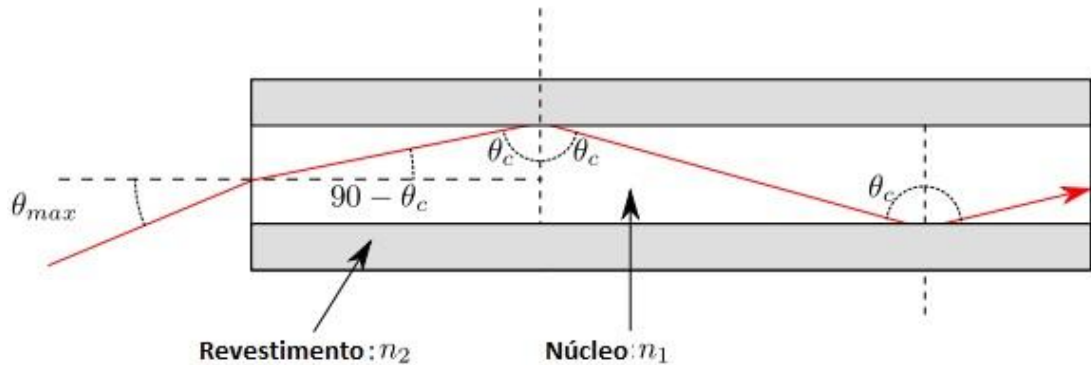


Fig 1 – Propagação de raios luminosos em uma fibra óptica [24]

Para que ocorram as sucessivas reflexões internas do raio luminoso no interior da fibra óptica, faz-se necessário as seguintes condições:

- a) O índice de refração do material do núcleo da fibra (n_1), deve maior que o índice de refração da camada refratora (n_2), que envolve o núcleo. Isto obedece ao princípio de reflexão interna, quando um raio luminoso ao passar para um meio mais refringente, sofre afastamento em relação a uma normal de incidência.
- b) Os raios incidentes, por uma das extremidades da fibra, devem estar contidos no cone de incidência, que é o lugar geométrico de todos os raios incidentes capazes de serem conduzidos por uma fibra.

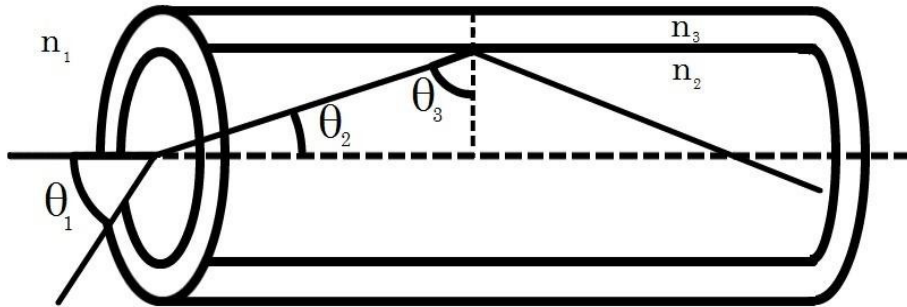


Fig 2 – Modelo geométrico do interior de uma fibra óptica [25].

Na figura 2, temos a representação do modelo geométrico padrão de propagação de um raio luminoso, que incide em uma extremidade da fibra com ângulo de incidência θ_1 , onde n_1 é o índice de refração do ar, n_2 é o índice de refração do núcleo da fibra, e n_3 o índice de refração da camada refratora. Podemos então estabelecer o lugar geométrico dos raios incidentes, calculando o máximo ângulo θ_1 de incidência na fibra. Para este valor máximo, o ângulo de refração será de 90 graus. Assim, usando a lei de Snell-Descartes, temos:

$$n_2 \cdot \text{sen } \theta_3 = n_3 \cdot \text{sen } 90,$$

ou

$$\text{sen } \theta_3 = n_3/n_2. \quad (01)$$

Podemos ver ainda que $\theta_2 = 90 - \theta_3$, e portanto $\text{sen } \theta_2 = \text{cos } \theta_3$. Já na incidência externa temos:

$$n_1 \cdot \text{sen } \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen } \theta_2$$

e usando o valor para o índice de refração do ar como sendo aproximadamente 1, chegamos a:

$$\text{sen } \theta_1 = n_2 \cdot \text{cos } \theta_3. \quad (02)$$

Por outro lado, usando a fórmula fundamental da trigonometria e a Eq. (01), temos que:

$$(\text{cos } \theta_3)^2 = 1 - (n_3/n_2)^2. \quad (03)$$

Substituindo o resultado acima na Eq. (02), obtemos o valor de ângulo de incidência máximo para que haja propagação da onda eletromagnética dentro da fibra óptica como sendo:

$$\theta_1 = \text{arc sen raiz } (n_2^2 - n_3^2) \quad (04)$$

Para o modelo didático de fibra óptica a ser usado no projeto, foi adquirido um kit educacional (*Educational Fiber Optics*), fabricado pela empresa norte-americana *Industrial Fiber Optics* (Figura 3). O kit é composto, basicamente de vários tipos de fibras ópticas, de calibres e revestimentos diferentes, além de filtros, lentes, espelhos planos, tubos de engates e um manual, em inglês, com explicação detalhada sobre os componentes e com roteiros de experimentos. O objetivo do trabalho não foi seguir o roteiro experimental. Mas sim, que o material adquirido fosse disponibilizado a todos os alunos, pesquisadores do tema, de forma que pudessem utilizar o material em outros experimentos não descritos no manual do kit.



Fig 3 – Kit Didático de Fibra Óptica [26]

5.1.2 Turbinas Fan

Ainda durante a segunda guerra mundial, *Sir* Frank Whittle, na Inglaterra, e Hans Von Ohain, na Alemanha, conseguiram, quase no mesmo período, estabelecer as condições técnicas necessárias para a construção de um turbo jato (Figura 4). O objetivo era dotar as aeronaves de guerra com motores de reação, que pudessem conferir mais velocidade aos aviões de caça. A idéia principal era a utilização de um compressor de ar, seguido de uma câmara de combustão, onde o ar comprimido seria queimado com um

combustível, gasolina ou diesel, gerando grande energia cinética, que seria utilizada para movimentar uma turbina, ligada ao mesmo eixo do compressor. Assim, Inglaterra e Alemanha conseguiram, antes do final do conflito, projetar modelos experimentais a partir da utilização de turbinas em substituição aos motores de hélices. A Alemanha chegou a lançar, com sucesso, o ME-216, um pequeno caça com dois motores, equipados com turbinas de reação[27].



Fig. 4 – Turbojato – J85- CJ-610 [27]

Com o final do conflito, o objetivo passou a ser adaptar a nova tecnologia a insurgente aviação comercial. Porém, a adaptação do jato puro tornou-se, de certa forma, inviável, pelo alto custo de operação e manutenção, além dos riscos de acidentes. A solução viria com um modelo que, em parte, recuperaria a antiga propulsão a hélice: a turbina Fan.

O motor de turbina fan foi uma evolução do motor turbojato, na medida que foi se aumentando o diâmetro do compressor de ar de baixa pressão até os limites de exceder-se o diâmetro para a entrada da câmara de combustão. Desta forma, uma parte considerável do volume de ar, comprimido pela fan, é direcionado, pela parte externa da câmara de combustão, até o bocal de saída, contribuindo para as forças de ação e reação de impulso para o motor. A parte do ar, não derivada, é direcionada pelo compressor de alta pressão para a câmara de combustão, onde tal como no motor turbojato, uma reação química de combustão gera uma grande energia cinética nos gases de combustão que em consequência, serão direcionados às turbinas de baixa e alta, para a transformação

em energia mecânica de rotação. Como as turbinas são acopladas ao eixo da fan, isto aumenta mais ainda a quantidade de ar pressurizado para escape pelo bocal. A Figura 5, mostra uma turbina fan em corte com suas partes principais.

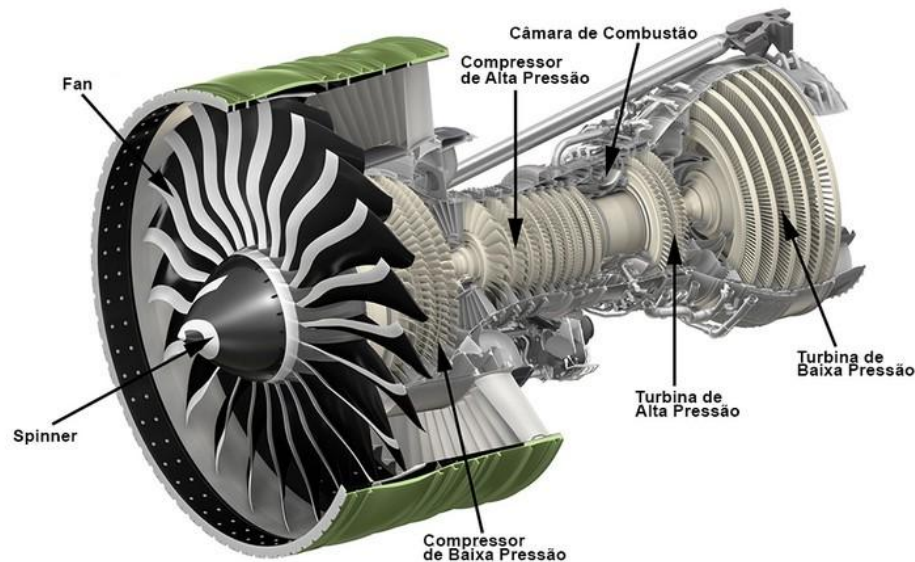


Fig 5 – Turbina Fan [28]

As turbinas fan, como outros motores de reação objetivam, através de sistemas termomecânicos, uma variação da quantidade de movimento nos motores, de maneira a gerar uma aceleração progressiva nestes. Assim, estes motores são dimensionados como sistemas de massa variável, onde a variação de massa de ar de controle na turbina provoca o impulso desta.

Para entender o princípio básico de funcionamento, pela segunda lei de Newton teremos (vamos considerar por simplicidade e sem perda de generalidade na discussão, o movimento em uma única dimensão):

$$F = dp/dt , \quad \text{com } P = mv.$$

Para um sistema com massa variável, reescrevemos a segunda lei como:

$$F = (dm/dt).v1 + m.(dv2/dt).$$

Se o sistema for isolado, tal que $F=0$, teremos então:

$$(dm/dt).v_1 = - m.(dv_2/dt),$$

onde $(dm/dt).v_1$ é a força de escapamento do ar e $-m.(dv_2/dt)$ é a força de impulsão no motor [29].

No caso da turbina fan, a perda de massa dm/dt , é compensada pela entrada de ar na entrada do motor. Assim trata-se de um sistema de massa variável com fluxo contínuo de ar. Obviamente, este modelo é bastante simplificado e explica apenas de forma mecânica o funcionamento do motor fan. Uma análise mais profunda envolveria equações de fluxo de ar e termodinâmica de combustão, o que fugiria ao escopo da proposta dessa dissertação.

Para o modelo didático a ser utilizado no ensino médio, tratando-se de um equipamento sofisticado, ainda que em escala de tamanho reduzido, optou-se por um modelo de referência que ficasse mais próximo do motor de turbina fan em seus efeitos. A solução foi a aquisição de um kit de turbina elétrica de aeromodelo. As Figuras 6 a 8 mostram os componentes do kit.



Fig. 6 - Turbina elétrica edf [30] 70 mm

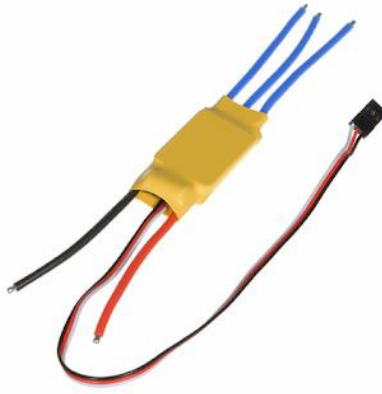


Fig. 7 Esc: Speed Control para turbinas eléctricas [31]



Fig. 8 Bateria eléctrica para motor de turbinas eléctricas [32].

5.1.3 Células de hidrogênio

Embora seja um assunto de relativa atualidade, a célula de hidrogênio foi concebida em 1839, pelo cientista britânico *Sir* William Groves. Em função da pouca aplicabilidade, naquela época ela foi relegada ao esquecimento. Somente com o advento de políticas de utilização de energias renováveis e de baixa contaminação de recursos ambientais, é que pesquisas com pilhas de hidrogênio foram retomadas [33].

Em sua estrutura básica, uma célula de hidrogênio pouco difere de uma pilha química comum. É composta de dois eletrodos, catodo e anodo, além de um eletrólito sólido condutor de íons positivos, chamada de pem. A Figura 9, mostra os componentes principais de uma célula de hidrogênio. Nota-se que, basicamente, temos duas reações químicas nos eletrodos [35].

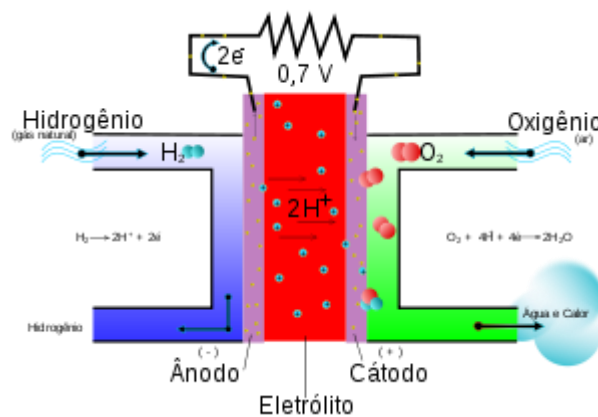
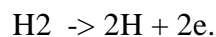


Fig. 9 - Esquema de uma Célula de Hidrogênio [34].

No anodo acontece uma reação de oxidação, ou seja, uma perda de elétrons,



Já no catodo, ocorre uma reação de redução, com ganho de elétrons [35]



O produto final das reações é uma substância conhecida e reciclável: a água. O maior problema das reações de oxi-redução neta célula reside no fato que para um bom rendimento é necessário que muitos íons positivos sejam gerados no anodo. Este

processo é chamado de catálise, e a substância responsável pela aceleração desta reação é chamada de catalisador [35].

Em um processo catalítico na célula de hidrogênio, Figura 10, o gás hidrogênio atravessa a camada anódica, através de porosidades, e entra em contato com nanopartículas de prata: partículas catalisadoras, que vão acelerar a quebra das moléculas de hidrogênio, liberando prótons e elétrons.

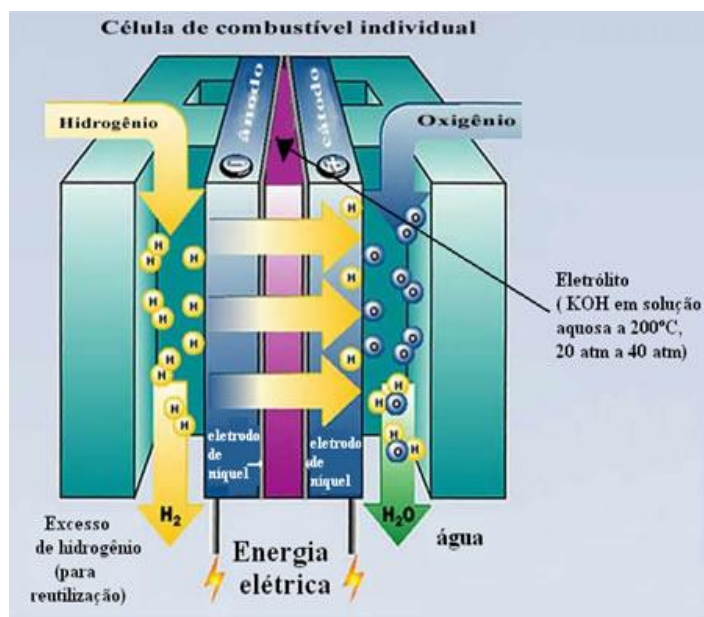


Fig 10 – Processo de eletrocatalise em uma célula de hidrogênio[35].

Os prótons serão conduzidos por uma camada polimérica, chamada de pem, em direção ao catodo, onde uma outra camada catalítica irá completar a reação de redução.

A máxima tensão elétrica que se consegue em uma célula de hidrogênio simples é de 1,28 V. Porém este é um valor teórico. Na prática, como o rendimento nas melhores células não ultrapassa a marca de 80 por cento, o valor, em regime laboratorial é de 0,7 V. Este valor pode ser bastante ampliado, utilizando-se células de hidrogênio compostas, também chamadas de *stack*.

A utilização de platina como elemento catalisador nas células de hidrogênio, constiu-se um grave desvantagem, visto que a disponibilidade e preço deste material, que é mais caro que o ouro, inviabilizam uma substituição imediata das tecnologias fósseis por este tipo de tecnologia alternativa de produção de energia elétrica. Porém, a despeito deste problema, toda a parte científica e tecnológica já está em acelerado

desenvolvimento. Várias aplicações, como veículos automotores, geradores elétricos, pilhas domésticas e outros já se encontram na condição de comercialização, ainda que a um custo elevado.

Para o modelo didático da célula de hidrogênio, optou-se pela utilização de um kit de célula de célula de hidrogênio, Figura 11, composto de uma célula de hidrogênio reversível, quatro tubos plásticos, duas seringas plásticas, um Transistor BC-547, um pequeno fan elétrico e dois Leds.



Fig. 11 – Modelo de kit Didático de Célula de Hidrogênio [36].

5.1.4 Ondas Estacionárias

A melhor forma de exemplificar uma onda estacionária é através do modelo físico onde uma corda inextensível, inicialmente em repouso e presa em uma das extremidades, é posta a oscilar transversalmente na outra extremidade. A imagem de cima da Figura 12 ilustra uma onda progressiva que se propaga com uma certa velocidade v . Ao chegar na extremidade fixa, a onda sofrerá oposição de fase e, uma outra onda, com mesma velocidade, comprimento de onda e frequência irá se propagar em sentido oposto à onda incidente [37].

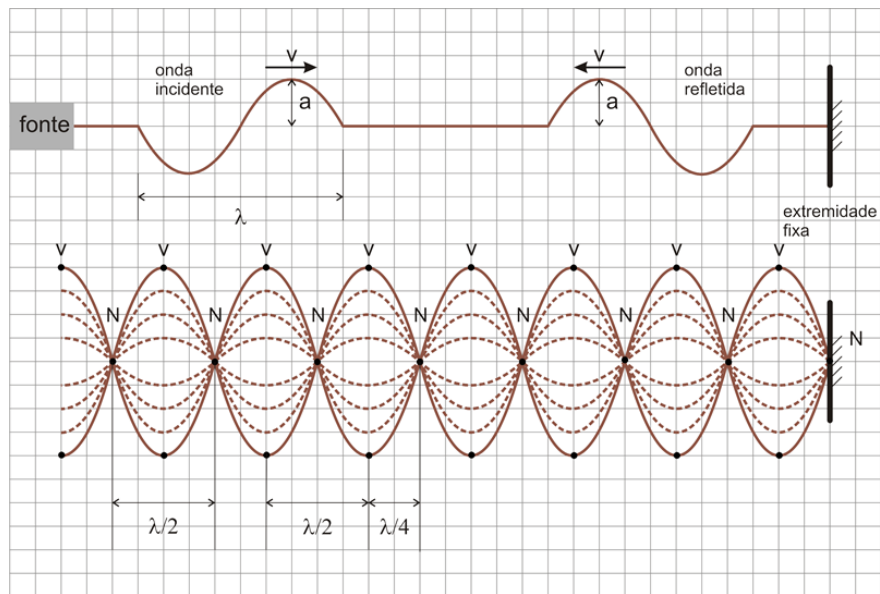


Fig 12 – Ondas estacionárias, com formações de nós e ventres [37].

Do ponto de vista físico, teremos os fenômenos da superposição de ondas, com formação de ventres V, em regiões construtivas e de nós N, em regiões destrutivas, como mostrado na Figura 12.

Matematicamente isto pode ser comprovado, considerando-se uma onda progressiva incidente, para a qual a equação respectiva será:

$$Y_1 = A \cos (kx-wt),$$

onde A, k e w são a amplitude, número de onda e frequência angular, respectivamente. Quando esta onda incidente sofrer inversão de fase no ponto fixo , teremos uma segunda onda dada por:

$$Y_2 = A \cos (kx+wt).$$

Na superposição teremos:

$$\begin{aligned} Y &= Y_1 + Y_2 \\ &= A \cos (kx-wt) + A \cos (kx+wt). \end{aligned}$$

Desenvolvendo a equação acima, teremos:

$$Y = A \cos kx \cdot \cos wt - A \sin kx \cdot \sin wt + A \cos kx \cdot \cos wt + A \sin kx \cdot \sin wt$$

$$= 2 A \cos kx \cdot \cos \omega t.$$

Uma análise desta equação indica que a amplitude A , que era uma constante nas ondas progressivas, passa a ser uma função da posição, pois:

$$Ae = 2A \cos kx,$$

onde $k = 2\pi/L$, sendo L o comprimento da corda. Em função do comprimento de onda e da distância entre as extremidades da corda, podemos ter a formação de vários modos de onda vibração, como mostra a Figura 14 [38].

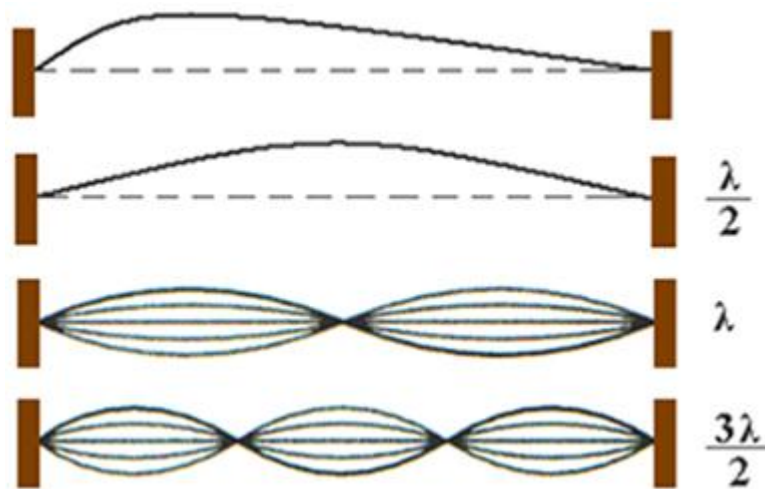


Fig. 13 Modos de vibração de uma onda estacionária[38].

O primeiro modo, com um ventre e dois nós implica em:

$$\lambda / 2 = L.$$

Para o segundo modo teremos:

$$\lambda = L.$$

Logo,

$$\lambda = 2L/3.$$

Para o modelo didático de ondas estacionárias, optou-se por um equipamento de referência capaz de produzir ondas estacionárias através das vibrações de um alto-falante (Figura 15). Evidentemente, fez-se necessário a utilização de um gerador de sinais capazes de

produzir vibrações observáveis. O kit é composto por um pequeno alto-falante, uma pequena haste de madeira, uma base de fixação de madeira, fios de nylon- 60 cm e um gerador de sinais (saída de áudio de um computador, por exemplo).

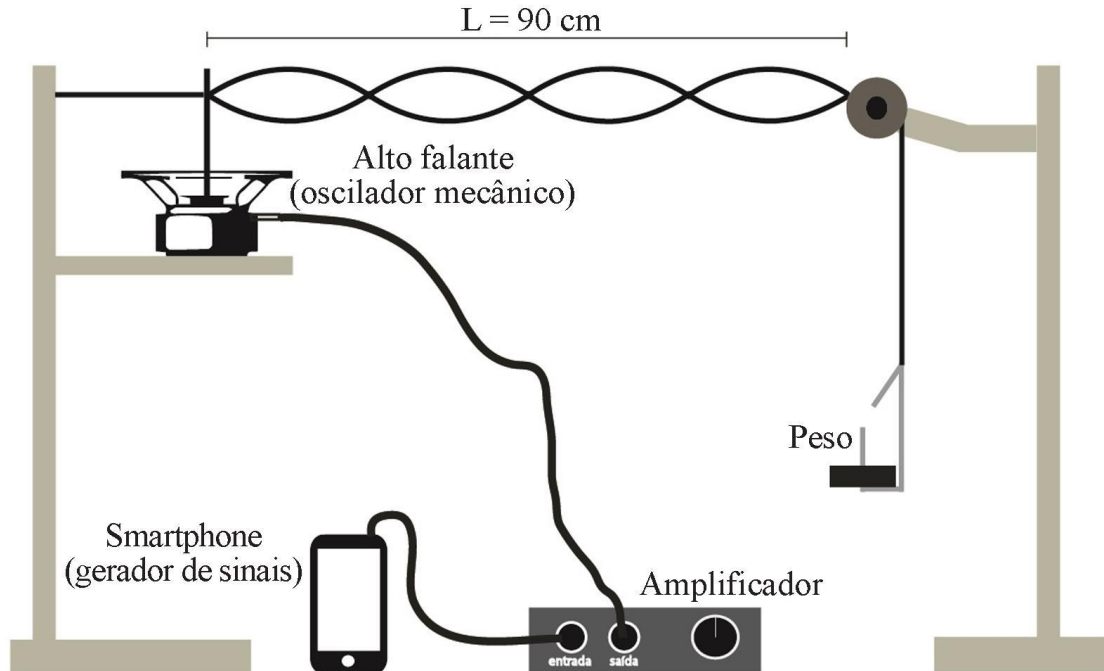


Fig. 14 – Esquema de Experimento de Ondas Estacionárias [39].

5.1.5 Levitação Magnética

A palavra levitar, em física, significa colocar um corpo em suspenso, com seu peso anulado por uma força em sentido contrário. Isto pode ser conseguido, através do magnetismo, de várias maneiras. A forma mais simples de levitação magnética é a repulsão simples entre dois ímãs permanentes, como mostrado na Fig.16. A explicação física para este fenômeno reside nas ações mútuas dos campos magnéticos de um ímã em relação ao outro. Como os materiais são ferromagnéticos, isto gera forças de interação repulsivas, pois, nos dois ímãs são gerados dipolos magnéticos repulsantes [40].

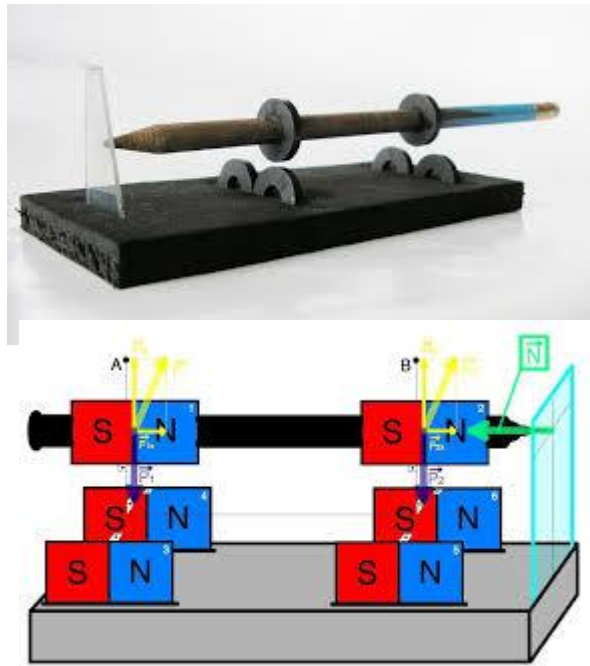


Fig. 15 – Levitação Magnética com Imãs Permanentes[40].

Na levitação eletromagnética, a única diferença para os imãs permanentes é o fato, descoberto por Oersted no início do século XX, que um condutor elétrico, percorrido por uma corrente elétrica, gera um campo magnético. Podemos então utilizar duas espiras, percorridas por correntes elétricas contínuas, e nas extremidades teremos a formação de dipolos magnéticos, o que magneticamente, equivalem aos imãs permanentes. Isto pode ser observado na Fig 17 [41].

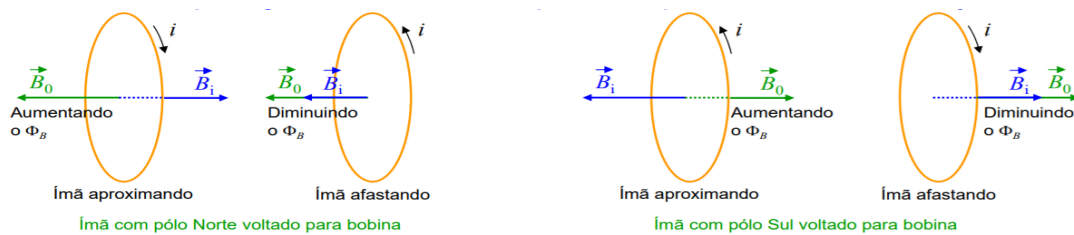


Fig.16 – Atração e Repulsão Entre Espiras Condutoras [42]

A levitação diamagnética é um caso mais nobre, visto que é baseada, fundamentalmente, na lei de Faraday-Lenz, que prevê que um material, sujeito a um fluxo magnético variável, é percorrido, em seu interior, por correntes induzidas, que vão

gerar dipolos magnéticos. Se o material que recebe o fluxo magnético for ferromagnético, ele será atraído. Para materiais diamagnéticos, como o carbono e o bismuto, esses dipolos magnéticos se alinharão no sentido de se opor ao campo que lhe deu origem. Se a força magnética gerada for maior ou igual ao peso do corpo teremos a levitação diamagnética (Fig 19) [43].

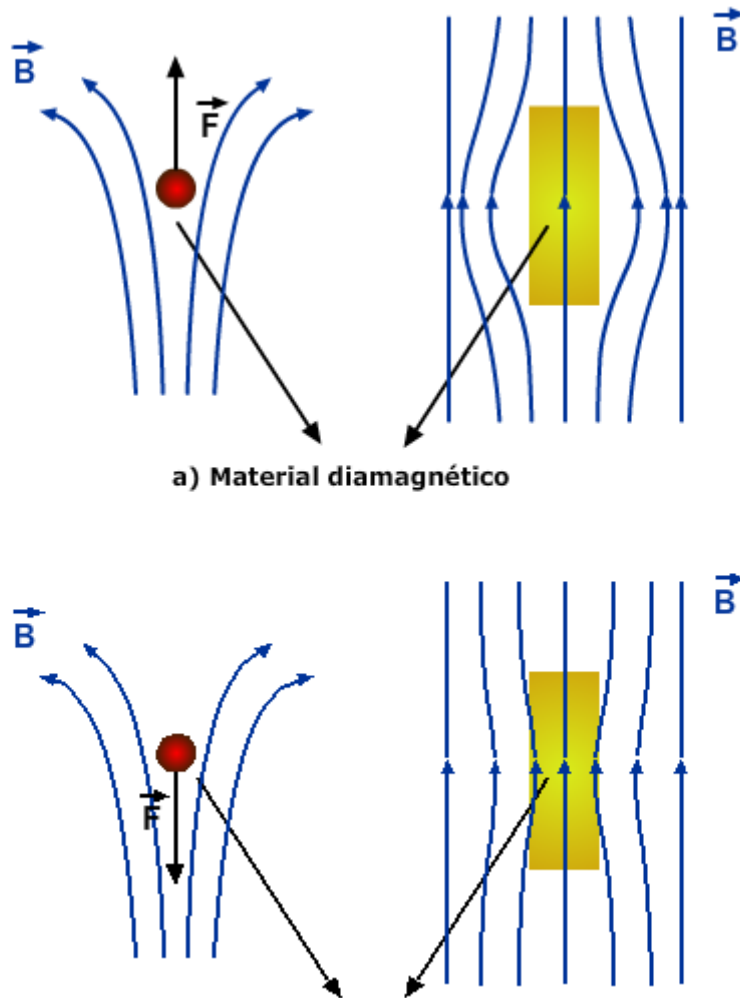


Fig 17– Levitação Diamagnética [43].

Capítulo 6

Desenvolvimento das atividades

Vamos aqui, fazer um relato mais aprofundado de todas as atividades desenvolvidas pelas equipes participantes da pesquisa. A partir das orientações do professor orientador, os alunos realizaram pesquisas básicas teóricas, prepararam seminários sobre os temas e se prepararam durante quatro meses para a culminância do processo: a gincana.

6.1 Ano de 2016

No primeiro ano de uso da metodologia, foram utilizadas três turmas do terceiro ano, tendo em média cada uma delas trinta e cinco alunos. Os estudantes foram divididos em equipes de cinco e a estes foram propostas os seguintes temas: levitação magnética, células de combustível, motor Stirling e fibras ópticas. Os temas foram sorteados entre os grupos por sala, porém houve desistências, decorrentes de fatores como evasão escolar e pouca disponibilidade para a realização dos trabalhos. As atividades valeram por uma parte das notas bimestrais de física.

Seguindo o modelo metodológico do IYPT, foram determinadas três atividades, assim distribuídas:

01)- Resumo teórico do tema, apresentado com defesa, em formato digitalizado, apresentado no mês de junho, contendo Introdução, Histórico, Princípios Físicos, Modelo e Aplicações Tecnológicas, Conclusões.

02)- Gincana, com disputas entre os grupos formados na mesma sala, obedecendo o formato de uma apresentação prévia do assunto investigado, seguida da apresentação de um experimento relacionado ao tema, e posteriormente uma sessão de perguntas, realizadas pela equipe oponente. Esta fase realizou-se no mês de outubro.

Vários aspectos externos ao projeto em si afetaram diretamente o desenvolvimento das atividades. Citamos inicialmente que este ano foi bastante conturbado no ambiente escolar pois o período letivo começou somente em maio, devido a uma reposição de greve de professores, que culminou com o encurtamento do período letivo. Desnecessário dizer que isto afetou a motivação dos alunos para uma investigação científica.

Em relação a atuação do professor coordenador, nos seus trabalhos de orientação, motivação e promoção de ações interrelacionais, houve falhas no sentido de um distanciamento do processo, colocando-se na figura menos de colaborador e mais de julgador em relação às atividades propostas. Isto o levou a desconsiderar o problema do capital cultural formal, citado por Bordieu, que em geral, em escolas públicas é muito baixo.

Foram propostos temas de tecnologia, sem que houvesse, por parte do professor orientador, uma sondagem prévia, e/ou uma discussão, por sala, primeiro sobre o objetivo do trabalho proposto e depois sobre os próprios temas e que descobriu-se depois, eram completamente desconhecidos pela grande maioria dos alunos.

Este distanciamento originou conflitos entre professor e os alunos, com estes acusando o mestre de, antes de tudo, querer colocar em evidência a sua ignorância sobre os temas.

Não foi ainda incentivado o trabalho interrelacional, de maneira a fazer com que os alunos trocassem experiências e que houvesse a manifestação de talentos que pudessem ajudar no processo. O entedimento mais profundo do que estava acontecendo só foi possível após a leitura dos trabalhos de Bordieu, que fizeram com que o professor refletisse sobre a sua prática e propusesse mudanças no segundo ano de aplicação do projeto.

Mais especificamente sobre cada uma das etapas da proposta desenvolvida no ano de 2016, a primeira fase, de exposição dos temas em seminários, transcorreu com certa normalidade, embora, excetuando-se apenas dois trabalhos, tenha-se notado uma grande dificuldade para assimilação e apresentação dos temas.

Transparências apresentados, em formato powerpoint, em geral apresentavam poucas gravuras e desenhos, e textos longos, que eram lidos pelos expositores. Não houve, portanto, um bom aproveitamento das investigações propostas.

Em relação à segunda fase, havia, de certa forma, uma boa expectativa por parte do professor orientador, pois apostava-se no advento da disputa entre os grupos para que se melhorasse a questão motivacional.

Das três salas convocadas para a gincana, apenas uma apresentou-se no formato exigido. Houve as seguintes disputas:

- 1- Levitação Magnética x Fibra óptica;

2- Célula de Combustível x Motor Stirl.

Embora com padrões de perguntas e repostas bem simplórias entre os componentes dessas equipes, houve uma tentativa de assimilação e evolução sobre os temas pesquisados. Apenas a equipe de fibra óptica apresentou um experimento utilizando a condução de *laser* por um filme de água, uma simulação de fibra óptica. As demais equipes apenas apresentaram desenhos de experimentos.

As equipes das outras turmas mostraram-se incapazes de realizar a disputa, seja por despreparo teórico e por ausência de componentes.

Em resumo podemos considerar que, por todos os motivos expostos acima, a experiência de investigação científica não funcionou a contento nessas turmas. Reflexões e discussões sobre as falhas observadas serviram de base para a reestruturação do projeto, para ser aplicado no ano de 2017.

6.2 Ano de 2017

Novamente a proposta foi aplicada em turmas de terceiro ano da mesma instituição de 2016, em um total de cento e cinco alunos. Inicialmente, foram distribuídos os seguintes temas entre os grupos: células de hidrogênio, levitação magnética, fibras ópticas, ondas estacionárias e turbinas Fan. A seguir vamos relatar o desenvolvimento das atividades.

6.2.1 Fase 1 – Pesquisa Básica sobre o IYPT e sobre o tema sorteado por equipe

Todas as equipes conseguiram fazer e apresentar as pesquisas, no formato escrito em *power point*, com posterior apresentação e defesa perante o professor orientador e demais integrantes das outras equipes. Ainda assim, considerou-se que embora o tempo destinado aos trabalhos tenha sido suficiente - mais de um mês - muitas pesquisas, em percentual próximo a cinquenta por cento, apresentaram textos repetidos de outros trabalhos apresentados.

Em relação às defesas, pôde-se observar uma evolução considerável em relação aos trabalhos de 2016, pois os alunos escolhidos pelos colegas para apresentarem os

trabalhos comportaram-se, em média, muito bem, demonstrando boa oratória e bom conhecimento sobre os temas pesquisados.

Quanto aos formatos, todos os trabalhos seguiram os roteiros na apresentação da proposta, com introdução, histórico, princípio físico e aplicações tecnológicas. O objetivo desta fase era de aproximar os alunos cognitivamente do tema, além de promover ações de interatividade entre os grupos e entre os grupos e o professor. Podemos então dizer que o resultado foi satisfatório, o professor saindo de sua posição distanciada, ocorrida nos trabalhos de 2016, e participando de maneira a quase se tornar integrante das pesquisas, promovendo debates, orientações e colocando-se a disposição dos alunos para dirimir quaisquer dúvidas sobre os temas.

Em relação a interatividade entre os alunos, foi observado que alguns alunos mais interessados e com capital cultural acima da média, se dispuseram a compartilhar seus conhecimentos e habilidades com outros colegas. Isto aconteceu com pelo menos seis alunos e ajudou muito o desenvolvimento das fases posteriores. Porém, houve também algum conflito entre alguns alunos com maior capital cultural mas com pouca habilidade social e o resto das turmas.

6.2.2 Fase 2 - Seminários sobre os temas

Nesta fase, incluída na aplicação de 2017, buscou-se uma melhor compreensão dos conhecimentos sobre os temas, por parte dos alunos participantes, visto que, conforme anteriormente comentado, foi constatado o baixo capital cultural em relação a temas relacionados a ciência e tecnologia. Seria necessário, então, que os alunos fossem submetidos a um processo expositivo, onde suas habilidades cognitivas fossem melhor observadas.

Todas as equipes se apresentaram nos seminários, mostrando basicamente, como havia sido determinada pelo professor, uma seqüência composta de histórico, introdução, princípios físicos, aplicações tecnológicas, conclusões e referências bibliográficas. O item sobre Princípios Físicos foi uma inserção necessária, com o objetivo de aproximar o aluno do conceito físico básico referente ao tema trabalhado, pois ainda que que o assunto tivesse uma forte caracterização tecnológica, como as turbinas fan, por exemplo, princípios físicos básicos poderiam fundamentar seu funcionamento.

A aplicação tecnológica, por outro lado, teve como objetivo contextualizar o tema e preparar o aluno para a formatação de um experimento a ser exposto na fase 3, a gincana.

6.2.3 Fase 3 – Gincana

Como a própria denominação indica, nesta fase as equipes formadas se enfrentaram de acordo com certas condições estabelecidas. Uma exposição prévia foi feita por cada uma das equipes, contendo um breve resumo sobre o tema e um experimento exposto. Em seguida, após a demonstração do experimento, a equipe sorteada como oponente teve dez minutos para o desenvolvimento de perguntas, no total de cinco. Perguntas respondidas corretamente por qualquer membro da equipe oponente acrescentava 1,0 ponto a todos os componentes da equipe. Pergunta feita, não respondida adequadamente, daria a pontuação a equipe autora. A apresentação correta do experimento, com explicação fundamentada em conceitos físicos e correção nos procedimentos, rendeu no máximo 4 pontos por equipe.

Todas as equipes, no total de 20, participaram da gincana, com sorteio de equipes oponentes e enfrentamento único. Não houve formação de chaves. Foi estabelecida uma ordem de enfrentamento pelo professor e a gincana realizou-se por todo uma semana do mes de dezembro de 2017, no contraturno das aulas regulares dos estudantes, durante três horas diárias.

As seguintes regras foram estabelecidas para as atividades da gincana:

- 01 – As apresentações deveriam seguir os roteiros estabelecidos: introdução teórica, explicação e apresentação dos experimentos, perguntas e respostas;
- 02 - O tempo máximo para a exposição foi de 25 minutos;
- 03 – Tempo máximo por pergunta foi fixado em três minutos e tempo máximo para resposta foi de cinco minutos;
- 04 – Qualquer componente da equipe poderia participar das perguntas e respostas. Os pontos conquistados eram computados para todos os membros da equipe;
- 05 – Pergunta feita a equipe oponente, não respondida, ou não respondida corretamente, gerava um ponto à equipe autora da pergunta;
- 06 – Resposta correta, de qualquer membro da equipe, gerava um ponto a todos os membros da equipe;

- 07 – A apresentação correta do experimento, gerava no máximo cinco pontos a todos os membros da equipe;
- 08 – Haveria apenas uma única disputa entre duas equipes, escolhidas por sorteio;
- 09 – O professor orientador foi o juiz nas questões referentes a julgamento das perguntas e respostas, bem como das avaliações dos experimentos;
- 10 – O líder da equipe, poderia solicitar, verbalmente, reavaliação de pontos.
- 11 – Ao final de todas as disputas, as equipes com maiores pontuações seriam declaradas vencedoras e receberiam prêmios relativos às tres primeiras colocações.

As fotos 6.1 a 6.3 mostram alguns momentos dos trabalhos desenvolvidos.

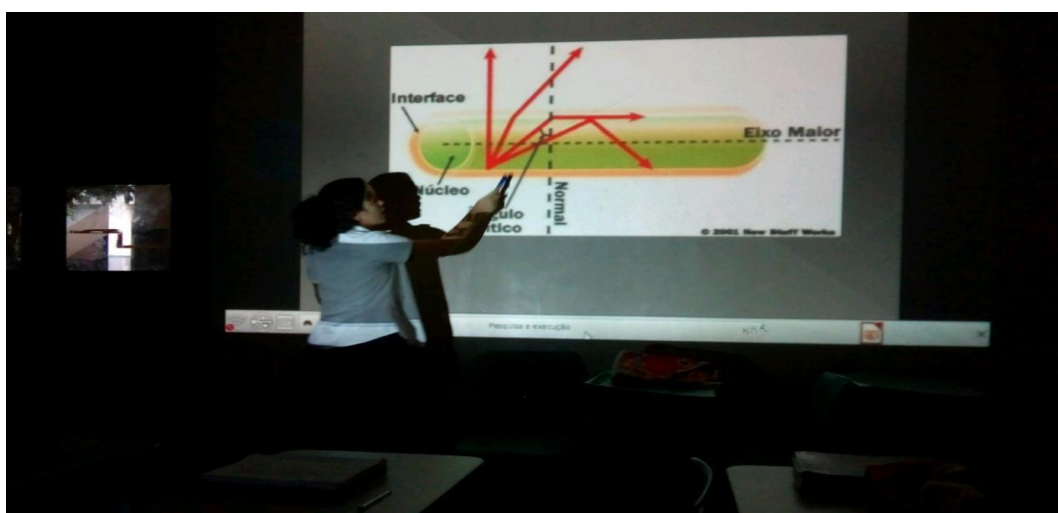


Fig 18 - Aluna apresentando o tema fibra óptica, expondo sobre propagação da luz em fibras ópticas. Fonte: autor.



Fig 19 - Aluno falando sobre células de hidrogênio, mostrando um carrinho movido a célula de hidrogênio. Fonte: autor.



Fig 20 - Equipamento de levitação magnética, com Kit de levitação magnética , desenvolvido por aluno, para apresentação no seminário. Fonte: autor.

Capítulo 7

Análise dos resultados

Seguindo a proposta metodológica do IYPT, a avaliação dos resultados seguirá um padrão qualitativo. Sendo assim, o mais interessante para a análise da proposta e da aprendizagem dos estudantes é a observação da capacidade dos participantes em atenderem as premissas de uma pesquisa investigativa. Vale salientar, entretanto, que nas avaliações de resultados, deve se levar em consideração as condições ambientais de desenvolvimento da pesquisa, bem como o perfil do alunado.

Em atendimento a estes pressupostos, dividimos a avaliação em três partes, a saber: Avaliação sequencial do método, Avaliação da participação dos alunos, avaliação das atividades do professor e geral da proposta.

7.1 Avaliação Sequencial do Método

A avaliação sequencial do método foi possível porque tivemos a oportunidade de aplicar a proposta didática em dois anos seguidos: 2016 e 2017, no mesmo estabelecimento de ensino e em turmas de mesmas séries, terceiro ano do ensino médio. Embora os estudantes tenham sido distintos, os mesmos problemas de ordem estrutural, curricular e até certo ponto de calendário se apresentaram, nos dois anos de aplicação do trabalho.

No ano de 2016, conforme anteriormente citado, foram abordados cinco temas: fibra óptica, motor Stirling, células de hidrogênio, refração acústica e ondas estacionárias.

O trabalho propunha uma pesquisa prévia dos temas, com entrega de trabalhos escritos, sem obrigatoriedade de exposição verbal. Posteriormente, em uma fase final, seria desenvolvido um experimento, pelas equipes formadas, para exposição e debate com outras equipes, em uma grande gincana de enfrentamento.

Elencamos a seguir os resultados obtidos:

- 01- A participação inicial dos estudantes foi de 105 alunos e a participação na gincana foi de 50 alunos. Vemos assim que houve um índice de desistência de mais de cinquenta por cento.
- 02- Das dez equipes que se apresentaram na gincana, apenas duas - fibra óptica e refração acústica, conseguiram expor, fazer um experimento e estabelecer um debate com a equipe oponente.
- 03- Houve pouca retenção de conhecimento teóricos e aplicados de física. Verificou-se isso pelo níveis, bastantes simplistas, das perguntas realizadas pelos alunos, normalmente feitas com resumos escritos. Poucas respostas às perguntas também foram observadas.
- 04- Pôde-se constatar pouquíssimo entusiasmo pelas pesquisas. Acreditamos que em parte esse comportamento tenha sido influenciado pela greve dos professores, bem como pela postura distante do professor orientador.
- 05- Pouca participação do professor orientador nas atividades dos estudantes, que contrariando o padrão comportamental para uma pesquisa por investigação, adotou uma postura isolacionista, com pouca interatividade com os grupos formados.

Os resultados negativos da aplicação piloto no ano de 2016, serviram de base para as mudanças da aplicação do ano seguinte. Conforme dito anteriormente, buscamos na literatura explicação para o comportamento observado. Ao entender a importância do capital cultural no aprendizado dos estudantes, optamos para no ano de 2017 buscar uma maior interação entre professor e aluno, de forma a criar um ambiente de motivação, respeitando a história de vida de cada aluno e seu capital cultural.

Assim, em 2017, algumas mudanças foram providenciadas. A principal delas foi a mudança de postura do professor orientador, que aumentou seu referencial teórico para o trabalho, além de trabalhar melhor as etapas de orientação com as equipes. Buscou-se organizar as atividades de forma a sempre haver tempo para um acompanhamento pessoal e por equipe.

Também aumentou-se para três as fases do trabalho: pesquisa prévia escrita, seminário sobre o tema pesquisado e gincana de enfrentamento com apresentação de uma experiência sobre o tema desenvolvido.

Finalmente, houve disponibilização para os alunos de material teórico de referência e kits para o desenvolvimento dos experimentos, inclusive com uma participação interativa do professor orientador na montagem dos experimentos.

A aplicação de todas as fases do trabalho demandou um tempo total de oito meses, de maio a dezembro de 2017.

As mudanças produziram resultados imediatos. Houve poucas desistências, menos de 10 por cento, e todas as equipes formadas conseguiram concluir todas as fases do processo estabelecido.

7.2 Análise das pesquisas realizadas

Em relação ao aspecto qualitativo no desenvolvimento das pesquisas dos temas sugeridos, devemos lembrar que a proposta inicial era que os alunos e também o professor orientador, se envolvessem de uma certa forma que as pesquisas se tornassem, até certo ponto abertas, com descobertas sendo feitas no decorrer dos trabalhos, de forma que houvesse aquisição de capital cultural científico por parte dos alunos, que fosse desenvolvida uma consciência crítica sobre a melhor forma de se aprender e conseqüentemente de se ensinar. As confirmações de tais premissas dependem de muitas variáveis.

Podemos dizer que, em relação a fazer uma pesquisa de forma independente, buscando novos conceitos, e tentando desenvolver as fases de forma independente, poucas equipes conseguiram isso. Na verdade, no ano de 2017 apenas quatro equipes, envolvidas com os temas ondas estacionárias e fibras ópticas, conseguiram com certo sucesso fazer a aceção teórica dos temas e desenvolver experimentos com certo grau de ineditismo, além de demonstrarem maturidade intelectual no desenvolvimento dos temas.

As outras equipes, turbinas fan e levitação magnética, principalmente, muito embora tenham desempenhado, de maneira razoável, todas as fases, demonstraram

muita dependência do professor orientador em todas as fases do trabalho. Além disso, apresentaram muitas dificuldades de pesquisa, principalmente na etapa final, a gincana. Alguns alunos, com talento diferenciado, foram destacados no auxílio desses colegas.

Um hipótese razoável sobre isto é que temas de natureza teórica, como ondas estacionárias, facilitaram, desde a fase 2, da pesquisa teórica, a aceção dos conceitos físicos. Ao passo que temas com forte componentes tecnológicos, como a turbina fan, levaram os alunos a querer apenas realizar o experimento, sem a devida preparação teórica do tema.

7.3 Avaliação da atividade do professor e geral da proposta

Como foi anteriormente observado, as mudanças realizadas entre os anos de 2016 e 2017, conseguiram produzir uma considerável evolução na aplicação da proposta.

Isto revela que é plenamente possível a implantação deste método como proposta curricular de ensino, mesmo com pouca aplicação financeira e trabalhando-se com um grupo pequeno de orientação, foi possível, ainda que com falhas, mobilizar uma grande quantidade de alunos durante um tempo relativamente grande.

Houve ainda a descoberta de muitos talentos. Ainda que, segundo as orientações de Vigotsky e Bordieu, esses alunos não tenham sido trabalhados no desenvolvimentos de sua habilidades, que eram acima da média da turma, eles foram incentivados a compartilhá-las com os outros colegas. Estas interações permitiram que o trabalho do professor orientador fosse muito facilitado, na medida que alguns alunos se dispuseram, inclusive, a ajudar nos trabalhos de orientações até de alunos de outras turmas.

No desenvolvimento dos experimentos, tivemos muitas apresentações interessantes, com vários protótipos sendo desenvolvidos, de maneira bem competente pelos próprios alunos, com pouca participação do professor. Isto aconteceu com pelo menos seis equipes no ano de 2017. As Figuras 21, 22, 23, 24, 25 e 26 mostram alguns dos protótipos desenvolvidos pelos alunos.

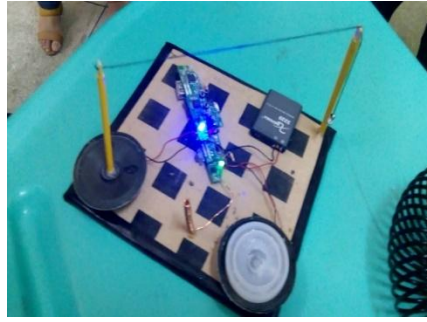


Fig 21 – Kit de ondas estacionária. Fonte: autor.



Fig 22 – Kit de Fibra Óptica. Fonte: autor.



Fig 23 – Turbina Fan Elétrica. Fonte: autor.



Fig 24 – Célula de Hidrogênio. Fonte: autor.



Fig 25 – Kit de onda estacionária. Fonte: autor.



Fig 26 – Kit de Levitação Magnética. Fonte: autor.

Um outro fato relevante foi a recuperação interacional de vários alunos participantes. Pelo menos dez por cento dos alunos tiveram um desenvolvimento muito interessante na fase 2, dos seminários. Eram alunos com pouca interação nas aulas convencionais de física, alguns, inclusive, com sérios problemas comportamentais. Entretanto, tivemos, por parte desses alunos, apresentações concisas, bem desenvolvidas em seus aspectos científicos e com bastante maturidade. Eles se revelaram durante as apresentações.

Capítulo 8

Considerações Finais

Em toda e qualquer trabalho de pesquisa realizado surge, sempre, um questionamento: qual o seu legado?

Em se tratando de uma proposta, que embora envolvesse trabalho de campo, tinha como objetivo maior a melhoria do Capital Cultural dos alunos, podemos afirmar que este resultado foi alcançado. Porém, mais do que isso, existe ainda um produto. Ou seja, um resultado que poderá ser replicado por outros interessados em desenvolver uma proposta didática de ensino por investigação tendo como base o modelo IYPT. Este é o legado oficial.

Outrosim, outras consequências podem ser enumeradas. Ao participarem, pela primeira vez, de uma metodologia de ensino por investigação envolvendo temas de física e engenharia, alunos e professores, participantes deste trabalho, experimentaram uma rara oportunidade do desenvolvimento do espírito crítico, da resolução de problemas semi-abertos e da possibilidade de experimentarem uma interação de trabalho com os próprios colegas e professores orientadores. Em muitos anos de magistério, nenhum outro trabalho me causou tanto impacto, não somente pela metodologia em si, como também pelos aspectos psicológicos e sociológicos do aprendizado.

Em relação ao meu trabalho, enquanto professor, as mudanças foram tão profundas, que afetaram minha forma de abordar os conteúdos com os estudantes, antes mecânico, e agora bem mais crítico. O relacionamento com os alunos ficou bem mais leve e interativo, contribuindo para isso, principalmente as leituras sobre a pedagogia de Bordieu. Sobre as avaliações, aprendi que são plataformas de aprendizado. As tornei mais abertas, viabilizando dentro do possível a espontaneidade dos alunos.

Quanto ao impacto nos estudantes, é muito difícil quantificar as mudanças que este trabalho causou. Entretanto, ao final das atividades, vários deles, a quem a comunidade de professores do colégio julgava, de certa forma, incapazes de resolver situações mais complexas, conseguiram me desafiar intelectualmente. Agradeceram

muito a oportunidade de participarem e de se sentirem úteis. Vários relataram que nem eles conheciam as próprias potencialidades.

Em resumo, do relato apresentado, fica a lição de que o desafio de implementar no sistema educacional vigente mudanças metodológicas que contribuam para a formação de cidadãos mais conscientes de seu papel na sociedade é possível.

Apêndice A

Produto Educacional

**O ENSINO PELA PESQUISA NA ESCOLA PÚBLICA:
UMA PROPOSTA DIDÁTICA COM O USO DO
INTERNATIONAL YOUNG PHYSICIST TOURNAMENT**

José Alberto de Miranda Júnior

Silvana Perez

Charles da Rocha Silva

MNPEF - UFPA

2018

O Conteúdo deste documentado está liberado para livre reprodução, com citação da fonte. As imagens reproduzidas são de créditos exclusivos de autores, citados nas referências. Este trabalho, de veiculação gratuita, visa apenas à divulgação cultural e científica, não sendo objeto de retorno comercial de seus autores.

APRESENTAÇÃO:

A proposta do trabalho aqui apresentada é resultado de atividades executadas em um colégio da rede pública do Estado do Pará, nos anos de 2017 e 2018. Seu objetivo principal é abrir uma nova possibilidade pedagógica para se trabalhar conteúdos da física, de maneira a possibilitar o desenvolvimento de habilidades de investigação científica nos alunos. Foi uma proposta surgida a partir das discussões de trabalho durante o período do mestrado do autor José Alberto, com direcionamento de ações aplicadas, utilizando fundamentação teórica e experimentos. Assim, durante os trabalhos de aplicação da proposta, várias atividades foram desenvolvidas, entre materiais instrucionais e atividades experimentais. Trata-se antes de tudo de proposta didática adaptada de um torneio mundial de Física, o *International Young Physicist Tournament* (IYPT).

Os Autores.

OBJETIVOS

A proposta didática aqui apresentada tem como **objetivo principal** inserir a investigação científica na sala de aula, usando como ferramenta adaptada o *International Young Physicist Tournament* (IYPT), na condução de atividades curriculares do Ensino de física em um colégio da rede pública de Ensino, com alunos do terceiro ano do Ensino médio.

Como objetivos específicos, buscou-se:

1. Incentivar a Pesquisa Científica entre os alunos do Ensino médio da rede pública de Ensino;
2. Desenvolver o espírito crítico do alunado, em relação a seu eprendizado;
3. Incentivar as atividades experimentais em física e engenharias na educação básica, em particular no ensino médio;
4. Estimular o uso de novas metodologias de ensino por parte dos docentes de ensino médio;
5. Estimular o uso dos laboratórios multidisciplinares para experimentos em física e engenharias.

JUSTIFICATIVA

Em vários anos de magistério na rede pública de Ensino do estado do Pará, pude acompanhar várias experiências pedagógicas, pessoais e institucionais, na tentativa de tornar o ensino de Física mais acessível à grande massa de nosso alunado. Essa não é uma tarefa fácil. A Física, como filha da filosofia e parceira da matemática em seus desenlaces lógicos, cobra de professores e alunos intensa dedicação a seus princípios teóricos, além de um devido preparo matemático para a resolução de seus problemas.

Entre todas as experiências propostas, considero que a que mais se adaptou à realidade dos discentes foi a utilização de laboratórios nas escolas para o desenvolvimento de práticas que visassem a melhor compreensão do conteúdo ministrado em sala de aula. Desse certa forma, o laboratório tende a suavizar o aspecto fortemente matemático da disciplina. Presumia-se, ainda, que no laboratório haveria maior liberdade de manifestação de talentos científicos. Isto também incentivou a formatação de projetos específicos, com professores e alunos previamente selecionados para o desenvolvimento de atividades científicas não previstas no conteúdo curricular.

Porém, posso afirmar como participante assíduo deste processo, que os resultados foram muito aquém das expectativas. Os experimentos, longe de se constituírem em uma abordagem complementar para os assuntos desenvolvidos em aulas teóricas, adquiriram um caráter independente, com as práticas ganhando uma conotação apenas do fazer, sem nenhuma, ou pouca absorção teórica dos princípios físicos aplicados. Além disso, a falta de interação entre professores de teoria e de prática trazia sérias consequências para o aprendizado da disciplina.

Em relação aos projetos decorrentes deste modelo, adotado no final dos anos 90 no Pará, houve bastante incentivo estatal, até com premiações e possibilidades de participações em feiras científicas, regionais e nacionais. Mas isto também provocou uma segregação perigosa, pois apenas os professores e

alunos mais capazes de realizarem pesquisas básicas e experimentais foram aquinhoados com os ganhos propostos. A grande maioria restante continuou excluída, sem entender os conteúdos de uma forma conceitual.

O que era de meu desconhecimento, até chegar ao Mestrado Profissional em 2016, era que todas as propostas pedagógicas anteriores careciam de um detalhe, que hoje considero fundamental: um método adequado. Isto é bem verdadeiro, na medida em que se constata que nada se tem de histórico, das tentativas anteriores, ou seja, os próprios registros das experiências aplicadas em todos aqueles anos foram perdidos.

Sendo assim, ao tomar ciência da abordagem do ensino por investigação, entendi que longe de ser apenas uma nova maneira de expor os conteúdos de Física, o uso do laboratório permite fazer com que o aluno tenha uma maior liberdade de ação e busca pelas respostas. Trabalhando com problemas abertos, sem uma resposta prévia, ou semiaberto, como de nossa proposta, o aluno adquire, a priori, maior consciência até de sua maneira de estudar. Além de submeter a análise crítica, os próprios conteúdos sugeridos.

No projeto aqui apresentado, adotei como método de referência o International Young Physicist Tournament (IYPT), que é um torneio entre equipes de alunos, com líderes e orientadores, os quais, a partir de temas básicos de física, são submetidos a problemas em aberto. O desenvolvimento e solução desses problemas, pelas equipes, culminam com um enfrentamento entre as equipes, onde uma exposição teórica, seguido de um experimento, são expostos a uma equipe adversária.

Contudo, este torneio acaba tendo um caráter muito elitizado, pois os alunos e professores participantes fazem parte de uma elite intelectual de ensino e aprendizado. Os alunos são previamente selecionados pelos professores e somente os melhores participam de todas as etapas até a gincana.

Este foi um dos grandes desafios de desenvolvimento da proposta didática aqui apresentada. Foram necessárias muitas adaptações para conseguirmos aplicar este método a alunos, como um todo, e não apenas aos mais vocacionados em física. Os temas sugeridos foram de física aplicada: Fibra Óptica, Levitação Magnética e Ondas Estacionárias, e ainda de natureza

tecnológica: Células de Hidrogênio e Turbinas Fan. Fizemos esta escolha de temas pois apesar dos alunos, inicialmente, desconhecerem a maior parte desses assuntos, foi mais fácil a adaptação pela contextualização dos próprios temas.

Outra mudança importante foi adoção de fases inexistentes no IYPT, como por exemplo, a fase 2, dos seminários, onde os alunos, com a orientação do professor, fizeram uma pesquisa prévia sobre os temas, para posterior exposição para toda a turma. Isto os deu maior capital cultural sobre os temas, o que seria necessário na fase posterior: a gincana.

Também optamos por adquirir kits de um laboratório básico de apoio. Isto propiciou maiores possibilidades de desenvolvimento dos experimentos, pois de posse desses kits, vários alunos conseguiram desenvolver alternativas interessantes de aplicações desses recursos.

Posso então afirmar, que esta proposta metodológica, a da pesquisa por investigação, mudou minha maneira de tratar a disciplina, não como um conteúdo em si, mas como uma possibilidade de desenvolver algo interessante com os alunos. Percebe-se então que todos os tópicos ministrados abrem muitas possibilidades de investigação e de experimentação. A forma de avaliar, também é inserida neste contexto. Deixa de ser um processo unilateral e fechado, para se constituir, também, em uma possibilidade de externalização das potencialidades do alunado. Diferente do IYPT, aqui todos têm oportunidade para desenvolverem suas potencialidades.

METODOLOGIA DE APLICAÇÃO

A priori, este método pode ser aplicado com turmas de todas as séries do Ensino Médio. Porém, vamos dar como exemplo, nossa própria aplicação em um colégio public tradicional da cidade de Belém, Pará, no ano de 2017.

Vamos dividir a aplicação em etapas de Preparação e Desenvolvimento, Avaliação, Materiais e Custos, e Conteúdos Instrucionais.

Etapas de preparação e desenvolvimento

Etapa 1 – Escolha das turmas e dimensionamento de grupo:

O professor orientador da proposta deve escolher, dentre suas turmas de ensino médio, quais irão participar da aplicação do método. Em nosso exemplo escolhemos três turmas do ensino médio do terceiro ano regular: em um total aproximado de cem alunos. Adotamos grupos de cinco alunos cada.

Etapa 2 – Seminário de explicação sobre a metodologia e propostas de trabalhos:

O professor orientador deve formatar uma apresentação, em *slides*, sobre toda a proposta metodológica, explicando, de forma básica, sobre as fases, recursos a serem utilizados, e pontuações concedidas aos alunos, em todas as fases da aplicação.

Etapa 3 – Sugestão e sorteio dos temas, elaboração do cronograma de trabalho.

A escolha dos temas é crucial para o bom desenvolvimento das atividades. Temas muito simples desestimulam os estudantes e temas muito complexos não os permitem evoluir na proposta.

Os temas sugeridos foram na escola foram: Fibra Óptica, Levitação Magnética, Ondas Estacionárias, Células de hidrogênio e Turbinas Fan. O cronograma de trabalho previu a utilização dos meses de maio, junho (fases 1 e 2), e setembro, outubro e novembro (fase3), com culminância da gincana em dezembro.

Etapa 4 – Desenvolvimento da Proposta

As fotos 1, 2 e 3 mostram alguns momentos dos trabalhos desenvolvidos na aplicação da proposta pelos autores.

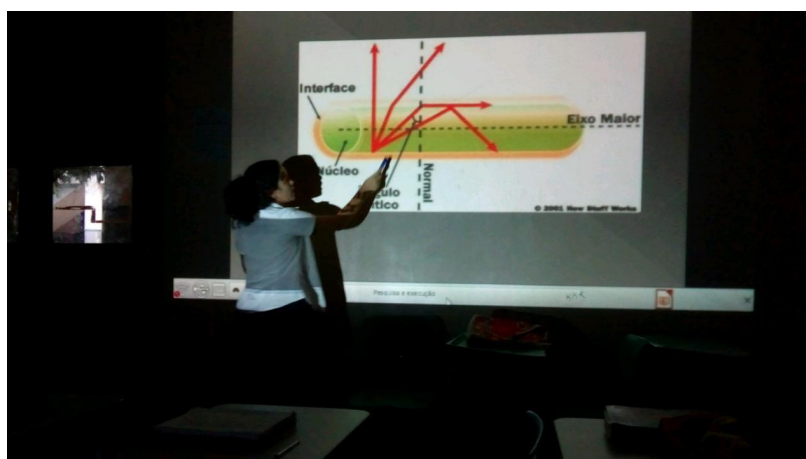


Fig. 1 - Aluna apresentando o tema fibra óptica, expondo sobre propagação da luz em fibras ópticas.

Fonte: autores.



Fig. 2 - Aluno falando sobre células de hidrogênio, mostrando um carrinho movido a célula de hidrogênio. Fonte: autores.



Fig. 3 Equipamento de levitação magnética, com Kit de levitação magnética, desenvolvido por aluno, para apresentação no seminário. Fonte: autores.

Avaliação

Seguindo a proposta metodológica do IYPT, sugerimos que a avaliação dos resultados siga um padrão qualitativo. Sendo assim, o mais interessante para a análise da proposta e da aprendizagem dos estudantes é a observação da capacidade dos participantes em atenderem as premissas de uma pesquisa investigativa. Vale salientar, entretanto, que nas avaliações de resultados, deve se levar em consideração as condições ambientais de desenvolvimento da pesquisa, bem como o perfil do alunado.

Em atendimento a estes pressupostos, por exemplo, pode-se dividir a avaliação em três partes: avaliação sequencial do método, avaliação da participação dos alunos, avaliação das atividades do professor e geral da proposta.

As mudanças produziram resultados imediatos. Houve poucas desistências, menos de 10 por cento, e todas as equipes formadas conseguiram concluir todas as fases do processo estabelecido.

Vale salientar que é plenamente possível a implantação deste método como proposta curricular de ensino, mesmo com pouca aplicação financeira e trabalhando-se com um grupo pequeno de orientação e também mobilizar uma grande quantidade de alunos durante um tempo relativamente grande.

Pode-se ainda descobrir muitos talentos. Ainda que estes alunos não tenham sido trabalhados no desenvolvimento de sua habilidade antes ou até durante a aplicação da proposta, eles podem ser incentivados a compartilhá-las com os outros colegas. Estas interações permitem que o trabalho do professor orientador seja muito facilitado, na medida em que alguns alunos se dispõem a ajudar nos trabalhos de orientações até de alunos de outras turmas.

Materiais e Custos

A seguir apresentamos uma análise de materiais e custos para a proposta de temas implementada e descrita na dissertação do autor junto ao MNPEF. Neste caso, foram utilizados 05 *kits* didáticos, relacionados aos temas desenvolvidos, que serviram de suporte para o desenvolvimento dos experimentos a serem expostos na fase 3 (Gincana) . O levantamento de preços teve como base o ano de 2017.

Kit de Fibra Óptica: Fibras ópticas transparentes, Fibras ópticas revestidas, Caneta laser, Adaptador de diâmetros, Circuito fotorreceptor (Fig. 4).

Custo do kit: 450 Reais.

Aquisição: Importado pela AMAZOM.COM.



Fig 4 – Kit de Fibra Óptica [26]. Fonte: autores.

Kit de Células de Hidrogênio: Célula de hidrogênio reversível, tubos plásticos, seringas plásticas, Fios e conexões elétricas (Fig. 5).

Custo: 900 Reais.

Aquisição: Empresa H2, de Curitiba, Paraná.



Fig 5 – Kit de Célula de Hidrogênio [36]. Fonte: autores.

Kit de Ondas Estacionárias: Mini Auto-Falante, Fios de nylon, suporte de madeira com fixação lateral, Circuito eletrônico receptor de wifi, Circuito Amplificador de sinais, celular, aplicativo de geração de ondas (Fig. 6).

Custo: 100 Reis

Aquisição: Confeccionado por alunos da pesquisa, utilizando-se de sucatas. Apenas o autofalante, alguns componentes eletrônicos, o fio de nylon e madeira compensada foram adquiridos no comércio de Belém.

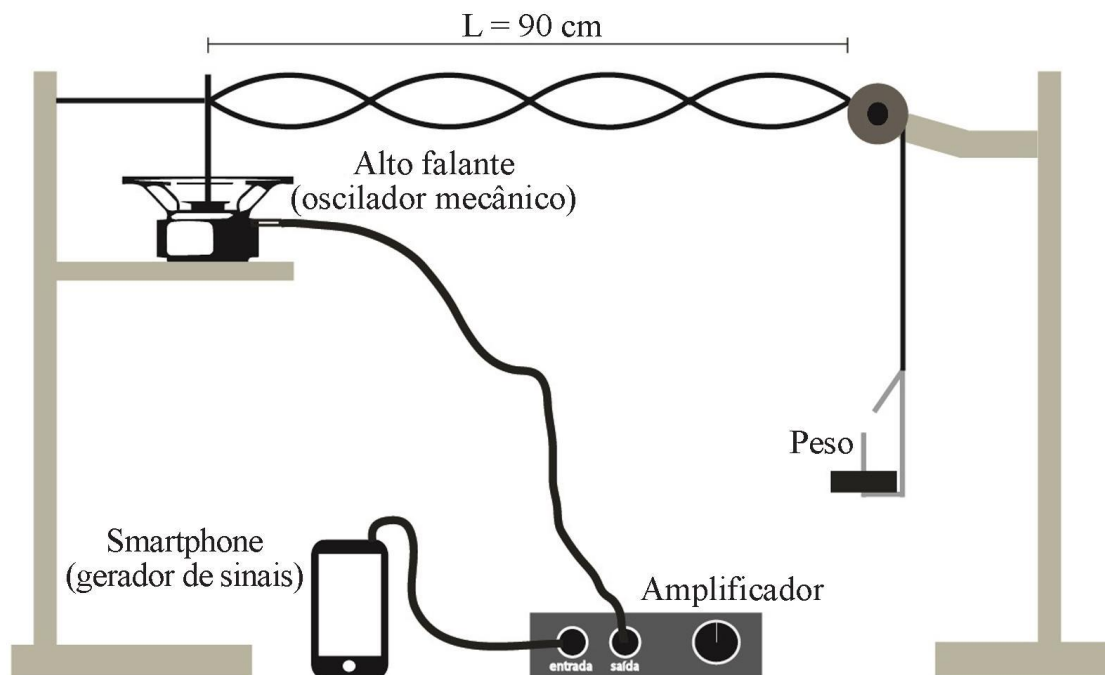


Fig. 6 – Esquema básico do kit de ondas estacionárias. Fonte: autores.

Kit de Turbinas Fan: Turbina Fan Elétrica de 70 mm, Bateria para motor aeromodelo, Speed Control (Figs 7. e 8).

Custo: 900 Reais.

Aquisição: Loja de Aeromodelismo de São Paulo.



Fig. 7 – Turbina Fan e Speed Control. Fonte: autores.

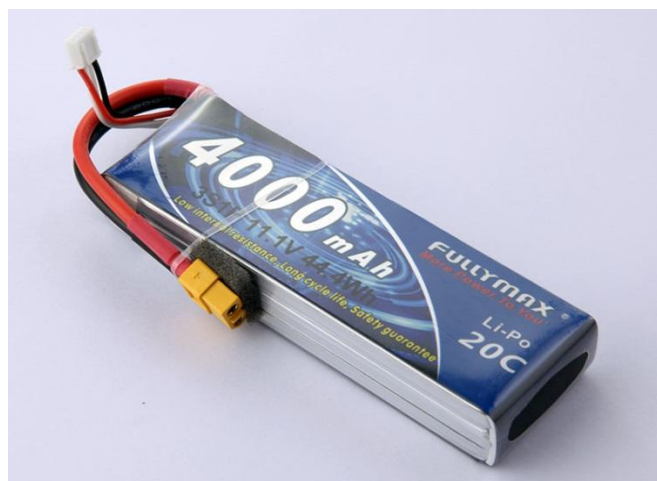


Fig. 8 – Bateria para Aeromodelo. Fonte: autores.

Materiais Instrucionais para o Professor.

Elaboramos aqui um conteúdo versando sobre todos os temas sugeridos para as pesquisas por investigação. Este material, de nível superior, deve servir ao professor que opte em usar esses temas em seus projetos educacionais como referencial teórico para o entendimento dos temas, bem como no suporte para orientação dos discentes. Segue aqui o material de referências utilizado na proposta de 2017. Maiores detalhes podem ser encontrados no corpo da dissertação.

Em todos os assuntos (Fibra óptica, Turbinas Fan, Levitação Magnética, Ondas Estacionárias e Células de Hidrogênio) a ênfase da discussão foi na abordagem dos princípios físicos que regem os funcionamentos de suas aplicações. O objetivo desse texto é fornecer ao professor de ensino médio que queira trabalhar com algum desses temas, o domínio mínimo dos conceitos relevantes.

Fibras ópticas

Uma fibra óptica é constituída de um fio longo composto de três camadas: núcleo, camada refletora e camada de revestimento. Quando um raio luminoso é introduzido, sob um determinado ângulo em relação ao eixo de simetria, em uma das extremidades da fibra, sucessivas reflexões internas ocorrem e o raio luminoso é ejetado, na outra extremidade do tubo, sob o mesmo ângulo de entrada. A Figura 9 apresenta um modelo de fibra óptica.

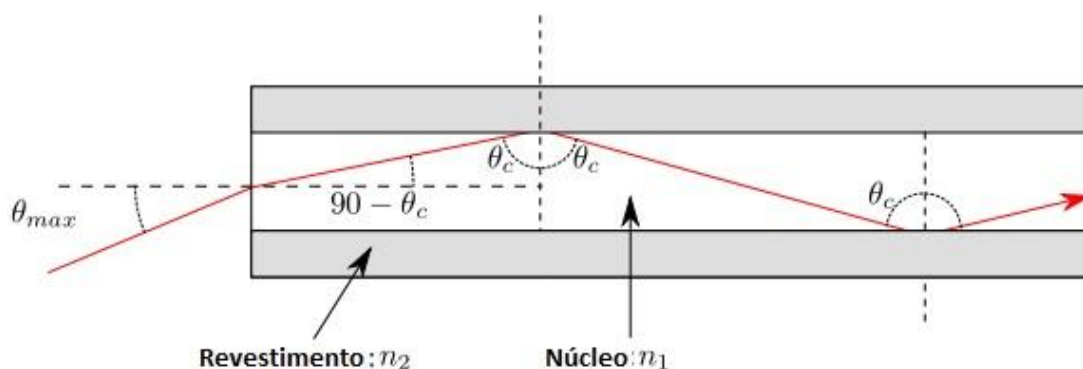


Fig 9 – Propagação de raios luminosos em uma fibra óptica [24]. Fonte: autores.

Para que ocorram as sucessivas reflexões internas do raio luminoso no interior da fibra óptica, faz-se necessário as seguintes condições:

- c) O índice de refração do material do núcleo da fibra (n_1), deve maior que o índice de refração da camada refratora (n_2), que envolve o núcleo. Isto obedece ao princípio de reflexão interna, quando um raio luminoso ao passar para um meio mais refringente, sofre afastamento em relação a uma normal de incidência.
- d) Os raios incidentes, por uma das extremidades da fibra, devem estar contidos no cone de incidência, que é o lugar geométrico de todos os raios incidentes capazes de serem conduzidos por uma fibra.

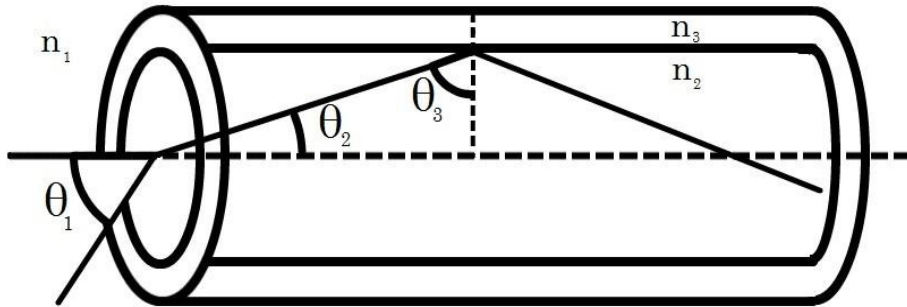


Fig 10 – Modelo geométrico do interior de uma fibra óptica[25]. Fonte: autores.

Na figura 10, temos a representação do modelo geométrico padrão de propagação de um raio luminoso, que incide em uma extremidade da fibra com ângulo de incidência θ_1 , onde n_1 é o índice de refração do ar, n_2 é o índice de refração do núcleo da fibra, e n_3 o índice de refração da camada refratora. Podemos então estabelecer o lugar geométrico dos raios incidentes, calculando o máximo ângulo θ_1 de incidência na fibra. Para este valor máximo, o ângulo de refração será de 90 graus. Assim, usando a lei de Snell-Descartes, temos:

$$n_2 \cdot \text{sen } \theta_3 = n_3 \cdot \text{sen } 90,$$

ou

$$\text{sen } \theta_3 = n_3/n_2. \quad (01)$$

Podemos ver ainda que $\theta_2 = 90 - \theta_3$, e portanto $\text{sen } \theta_2 = \text{cos } \theta_3$. Já na incidência externa temos:

$$n_1 \cdot \text{sen } \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen } \theta_2$$

e usando o valor para o índice de refração do ar como sendo aproximadamente 1, chegamos a:

$$\text{sen } \theta_1 = n_2 \cdot \text{cos } \theta_3. \quad (02)$$

Por outro lado, usando a fórmula fundamental da trigonometria e a Eq. (01), temos que:

$$(\cos \theta_3)^2 = 1 - (n_3/n_2)^2. \quad (03)$$

Substituindo o resultado acima na Eq. (02), obtemos o valor de ângulo de incidência máximo para que haja propagação da onda eletromagnética dentro da fibra óptica como sendo [25] :

$$\theta_1 = \text{arc sen raiz } (n_2^2 - n_3^2) \quad (04)$$

Para o modelo didático de fibra óptica a ser usado no projeto, foi adquirido um kit educacional (*Educational Fiber Optics*), fabricado pela empresa norte-americana *Industrial Fiber Optics* (Figura 11). O kit é composto, basicamente de vários tipos de fibras ópticas, de calibres e revestimentos diferentes, além de filtros, lentes, espelhos planos, tubos de engates e um manual, em inglês, com explicação detalhada sobre os componentes e com roteiros de experimentos. O objetivo do trabalho não foi seguir o roteiro experimental. Mas sim, que o material adquirido fosse disponibilizado a todos os alunos, pesquisadores do tema, de forma que pudessem utilizar o material em outros experimentos não descritos no manual do kit.



Fig 11 – Kit Didático de Fibra Óptica [26]. Fonte: autores.

Turbinas Fan

Ainda durante a segunda guerra mundial, *Sir* Frank Whittle, na Inglaterra, e Hans Von Ohain, na Alemanha, conseguiram, quase no mesmo período, estabelecer as condições técnicas necessárias para a construção de um turbo jato (Figura 12). O objetivo era dotar as aeronaves de guerra com

motores de reação, que pudessem conferir mais velocidade aos aviões de caça. A idéia principal era a utilização de um compressor de ar, seguido de uma câmara de combustão, onde o ar comprimido seria queimado com um combustível, gasolina ou diesel, gerando grande energia cinética, que seria utilizada para movimentar uma turbina, ligada ao mesmo eixo do compressor. Assim, Inglaterra e Alemanha conseguiram, antes do final do conflito, projetar modelos experimentais a partir da utilização de turbinas em substituição aos motores de hélices. A Alemanha chegou a lançar, com sucesso, o ME-216, um pequeno caça com dois motores, equipados com turbinas de reação.[27]



Fig 12 – Turbojato – J85- CJ-610 [27]. Fonte: autores.

Com o final do conflito, o objetivo passou a ser adaptar a nova tecnologia a insurgente aviação comercial. Porém, a adaptação do jato puro tornou-se, de certa forma, inviável, pelo alto custo de operação e manutenção, além dos riscos de acidentes. A solução viria com um modelo que, em parte, recuperaria a antiga propulsão a hélice: a turbina Fan.

O motor de turbina fan foi uma evolução do motor turbojato, na medida que foi se aumentando o diâmetro do compressor de ar de baixa pressão até os limites de exceder-se o diâmetro para a entrada da câmara de combustão. Desta forma, uma parte considerável do volume de ar, comprimido pela fan, é direcionado, pela parte externa da câmara de combustão, até o bocal de saída,

contribuindo para as forças de ação e reação de impulso para o motor. A parte do ar, não derivada, é direcionada pelo compressor de alta pressão para a câmara de combustão, onde tal como no motor turbojato, uma reação química de combustão gera uma grande energia cinética nos gases de combustão que em consequência, serão direcionados às turbinas de baixa e alta, para a transformação em energia mecânica de rotação. Como as turbinas são acopladas ao eixo da fan, isto aumenta mais ainda a quantidade de ar pressurizado para escape pelo bocal. A Figura 12, mostra uma turbina fan em corte com suas partes principais.

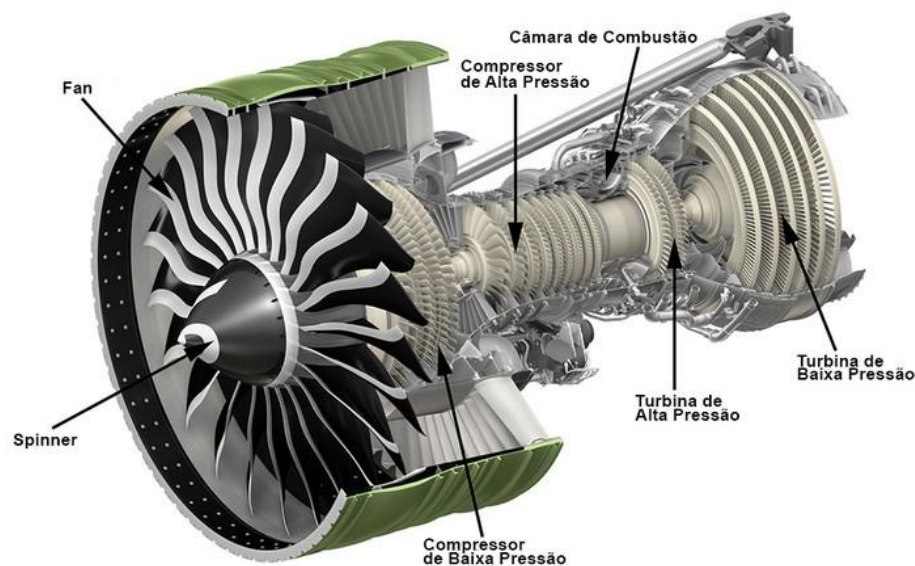


Fig 12 – Turbina Fan [28] . Fonte: autores.

As turbinas fan, como outros motores de reação objetivam, através de sistemas termomecânicos, uma variação da quantidade de movimento nos motores, de maneira a gerar uma aceleração progressiva nestes. Assim, estes motores são dimensionados como sistemas de massa variável, onde a variação de massa de ar de controle na turbina provoca o impulso desta.

Para entender o princípio básico de funcionamento, pela segunda lei de Newton teremos (vamos considerar por simplicidade e sem perda de generalidade na discussão, o movimento em uma única dimensão):

$$F = dp/dt ,$$

$$\text{com } P = mv.$$

Para um sistema com massa variável, reescrevemos a segunda lei como:

$$F = (dm/dt).v1 + m.(dv2/dt).$$

Se o sistema for isolado, tal que $F=0$, teremos então:

$$(dm/dt).v1 = - m.(dv2/dt),$$

onde $(dm/dt).v1$ é a força de escapamento do ar e $-m.(dv2/dt)$ é a força de impulsão no motor [29]

No caso da turbina fan, a perda de massa dm/dt , é compensada pela entrada de ar na entrada do motor. Assim trata-se de um sistema de massa variável com fluxo contínuo de ar. Obviamente, este modelo é bastante simplificado e explica apenas de forma mecânica o funcionamento do motor fan. Uma análise mais profunda envolveria equações de fluxo de ar e termodinâmica de combustão, o que fugiria ao escopo da proposta dessa dissertação.

Para o modelo didático a ser utilizado no ensino médio, tratando-se de um equipamento sofisticado, ainda que em escala de tamanho reduzido, optou-se por um modelo de referência que ficasse mais próximo do motor de turbina fan em seus efeitos. A solução foi a aquisição de um kit de turbina elétrica de aeromodelo. As Figuras 13 a 15 mostram os componentes do *kit*.



Fig. 13 - Turbina eléctrica edf 70 mm [30] . Fonte: autores.



Fig. 14 Esc: Speed Control para turbinas eléctricas [31] . Fonte: autores.

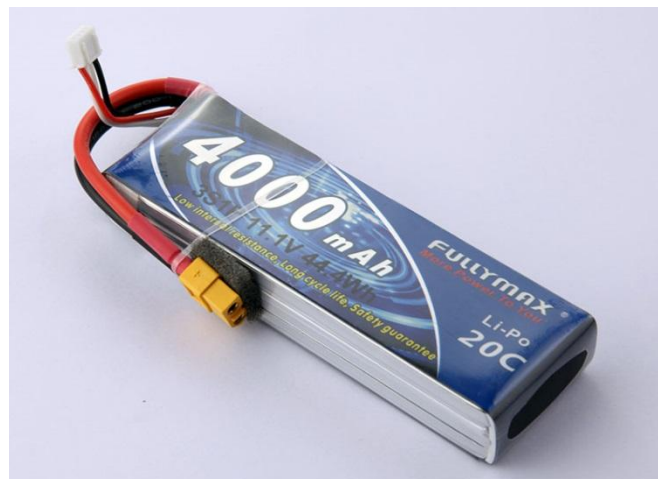


Fig. 15 Bateria eléctrica para motor de turbinas eléctricas [32] . Fonte: autores.

Células de hidrogênio

Embora seja um assunto de relativa atualidade, a célula de hidrogênio foi concebida em 1839, pelo cientista britânico *Sir William Groves*. Em função da pouca aplicabilidade, naquela época ela foi relegada ao esquecimento. Somente com o advento de políticas de utilização de energias renováveis e de baixa contaminação de recursos ambientais, é que pesquisas com pilhas de hidrogênio foram retomadas [33].

Em sua estrutura básica, uma célula de hidrogênio pouco difere de uma pilha química comum. É composta de dois eletrodos, catodo e anodo, além de um eletrólito sólido condutor de íons positivos, chamada de pem. A Figura 9, mostra os componentes principais de uma célula de hidrogênio. Nota-se que, basicamente, temos duas reações químicas nos eletrodos [35].

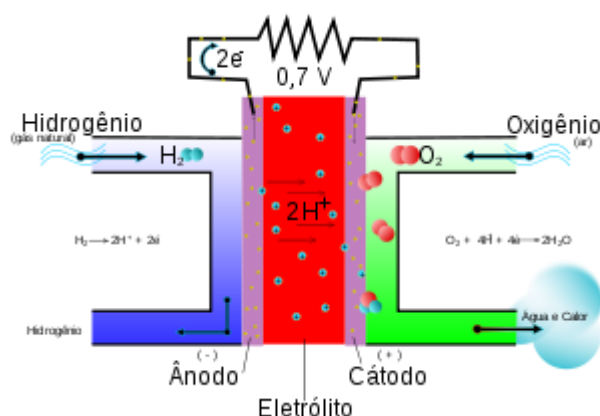
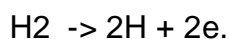
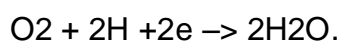


Fig. 16 - Esquema de uma Célula de Hidrogênio [34]. Fonte: autores.

No anodo acontece uma reação de oxidação, ou seja, uma perda de elétrons,



Já no catodo, ocorre uma reação de redução, com ganho de elétrons [35],



O produto final das reações é uma substância conhecida e reciclável: a água. O maior problema das reações de oxi-redução nesta célula reside no fato

que para um bom rendimento é necessário que muitos íons positivos sejam gerados no anodo. Este processo é chamado de catálise, e a substância responsável pela aceleração desta reação é chamada de catalisador [35].

Em um processo catalítico na célula de hidrogênio, Figura 17, o gás hidrogênio atravessa a camada anódica, através de porosidades, e entra em contato com nanopartículas de prata: partículas catalisadoras, que vão acelerar a quebra das moléculas de hidrogênio, liberando prótons e elétrons.

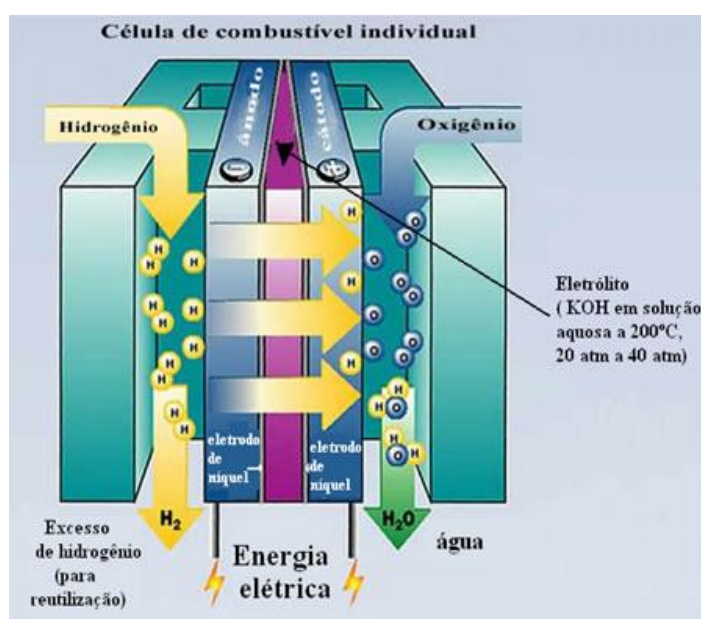


Fig 17 – Processo de eletrocatalise em uma célula de hidrogênio [35]. Fonte: autores.

Os prótons serão conduzidos por uma camada polimérica, chamada de pem, em direção ao catodo, onde uma outra camada catalítica irá completar a reação de redução.

A máxima tensão elétrica que se consegue em uma célula de hidrogênio simples é de 1,28 V. Porém este é um valor teórico. Na prática, como o rendimento nas melhores células não ultrapassa a marca de 80 por cento, o valor, em regime laboratorial é de 0,7 V. Este valor pode ser bastante ampliado, utilizando-se células de hidrogênio compostas, também chamadas de *stack*.

A utilização de platina como elemento catalisador nas células de hidrogênio, constitui-se um grave desvantagem, visto que a disponibilidade e

preço deste material, que é mais caro que o ouro, inviabilizam uma substituição imediata das tecnologias fósseis por este tipo de tecnologia alternativa de produção de energia elétrica. Porém, a despeito deste problema, toda a parte científica e tecnológica já está em acelerado desenvolvimento. Várias aplicações, como veículos automotores, geradores elétricos, pilhas domésticas e outros já se encontram na condição de comercialização, ainda que a um custo elevado.

Para o modelo didático da célula de hidrogênio, optou-se pela utilização de um *kit* de célula de célula de hidrogênio, Figura 18, composto de uma célula de hidrogênio reversível, quatro tubos plásticos, duas seringas plásticas, um Transistor BC-547, um pequeno fan elétrico e dois Leds.



Fig. 18 – Modelo de kit Didático de Célula de Hidrogênio [36]. Fonte: autores.

Ondas Estacionárias

A melhor forma de exemplificar uma onda estacionária é através do modelo físico onde uma corda inextensível, inicialmente em repouso e presa em uma das extremidades, é posta a oscilar transversalmente na outra extremidade. A imagem de cima da Figura 19 ilustra uma onda progressiva que se propaga com uma certa velocidade v . Ao chegar na extremidade fixa, a onda sofrerá oposição de fase e, uma outra onda, com mesma velocidade, comprimento de onda e frequência irá se propagar em sentido oposto à onda incidente [37].

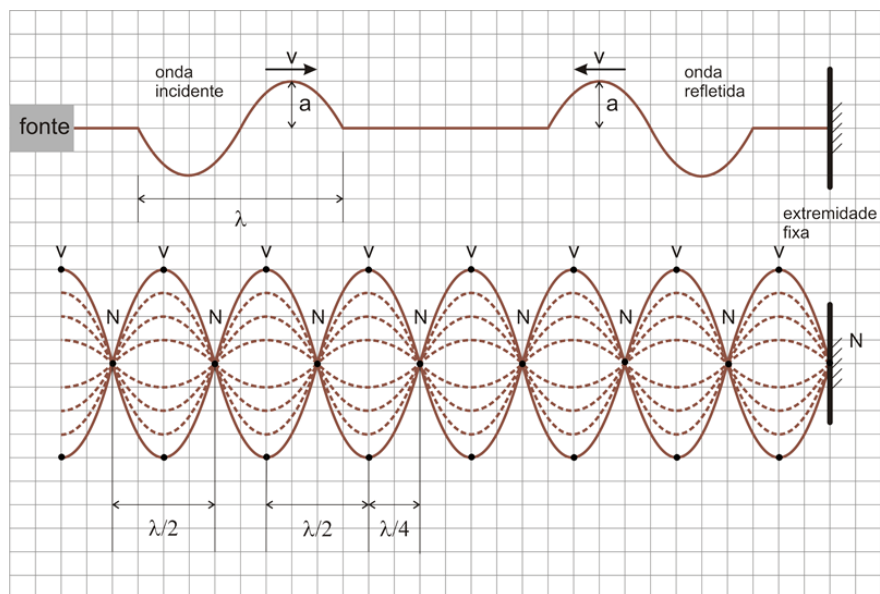


Fig 19 – Ondas stacionárias, com formações de nós e ventres [37]. Fonte: autores.

Do ponto de vista físico, teremos os fenômenos da superposição de ondas, com formação de ventres V, em regiões construtivas e de nós N, em regiões destrutivas, como mostrado na Figura 19.

Matematicamente isto pode ser comprovado, considerando-se uma onda progressiva incidente, para a qual a equação respectiva será:

$$Y_1 = A \cos (kx - wt),$$

onde A, k e w são a amplitude, número de onda e frequência angular, respectivamente. Quando esta onda incidente sofrer inversão de fase no ponto fixo, teremos uma segunda onda dada por:

$$Y_2 = A \cos (kx + wt).$$

Na superposição teremos:

$$\begin{aligned} Y &= Y_1 + Y_2 \\ &= A \cos (kx - wt) + A \cos (kx + wt). \end{aligned}$$

Desenvolvendo a equação acima, teremos:

$$Y = A \cos kx \cdot \cos \omega t - A \sin kx \cdot \sin \omega t + A \cos kx \cdot \cos \omega t + A \sin kx \cdot \sin \omega t$$

$$= 2 A \cos kx \cdot \cos \omega t.$$

Uma análise desta equação indica que a amplitude A , que era uma constante nas ondas progressivas, passa a ser uma função da posição, pois:

$$A_e = 2A \cos kx,$$

onde $k = 2\pi/L$, sendo L o comprimento da corda. Em função do comprimento de onda e da distância entre as extremidades da corda, podemos ter a formação de vários modos de onda vibração, como mostra a Figura 20 [38].

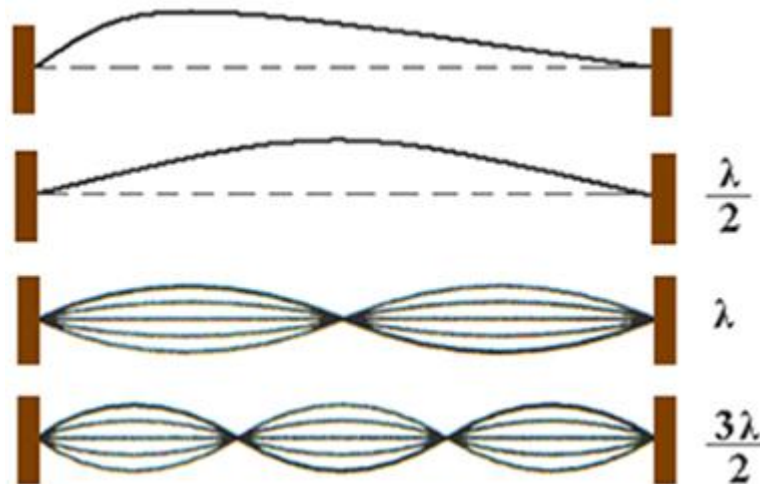


Fig. 20 Modos de vibração de uma onda estacionária [38]. Fonte: autores.

O primeiro modo, com um ventre e dois nós implica em:

$$\lambda / 2 = L.$$

Para o segundo modo teremos:

$$\lambda = L.$$

Logo,

$$\lambda = 2L/3.$$

Para o modelo didático de ondas estacionárias, optou-se por um equipamento de referência

capaz de produzir ondas estacionárias através das vibrações de um alto-falante (Figura 21). Evidentemente, fez-se necessário a utilização de um gerador de sinais capazes de produzir vibrações observáveis. O kit é composto por um pequeno alto-falante, uma pequena haste de madeira, uma base de fixação de madeira, fios de nylon- 60 cm e um gerador de sinais (saída de áudio de um computador, por exemplo).

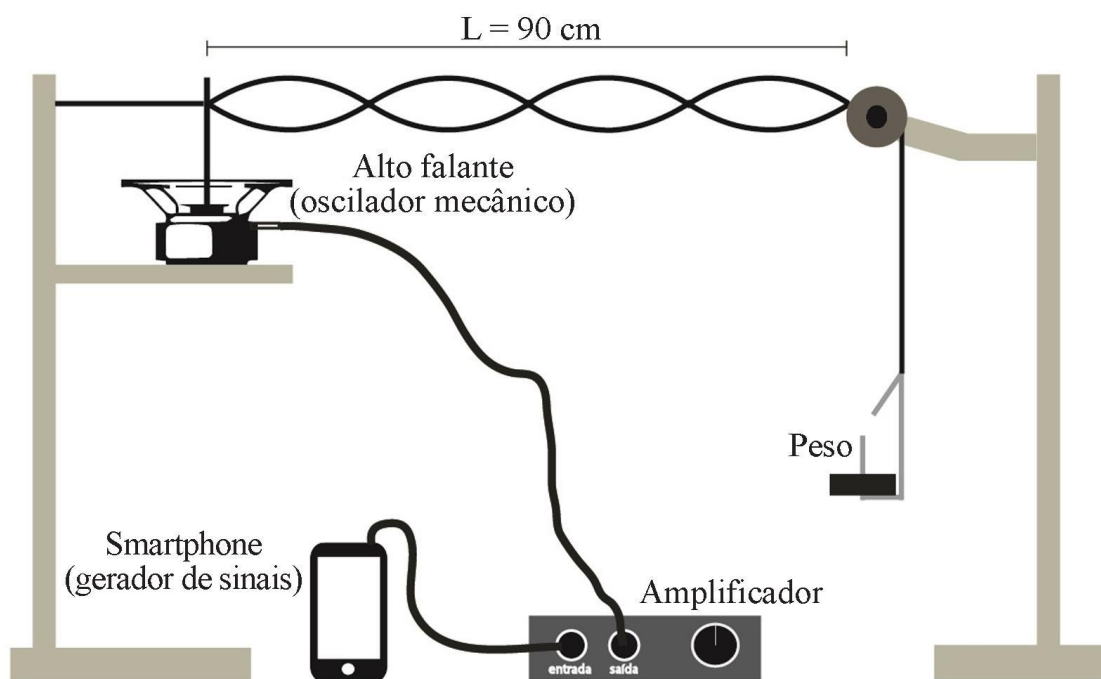


Fig. 21 – Esquema de Experimento de Ondas Estacionárias [39]. Fonte: autores.

Levitação Magnética

A palavra levar, em física, significa colocar um corpo em suspenso, com seu peso anulado por uma força em sentido contrário. Isto pode ser conseguido, através do magnetismo, de várias maneiras.

A forma mais simples de levitação magnética, é a repulsão simples entre dois ímãs permanentes, como mostrado na Fig 22. A explicação física para este fenômeno, reside nas ações mútuas dos campos magnéticos, de um ímã

em relação ao outro. Como os materiais são ferromagnéticos, isto gera forças de interação repulsivas, pois, nos dois ímãs, são gerados dipolos magnéticos repulsantes[40].

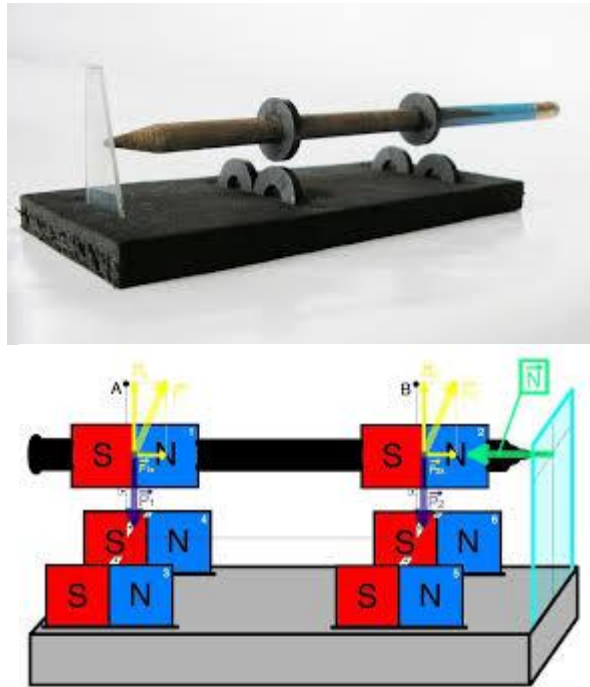


Fig. 22 – Levitação Magnética com Ímãs Permanentes [40]. Fonte: autores.

Na levitação eletromagnética, a única diferença para os ímãs permanentes é o fato, descoberto por Oersted, no início do século 20, que um condutor elétrico, percorrido por uma corrente elétrica, gera um campo magnético. Podemos então utilizar duas espiras, percorridas por correntes elétricas contínuas, e nas extremidades teremos a formação de dipolos magnéticos. Isto pode ser observado na Fig 23 [41].

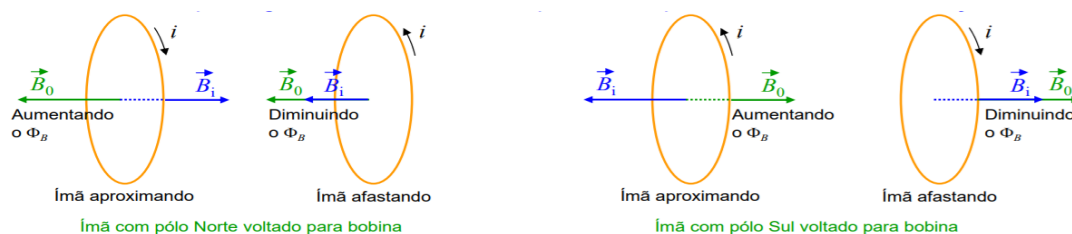


Fig. 23 – Atração e Repulsão Entre Espiras Condutoras [42]. Fonte: autores.

A levitação diamagnética, é um caso mais nobre. Visto que é baseada, fundamentalmente, na lei de Faraday-Lenz. Que prevê que um material, sujeito a um fluxo magnético variável, é percorrido, em seu interior, por correntes induzidas. Que vão gerar dipolos magnéticos. Se o material que recebe o fluxo magnético, for ferromagnético, ele será atraído.

Para matérias diamagnéticas, como o carbono e o bismuto, esses dipolos magnéticos se alinharão no sentido de se opor ao campo que lhe deu origem. Se a força magnética gerada for maior ou igual ao peso do corpo teremos a levitação diamagnética (Fig. 24) [43].

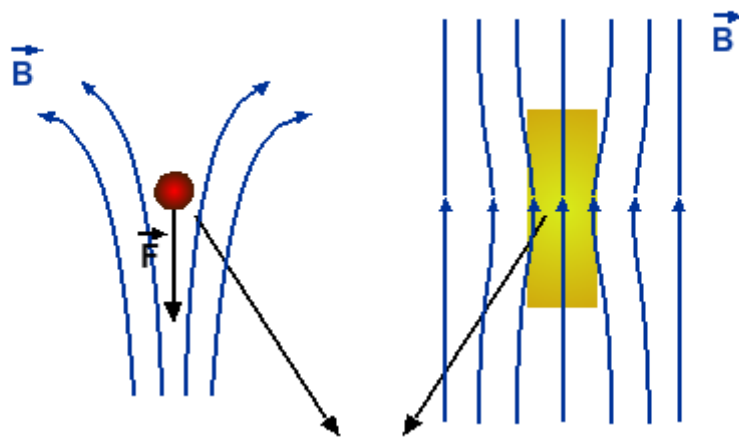
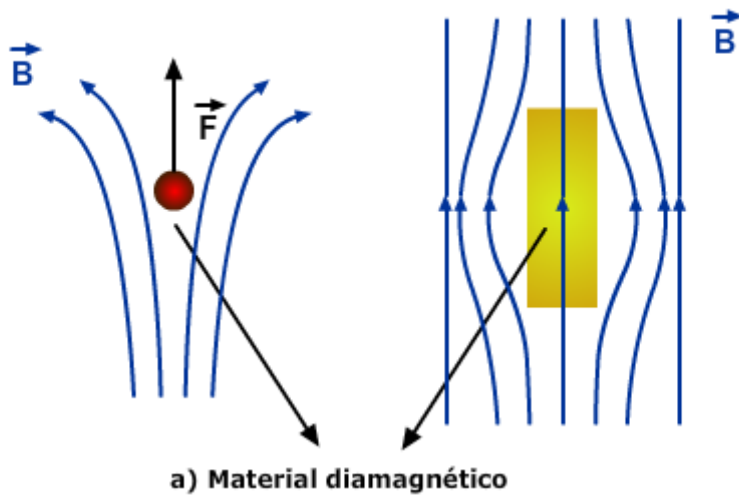


Fig 24 – Levitação Diamagnética [43]. Fonte: autores.

Referências Bibliográficas

- [1] Miranda, B. **Paradigmas e Métodos de Investigação em Educação. 2008.** Investig@prende. Webfolio da disciplina Investigação Educacional, Mestrado em Supervisão Pedagógica da Universidade Aberta de Portugal. Disponível em <<http://alicefrade700977.blogspot.com/2008/06/mtodos-quantitativos-e-mtodos.html>> Acesso em 10/08/2016.
- [2] Soeiro, E. **Paradigmas de Investigação.** In Reflexões e trabalhos realizados no âmbito do Mestrado Em Educação (2012-2014). Universidade de Lisboa. Disponível em : <www.eduardosoeiro.info/tic-edu/entry/paradigmas-de-investigacao> Acesso em 06/04/2016.
- [3] Hermeto, C. M. e Martins, A. L.. **O Livro da Psicologia.** Ed.Globo
- [4] FCTUC - Psicologia Educacional 2 -05/06 -**Teoria do Desenvolvimento Cognitivo de J. Piaget.** Disponível em : < www.mat.uc.pt-guy/psiedu2/piaget > Acesso em 08/07/2016.
- [5] Montoya, A. O. D. **Resposta de Piaget a Vygotsky : Consequências e divergências teóricas.** Educação & Realidade. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Educação, v.38, n. 1, 2013.
- [6] Vigotsky, L.S. **A Formação Social da Mente.** Livraria Martins Fontes Ed. Ltda., São Paulo.
- [7] Dos Santos, B. C. **As Principais Contribuições de Pierre Bordieu Para a Educação.** Universidade Estadual de Maringá, Anais do XXI Universitas -2004. Disponível em : <www.ppe.uem.br/xxiuniversitas/anais/trabalhos/e-6/6-oo4.pdf> acesso em 18/07/2016.
- [8] Praxedes, W. **A Pedagogia Proposta por Pierre Bordieu. Ensaio.** 2017. Disponível em : < <https://walterpraxedes.wordpress.com/tag/pierre-bordieu/25/10/2017> > acesso em 01/02/2018.
- [9] Stival, M. C. E, e Elias, A. **Análise de Bordieu.** Anais do IV Congresso Nacional de Educação, Puc-2008.

Disponível em : <educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2008/676-924.pdf > acesso em 10/08/2016.

[10] Ferrari, M. **Pierre Bourdieu, O Investigador da Desigualdade**. Revista Nova Escola, 01/10/2008. Disponível em : <<https://novaescola.org.br/conteudo/1826/pierre-bourdieu-o-investigador-da-desigualdade>> acesso em 20/01/2017.

[11] Gil, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. Ed. Atlas, 2008. São Paulo.

[12] Laburú, C. E. **Ensino de Ciências Por Investigação: Uma Sequência Didática Para o Ensino de Eletromagnetismo**. Anais do IX Encontro Nacional Pesquisa de Educação em Ciências. UFRJ. Disponível em : <www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/RO309-1.pdf.> acesso em 01/02/2018.

[13] Fernandes, E.. **David Ausubel e a Aprendizagem Significativa**. Revista Nova Escola, 01/12/2011. Disponível em : <<https://novaescola.org.br/conteudo/262/david-ausubel-e-a-aprendizagem-significativa>> acesso em 20/01/2017

[14] Gaspar, A. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Uma Nova Visão Baseada na Teoria de Vygotsky**. Ed. Livraria da Física, 2014.

[15] **IYPT**, Brasil, 2018. Disponível em : www.iypt.com.br

[16] Ortiz, A. J., Costa, T. Q. e Barbosa, F. R.. **Ensino de Física Por Investigação : O Que Aprenderam os Alunos com o Torneio Internacional de Jovens Físicos – V SINECT – IFPR**, Campus Ivaiporã, Novembro de 2016.

[17] **Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN'S** – Disponível em : <https://www.cpt.com.br/pcn/parametros-curriculares-nacionais-ciencias-naturais> acesso em 12/10/2017.

[18] Moreira, M. A. e Veit, E. **Textos de Apoio ao Professor de Física. Pesquisas por investigação**, Disponível em : < <https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf-n6-pdf>> acesso em 10/02/2018.

- [19] Giroton Júnior, G. ; Domingos, F. E Bogdonas, A. **Efeito MPEMBA**, Anais do X Congresso Internacional Sobre Investigación Didáctica de las Ciências, Sevilha, Espanha, 2017.
- [20] Brito, J.C. **Uma Proposta de Ensino pela Pesquisa em Laboratórios Multidisciplinares: A Implementação do Comitê Científico na Escola Pública e a Construção de uma Smart Home Usando Plataforma Arduino**, Dissertação de Mestrado em Ensino de Física, MNPEF, Belém do Pará, 2017.
- [21] Oliveira, V.; Araújo, I. S. e Veit, E. A. **Resolução de Problemas Abertos no Ensino de Física : Uma Revisão de Literatura**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 39, n. 3, e3402, 2017.
- [22] **História e IDH de Belém do Pará** , Disponível em :<<https://pt.wikipedia.org/wiki/belém-pará> > acesso em 10/01/2018.21
- [23] **História do Colégio Estadual Paes de Carvalho**. Disponível em: <[colegiopaesde carvalho.blogspot.com/p/institucional.html](http://colegiopaesdecarvalho.blogspot.com/p/institucional.html)> acesso em 10/01/2018.
- [24] Vieira, A. **Refração da Luz: Por que a fibra óptica e o arco íris são “parentes”?** Disponível em :< <https://descomplica.com.br/blog/física/refração-da-luz-por-que-a-fibra-óptica-e-o-arco-íris-são-parentes>>acesso em 03/02/2017.
- [25] Vieira, J. P. **Projeto Hach-F-Light** .Disponível em : <<https://sites.google.com/a/dmaria.pt/hach-f-light/equipa-do-projeto> > acesso em 12/03/2017.
- [26] **Adventures in Fiber Optics.Kit Didático de Fibra Óptica**. Disponível em :<<https://i-fiberoptics.com/images/if-e6o-lg.jpg> >acesso em 01/03/2017.
- [27] Araújo, D..**Turbinas Aeronáuticas: História, Conceitos e Empregos**. Revista eletrônica: AUTOentusiastas. 06/01/2017.
- [28] Ubiratan,E..**Onde Está A Turbina? O que é exatamente a turbina de um avião**. Revista AEROMAGAZINE,09/04/2017.
- [29] **Sistemas de Massa Variável.e-escola.Instituto Técnico Superior.Física.04/05/2017**

- [30] Mettallero. **Aeromodelos a Jato com Turbinas EDF (Elétricas)**.Disponível em :<aeromodelosajatoconturbinaseletrica.blogspot.com/2015/02/aeromodelos-jato-com-turbinas-edf.html>acesso em 03/04/2017.
- [31] Modelismo, C. **Esc 30 a speed control 30 a 2-3s Lipo Brushless Aeromodelo**.
- [32] Asaelétricas. **Bateria Li-Po 20 C 4000 mAh.aeromodelos**.Disponível em : www.asaeletricas.com.br.
- [33] Mendes, A.; Madeira, L. M.**Células de Combustível :Energia do Futuro**.Disponível em :<celulasdecombustivel.planetaclix.pt/historia.html.>acesso em 24/03/2017.
- [34] Caram, S.**Energia Sustentável: Celulas a Combustível, Você se Interessaria pela Área?**.Disponível em : <<https://betaeq.com.br/index.php/2015/10/24/energia-sustentavel-celulas-a-hidrogenio-voce-se-interessaria-pela-area>>.acesso em 14/03/2017.
- [35] Rocha Vargas Fogaça, J..**Eletroquímica: Pilha de Combustível.Mundo Educação**.Disponível em : <<https://mundoeducacao.bol.com.br/quimica/pilha-combustivel.htm>> acesso em 15/03/2017.
- [36] CEBEKIT REVERSIBLE – **Célula de Combustível**.Disponível em : <www.portugal-didatico.com/celula-de-combikt-reversible/>acesso em 10/03/2017.
- [37] Borges e Nicolau.**Fundamentos da Física: Fenômenos Ondulatórios**.08/12/2015. Disponível em : <osfundamentosdafisica.blogspot.com/2015/12/cursos-do-blog-termologia-optica-e-ondas-8-html.>acesso em 10/03/2017.
- [38] Domiciano, C.**Ondas Estacionárias.Mundo Educação**.Disponível em : <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/ondas-estacionarias-html>>acesso em 15/03/2017.
- [39] Guimarães, G.**Estudo de Ondas Estacionárias em Uma Corda com a Utilização de Um Aplicativo de Smartphones**. Revista Brasileira de Física, v. 37, n.2, 2015.

- [40] MEC – **Objetos Educacionais, Levitação Magnética**. Disponível em :<objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/19174/05-teoria-frame-html.> acesso em 10/05/2017.
- [41] Halliday, D.; Resnick, R. e S. Krane, K. **Física 3**, Ed. LTC, 2012 – Rio de Janeiro.
- [42] Bastos, B. **Anel de Thomsom, Levitação Magnética**. Disponível em [anel de <thomsosenai.blogspot.com/2017/07/fundamentação-lei-de-lenz-no-23-html.>](http://anelde<thomsosenai.blogspot.com/2017/07/fundamentação-lei-de-lenz-no-23-html.>) acesso em 08/12/2017.
- [43] L. dos Santos, A. **Experimento Demonstrativo de Levitação Supercondutora. Ferramenta para Problematização de Problemas de Física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n.2, 2015.