MARCO AURÉLIO DE JESUS

PRODUÇÃO DE MATERIAIS PARADIDÁTICOS PARA A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

JI-PARANÁ, RO
SETEMBRO DE 2015

MARCO AURÉLIO DE JESUS

PRODUÇÃO DE MATERIAIS PARADIDÁTICOS PARA A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) através do Polo do Campus de Ji-Paraná, da Universidade Federal de Rondônia, como parte dos quesitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física, sob orientação do Prof. Dr. João Batista Diniz

JI-PARANÁ, RO
SETEMBRO DE 2015

Jesus, Marco Aurélio de
J585p Produção de materiais paradidáticos para a inserção da física
2015 moderna contemporânea no ensino médio / Marco Aurélio de Jesus; orientador, João Batista Diniz. -- Ji-Paraná, 2015.
179 f. : Il. ; 30 cm.

Dissertação: (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo do Campus de Ji-Paraná). – Universidade Federal de Rondônia.
Referências

1. Física – Estudo e ensino. 2. Física moderna contemporânea (Ensino médio). 3. Livros didáticos. I. Diniz, João Batista. II. Universidade Federal de Rondônia. III. Título

CDU : 53:37

Bibliotecária: Marlene da Silva Modesto Deguchi CRB 11/ 609

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO DE JI-PARANÁ/UNIR – PJIPAMNPEF

MNPEF

ATA DE AVALIAÇÃO DA DISSERTAÇÃO DO CURSO DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO JI-PARANA

Aos três dias do mês de setembro do ano de 2015, às 14:15h, no Auditório do *Campus* da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) de Ji-Paraná, reuniu-se a Banca Examinadora que foi composta pelos três examinadores: Carlos Mergulhão Júnior, Walter Trennepohl Júnior, Juliano Alves de Deus, para avaliarem o trabalho de dissertação de Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) – Polo de Ji-Paraná/UNIR intitulado "**Produção de materiais paradidáticos para a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**", do aluno **MARCO AURÉLIO DE JESUS**. A banca foi presidida pelo orientador João Batista Diniz o qual não participou na arguição e nem na avaliação do trabalho de dissertação. Após a apresentação, o candidato foi arguido apenas pelos três integrantes da Banca Examinadora por 01h05min (Uma hora e cinco minutos) minutos. Ao final da arguição, a Banca Examinadora, em sessão reservada, **APROVOU** o candidato com o conceito **"A"**, conforme as regras de aprovação estabelecidas no Regimento do MNPEF. Nada mais havendo a tratar, a avaliação foi encerrada às 16 horas e 05 minutos, dela sendo lavrada a presente ata, assinada por todos os três membros da Banca Examinadora e pelo orientador.

Prof. Dr. João Batista Diniz – PJIPAMNPEF/UNIR
Orientador (presidente)

Prof. Dr. Carlos Mergulhão Júnior – PJIPAMNPEF/UNIR
Primeiro Membro

Prof. Dr. Walter Trennepohl Júnior – PJIPAMNPEF/UNIR
Segundo Membro

Prof. Dr. Juliano Alves de Deus – IFRO
Terceiro Membro

Fund. Universidade Federal de Rondônia UNIR Campus de Ji-Paraná

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo apoio e compreensão, ao meu orientador pelo excelente direcionamento, aos professores do MNPEF pelas bases para que esse trabalho pudesse ser realizado e a Deus por me dar força para continuar minha jornada.

RESUMO

Desde seus primórdios, a Física Moderna e Contemporânea causou espanto, gerou controvérsias e fomentou discussões, dada a complexidade de alguns de seus conceitos. Mas o que se provou depois é que se trata de uma das áreas do conhecimento humano que mais contribuem para a análise dos fenômenos naturais e a compreensão das constantes descobertas científicas que repercutem diretamente no avanço tecnológico. Contudo, essa ciência geralmente não é lecionada no Ensino Médio e assim os jovens perdem a oportunidade de ter contato com descobertas mais recentes da Física. As justificativas para essa ausência vão desde a complexidade do tema até a falta de tempo de inseri-lo nas matrizes curriculares e planejamentos anuais. Contudo, estudos já apontaram que é necessário buscar metodologias de estudar a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio de modo a privilegiar a parte conceitual, histórica e sua aplicação prática, tudo isso de uma forma atraente e motivadora para o aluno. Diante dessa realidade, o presente trabalho apresenta uma metodologia baseada na produção de materiais paradidáticos que tratam a Física Moderna e Contemporânea simultaneamente à Física Clássica no Ensino Médio e ainda propõem atividades lúdicas para que alunos desse nível de escolaridade possam aprender enquanto se divertem. Tal metodologia foi desenvolvida e aplicada com sucesso em uma escola de Ensino Médio e os resultados foram amplamente satisfatórios, principalmente no que se refere à aprendizagem do tema e a motivação para o estudo da Ciência.

Palavras – Chave: Ensino de Física. Física Moderna e Contemporânea. Ensino Médio. Produção de Material Didático. Lúdico

ABSTRACT

Since its beginning, the Modern and Contemporary Physics surprised and, generated controversy and discussions, due to the complexity of some of its concepts. But what it was proved later that this is one of the areas of human knowledge that most contribute to the analysis of natural phenomena and understanding the constant scientific discoveries that directly impact on technological advancement. However, this science is not usually taught in high school and so young people lose the opportunity to have contact with more recent discoveries of physics. The reasons for this absence start from the complexity of the issue to the lack of time to insert it in the curriculum matrices and annual planning. However, studies have pointed out that it is necessary to seek methods to study Modern and Contemporary Physics in high school in order to privilege the conceptual part, historical and practical application, all in an engaging and motivating way for the student. Known this reality, this study presents a methodology based on the production of textbooks materials that deal Modern Physics and Contemporary simultaneously to classical physics in high school and still proposed recreational activities for students of this level of education who can learn while having fun. This methodology has been developed and successfully applied in a high school and the results were largely satisfactory, especially with regard to the subject of learning and the motivation for the study of science.

Keywords: Physical Education. Modern and Contemporary Physics. High School. Teaching Material Production. Recreational Activities.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 2. 1 - Obra “Física: Ensino Médio” 20
Ilustração 2. 2 - Obra “Física: Ciência e Tecnologia” 21
Ilustração 2. 3 - Obra “Universo da Física” 22
Ilustração 2. 4 - Obra "Física" 23
Ilustração 2. 5 - Obra “Física” 23
Ilustração 2. 6 - Obra “Física” 24
Ilustração 2. 7 - Obra “Compreendendo a Física” 25
Ilustração 2. 8 - Obra “Física: Contexto e Aplicações” 26
Ilustração 2. 9 - Obra “Física: Interação e Tecnologia” 26
Ilustração 2. 10 - Obra “Física Ciência e Tecnologia” 27
Ilustração 4. 1 - Velocidade relativa mesmo sentido 37
Ilustração 4. 2 - Velocidade relativa sentido oposto 37
Ilustração 4. 3 - Relatividade: o trem e os dois observadores 39
Ilustração 4. 4 - Relatividade: o observador “Albert” dentro do trem 40
Ilustração 4. 5 - Relatividade: o observador “Isaac” fora do trem 40
Ilustração 4. 6 - Triângulo dos deslocamentos 41
Ilustração 4. 7 - Antes da colisão 46
Ilustração 4. 8 - Choque perfeitamente elástico após a colisão 46
Ilustração 4. 9 - Choque parcialmente elástico 46
Ilustração 4. 10 - Montagem experimental do Efeito Fotoelétrico 48
Ilustração 4. 11 - Representação da emissão fotoelétrica 49
Ilustração 4. 12 - Representação da agitação das partículas 52
Ilustração 4. 13 - Ciclo da convecção 52
Ilustração 4. 14 - Lâmpada incandescente: exemplo de radiação térmica 53
Ilustração 5. 1- FMC: Uma Nova Perspectiva, Vol 1 59
Ilustração 5. 2 - Capa do Tutorial de Produção de vídeos 60
Ilustração 5. 3 - FMC: Uma Nova Perspectiva, Vol 2 61
Ilustração 5. 4 – Caderno de Passatempos 62
Ilustração 5. 5 – Passatempo “Cruzada Dupla” 63
Ilustração 5. 6 – Passatempo “Cruzada Direta” 64
Ilustração 5. 7 – Passatempo “Jogo dos 7 erros” 64

Ilustração 5. 8 – Passatempo “Sudoku” 65
Ilustração 5. 9 - FMC: Uma Nova Perspectiva, Vol 3 66
Ilustração 5. 10 – “Roleta Fotoelétrica” 68
Ilustração 5. 11 – “Moeda” do jogo: os fótons 68
Ilustração 5. 12 – Ficha da “Palavra Secreta” 69
Ilustração 5. 13 – Cartão com respostas 69
Ilustração 5. 14 – Capa da livreto de regras do jogo 70
Ilustração 5. 15 - FMC: Uma Nova Perspectiva, Vol 4 72
Ilustração 5. 16 – Tabuleiro do jogo “Trilha Radioativa” 73
Ilustração 6. 1 – Aula sobre Introdução à FMC 75
Ilustração 6. 2 – Alguns Draw My Life produzidos pelos alunos 76
Ilustração 6. 3 – Um dos vídeos apresentados à turma 77
Ilustração 6. 4 – Gráfico Comparativo de respostas da Questão 1 78
Ilustração 6. 5 – Gráfico Comparativo de respostas da Questão 2 78
Ilustração 6. 6 – Gráfico Comparativo de respostas da Questão 3 79
Ilustração 6. 7 – Gráfico Comparativo de respostas da Questão 4 79
Ilustração 6. 8 – Gráfico Comparativo de respostas da Questão 4 80
Ilustração 6. 9 – Aula sobre Relatividade Restrita 81
Ilustração 6. 10 – Alunos resolvendo os passatempos 81
Ilustração 6. 11 – Gráfico 1 da entrevista 82
Ilustração 6. 12 – Gráfico 2 da entrevista 83
Ilustração 6. 13 – Alunos jogando a “Roleta Fotoelétrica” 84
Ilustração 6. 14 – Alguns materiais que compõem a “Trilha Radioativa” 86
Ilustração 6. 15 – Alunos jogando a “Trilha Radioativa” 86
Ilustração 6. 16 – Jogando a “Trilha Radioativa” em sala 87

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio 33
FMC - Física Moderna e Contemporânea 13
IFRO - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia 16
LHC - Large Hadron Collider 13
MEC - Ministério da Educação 18
MNPEF - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física 18
PCNEM - Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio 14
PNLD - Programa Nacional do Livro Didático 25
PNLEM - Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio 14
SAJBETT - South American Journal of Basic Education, Technical and Technological 59
SBF - Sociedade Brasileira de Física 18
SBPC - Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência 27

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 13
1.1. – DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS 15
1.2. – IMPORTÂNCIA DA FMC NO ENSINO MÉDIO 15
1.3. – DELIMITAÇÃO DO TEMA 16
1.4. CARACTERÍSTICAS DA INSTITUIÇÃO E DAS TURMAS ONDE OCORREU A APLICAÇÃO 16
CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA DA PESQUISA 18
2.1. ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA 18
2.2. ENTREVISTA COM PROFESSORES DE FÍSICA 27
2.3. ADEQUAÇÃO DO PLANEJAMENTO ANUAL 29
2.4. ESTRUTURA DA PESQUISA 30
2.4.1. Questionário Inicial 30
2.4.2. Pré-teste com as atividades lúdicas 31
2.4.3. Coleta de dados e registro dos fatos 31
CAPÍTULO 3 – REVISÃO DE ESTUDOS RELACIONADOS 32
3.1. A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA 32
3.2. A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL 32
3.3. O LÚDICO NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM 34
CAPÍTULO 4 – CONTEÚDOS DE FÍSICA 36
4.1. PROPOSTA PARA INSERÇÃO DA FMC NO ENSINO MÉDIO 36
4.2. VELOCIDADE RELATIVA E TEORIA DA RELATIVIDADE 36
4.2.1. Velocidade Relativa 36
4.2.2. Teoria da Relatividade 38
4.3. CHOQUES MECÂNICOS E EFEITO FOTOELÉTRICO 43
4.3.1. Choques Mecânicos 43
4.3.2. Efeito Fotoelétrico 47
4.4. RADIAÇÃO TÉRMICA E RADIOATIVIDADE 51
4.4.1. Transmissão de Calor – Radiação Térmica 51
4.4.2. Radioatividade 53
CAPÍTULO 5 – DESCRIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO 57
5.1. ELABORAÇÃO DOS MATERIAIS PARADIDÁTICOS 57

5.2. FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOLUME 1 – INTRODUÇÃO À FMC 58
5.2.1. Caderno Pedagógico 1 58
5.2.2. Atividade Lúdica *Draw My Life* 59
5.3. FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOLUME 2 – RELATIVIDADE 60
5.3.1. Caderno Pedagógico 2 60
5.3.2. Passatempos 61
5.4. FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOLUME 3 – EFEITO FOTOELÉTRICO 66
5.4.1. Caderno Pedagógico 3 66
5.4.2. Roleta Fotoelétrica 67
5.5. FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOLUME 4 – RADIOATIVIDADE 71
5.5.1. Caderno Pedagógico 4 72
5.5.2. Trilha Radioativa 72
CAPÍTULO 6 – RELATO DA APLICAÇÃO EM SALA DE AULA 75
6.1. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL 1 75
6.1.1. Dificuldades encontradas durante a aplicação do Produto Educacional 1 77
6.1.2. Resultados obtidos com o Produto Educacional 1 78
6.2. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL 2 80
6.2.1. Dificuldades encontradas durante a aplicação do Produto Educacional 2 82
6.2.2. Resultados obtidos com o Produto Educacional 2 82
6.3. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL 3 83
6.3.1. Dificuldades encontradas durante a aplicação do Produto Educacional 3 84
6.3.2. Resultados obtidos com o Produto Educacional 3 84
6.4. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL 4 85
6.4.1. Dificuldades encontradas durante a aplicação do Produto Educacional 4 86
6.4.2. Resultados obtidos com o Produto Educacional 4 87
CONCLUSÃO 88
REFERÊNCIAS 89
APÊNDICE A – INSTRUÇÕES INICIAIS DO PRODUTO EDUCACIONAL 92
APÊNDICE B – FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOL 1 94
APÊNDICE C – TUTORIAL DE EDIÇÃO DE VÍDEOS 101
APÊNDICE D – FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOL 2 109
APÊNDICE E – CADERNO DE PASSATEMPOS 124
APÊNDICE F – FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOL 3 132
APÊNDICE G – REGRAS DA ROLETA FOTOELÉTRICA 136

APÊNDICE H – MATERIAL PARA IMPRESSÃO DA ROLETA.....138
APÊNDICE I – FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOL 4.....148
APÊNDICE J – REGRAS DA TRILHA RADIOATIVA.....154
APÊNDICE K – MATERIAL DE IMPRESSÃO DA TRILHA.....156
APÊNDICE L – ENTREVISTA COM PROFESSORES.....163
ANEXO A – AUTORIZAÇÃO PARA EXECUÇÃO DA PESQUISA.....165
ANEXO B – RESUMO PUBLICADO EM ANAIS DA 66ª SBPC.....167
ANEXO C – ARTIGO PUBLICADO NA SAJEBTT.....169
ANEXO D – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO NA 67ª SBPC.....178

INTRODUÇÃO

A Física é a ciência que tem por finalidade analisar as leis que regem o Universo, as interações entre matéria e energia e as causas e consequências de fenômenos naturais, por isso, geralmente é definida como a "Ciência da Natureza". É papel da Física buscar explicações para fenômenos que vão desde interações subatômicas às transformações ocorridas em galáxias distantes; compreensão do decaimento de um material radioativo à criação de matéria devido à explosão de uma supernova. Esses fenômenos podem ser objeto de estudo tanto de cientistas e acadêmicos do ensino superior de física quanto de alunos do Ensino Médio.

Entretanto, para isso é necessário compreender essa ciência em sua plenitude, acompanhar os avanços e descobertas dos últimos anos e reconhecer que o desenvolvimento científico das últimas décadas e as tecnologias atuais não podem mais ser explicados por conceitos formulados há centenas de anos. É exatamente nesse ponto que Física Moderna e Contemporânea (FMC) tem seu papel fundamental.

Como exemplo, pode ser citado o famoso acelerador de partículas *LHC – Large Hadron Collider* (em português, Grande Colisor de Hádrons), localizado próximo à Genebra, na Suíça e criado por uma organização europeia. O invento teve grande destaque na mídia, gerou polêmica e expectativas, além de ter sido o centro de debates entre físicos do mundo inteiro em virtude de ter como um de seus objetivos a identificação do bóson de Higgs, também conhecida como a "partícula de Deus". O bóson de Higgs, até então hipotético, teria propriedade de fornecer massa às partículas. No entanto, para compreender o funcionamento e a finalidade do acelerador é necessária ao menos uma noção de FMC, caso contrário, uma das maiores cadeias de eventos da ciência pode ser confundida com um mero espetáculo pirotécnico que consumiu milhões de euros para ser realizado.

Contudo, não se trata de negar toda a evolução da ciência ao longo dos anos, pois nas palavras de Biezunski (1993, p. 10) a Física Moderna "[...] é herdeira de desenvolvimentos que remontam geralmente à época de Galileu no que respeita à física clássica". Em outras palavras a FMC sedimenta a Física nos vários campos de atuação, pois apresenta as limitações dos modelos clássicos.

Diante dessa realidade, um professor de Física do Ensino Médio não poderia explicar fenômenos dessa proporção usando somente a "Física newtoniana". A preocupação que assola boa parte dos educadores da área é exatamente o acesso dos alunos da educação básica à FMC,

que geralmente não é levada em consideração na organização curricular das escolas, principalmente nas públicas.

> Os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não veem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente.
> (OSTERMANN e MOREIRA, 2000, p. 24)

Não obstante o fato de os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) de Física também orientarem sobre a importância da FMC para o cotidiano dos jovens, sobretudo no que tange à tecnologia:

> Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma a que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e *lasers* presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores.
> (BRASIL, 2000, p. 19)

Mas, se é tão evidente a importância da abordagem da FMC no Ensino Médio, por que poucos professores promovem o estudo do tema nesse nível escolar? Tanto Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007, p. 451) quanto Kessler (2008, p. 72) apontam a falta de tempo em virtude da reduzida carga horária da Física enquanto componente curricular, além da escassez de materiais didáticos específicos sobre o tema, dentre outros fatores relatados por professores. Felizmente pesquisas vem sendo realizadas com o intuito de proporcionar o ensino efetivo dessa ciência. Inclusive os livros didáticos que compõem o catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM) tem evoluído muito na abordagem do tema, mesmo que em boa parte das obras a FMC aparece nos capítulos finais dos últimos volumes (3º ano).

Diante do exposto, seria de extrema importância o estudo da FMC para despertar a curiosidade, o interesse e atenção dos alunos do Ensino Médio, proporcionando-lhes uma visão completa do mundo que os cercam, pois conforme Siqueira (2006, p.8), a FMC pode mostrar aos jovens uma nova visão sobre a natureza, pois ainda é algo novo, que ainda está em construção, diferente da Física finalizada que geralmente é passada para eles.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma metodologia de produção e utilização de materiais paradidáticos para a inserção da FMC no Ensino Médio simultaneamente ao ensino da Física Clássica. Tais materiais são compostos de um caderno pedagógico contendo a FMC e uma atividade lúdica referente a cada tema. No decorrer dessa dissertação será possível verificar que a referida metodologia foi aplicada com sucesso em uma escola de Ensino Médio da cidade de Ji-Paraná, no estado de Rondônia.

1.1. – DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

Os capítulos do presente trabalho estão ordenados da seguinte maneira:

- Capítulo 2 – descrição da metodologia utilizada nas etapas da pesquisa.
- Capítulo 3 – embasamento pedagógico com fundamentação na Aprendizagem Significativa de Ausubel.
- Capítulo 4 – resumo dos conteúdos específicos de Física abordados.
- Capítulo 5 – descrição da elaboração do Produto Educacional
- Capítulo 6 – relato da aplicação do produto educacional em sala de aula
- Capítulo 7 – Considerações finais e resultados obtidos

1.2. – IMPORTÂNCIA DA FMC NO ENSINO MÉDIO

Conforme já fora citado anteriormente, em um mundo em constantes transformações, com tantos avanços tecnológicos e acesso a informação quase em tempo real, o professor de Física não pode voltar suas atenções apenas para uma ciência formulada a vários séculos atrás. Essa demanda não é algo exclusivo dessa década. Pesquisadores em ensino de Física como Valadares e Moreira (1998, p. 121) já citavam a importância de inserir o tema na educação básica no final dos anos 90, tendo em vista que a FMC alavancou a ciência e consequentemente a produção de artefatos tecnológicos que facilitam a vida das pessoas.

O outro aspecto relevante para se estudar a FMC no Ensino Médio é o fato de que esse tema pode minimizar o processo de fragmentação da Física em blocos geralmente desconexos, como por exemplo ensinar uma Mecânica que não se relaciona com a Óptica, que é completamente independente da Termodinâmica, que por sua vez não tem nenhuma relação com o Eletromagnetismo. A FMC complementa e agrega grandes áreas da Física e pode até mesmo melhorar a compreensão de fenômenos tipicamente clássicos.

Por fim, Ostermann e Moreira (2001, p. 145) ressaltam a importância de metodologias e produções de materiais didáticos voltados para esse fim, abandonando de vez a ideia de que os alunos não conseguirão compreender o tema, mas sim buscando meios eficazes de abordar esses tópicos.

1.3. – DELIMITAÇÃO DO TEMA

Os temas de FMC escolhidos foram aqueles possíveis de estabelecer uma relação direta com o que tradicionalmente está sendo lecionado no Ensino Médio: A Teoria da Relatividade logo após a Velocidade Relativa na Cinemática do 1º Ano; o Efeito Fotoelétrico concatenado com colisões mecânicas (1º Ano) e a Radioatividade que pode ser abordada em paralelo à transmissão de calor no 2º ano.

1.4. CARACTERÍSTICAS DA INSTITUIÇÃO E DAS TURMAS ONDE OCORREU A APLICAÇÃO

A aplicação da metodologia ocorreu no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, campus de Ji-Paraná, uma conceituada instituição de ensino focada nos três pilares da educação: Ensino, Pesquisa e Extensão. Teve seu início em 2009 e atualmente oferece os cursos técnicos integrados ao Ensino Médio de Informática, Florestas e Química (duração de quatro anos), além do curso subsequente de Informática e de Licenciatura em Química.

O ingresso na instituição para o Ensino Médio se dá por meio de processo seletivo anual, composto de uma prova teórica. A instituição, por meio de projetos assistenciais pode conceder auxílios estudantis como uniforme, vale transporte, auxílio alimentação, bolsas de monitoria e de iniciação à pesquisa, dentre outros.

As turmas que fizeram parte desse estudo foram as do 1º, 2º e 3º ano do Ensino Técnico integrado ao Médio de Química dos períodos matutino e vespertino nos anos letivos de 2014 e de 2015, totalizando seis turmas. O motivo da escolha se deu pelo fato de que estas turmas foram atribuídas pela instituição ao autor da dissertação, que conforme orientação da SBF, aplicou a metodologia em suas próprias turmas, colheu os dados e os apresenta agora nessa dissertação.

As turmas dos 1º Anos do Ensino Médio de 2015 têm em média 42 alunos oriundos de diversas escolas, sejam públicas ou particulares e alguns alunos moram em municípios vizinhos de Ji-Paraná e se deslocam de ônibus até a instituição. Há um considerável número de alunos

com defasagem de pré-requisitos básicos de matemática e interpretação de texto, condição que geralmente é atenuada pelos programas de nivelamento e monitoria da instituição. Quanto ao comportamento, há episódios isolados de indisciplina como conversas paralelas ou uso irregular de eletrônicos, mas que se forem prontamente coibidos pelo professor tende a cessar. De um modo geral, mesmo sendo uma turma muito numerosa, o comprometimento é satisfatório.

Os 2º Anos de Química demonstram maior maturidade o que facilita muito o trabalho. Boa parte dos alunos já se engajou em projetos de ensino, pesquisa ou extensão e, portanto, tem um maior comprometimento que seus colegas da série anterior. Infelizmente, as turmas diminuem consideravelmente do 1º para o 2º Ano, de modo que o 2º "B" do período vespertino (até a data da redação deste trabalho) contava com apenas 21 alunos. Os motivos vão de reprovações à não adaptação do aluno à filosofia da instituição.

Já os 3º Anos de Química são compostos por alunos bem mais conscientes e decididos, que continuam participando de projetos e geralmente expondo seus trabalhos em eventos nacionais e regionais, com fomento da instituição. Há raros casos de falta de interesse ou indisciplina. O problema ainda é o alto índice de transferências do 2º para o 3º ano, pois muitos alunos decidem ir para outras escolas e concluir o Ensino Médio em três anos, ao invés de quatro como no IFRO.

CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA DA PESQUISA

Em carta aberta aos mestrandos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF, o presidente da Sociedade Brasileira de Física (SBF), professor Marco Antônio Moreira (2015) afirma que a pesquisa básica, aquela que busca apenas produzir conhecimentos, mas sem resolver algum problema, não é o foco desse mestrado. Porém, em um outro artigo (MOREIRA, 2015, p. 5) ressalta a importância de outro tipo de pesquisa:

> A pesquisa translacional também se coaduna bem com a filosofia dos mestrados profissionais em ensino. A metáfora da translação significa transladar para a sala de aulas os resultados da pesquisa em ensino. Isso significa que essa pesquisa deve ser aplicada ou que os resultados da pesquisa básica em ensino devem ser traduzidos à linguagem da prática.
>
> (MOREIRA, 2015, p. 5)

Logo, não é objetivo desse mestrado uma busca de dados estáticos, meramente focada na publicação e sim realizar uma pesquisa que proporcione uma mudança significativa na qualidade de ensino de Física. Considerando que é o professor quem deve buscar uma forma de pesquisa que se adeque a sua necessidade e à sua visão da Ciência (GONÇALVES, 1997, p. 105), optou-se por uma análise qualitativa das pesquisas, conforme estrutura a seguir:

- Análise dos Livros didáticos de Física;
- Entrevista com professores de Física;
- Adequação do Planejamento Anual;
- Estrutura da Pesquisa
  - Questionário Inicial
  - Pré-teste com as atividades lúdicas
  - Coletas de dados e registro de fatos

2.1. ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA

Espera-se que um livro didático de Física proporcione o acesso dos alunos um conhecimento comprovadamente importante para sua formação. Para o Ministério da Educação - MEC o livro didático deve:

> [...] oferecer informações atualizadas, de forma a apoiar a formação continuada dos professores, na maioria das vezes impossibilitados, pela demanda de trabalho, de atualizar-se em sua área específica. Dessa forma, a escolha do livro deve ser criteriosa e afinada com as características da escola, dos alunos e com o contexto educacional em que estão inseridos.
>
> (BRASIL, 2007, p. 17)

Tal citação a respeito de atualizações fortalece a importância e a necessidade do ensino da FMC e, consequentemente, sua abordagem em livros do Ensino Médio.

Portanto, faz-se necessário uma verificação de como as obras de Física voltadas para esse nível de escolaridade tratam a FMC, de modo que, se esses livros não dedicassem ao tema uma atenção considerável, a produção de materiais paradidáticos se justificaria.

Diante do exposto, a seguir serão apresentadas as análises dos livros didáticos de Física que compuseram os catálogos nacionais de 2008 e 2012, tendo como parâmetro a forma como a Física Moderna é abordada nas obras. Tal análise está baseada nos Critérios de Qualificação definidos pelo MEC através do Catálogo do PNLEM. Foram analisados os aspectos gerais das obras, contudo, como o objeto de estudo é a Física Moderna, foi dado ênfase aos Critérios de Qualificação de números 36 e 37, que respectivamente questionam se o livro oferece:

> Estímulo ao uso do conhecimento científico como elemento para a compreensão dos problemas contemporâneos, para a tomada de decisões e a inserção dos alunos em sua realidade social.
>
> Proposição de discussões sobre as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, dando elementos para a formação de um cidadão capaz de apreciar criticamente e posicionar-se diante das contribuições e dos impactos da Ciência e da Tecnologia sobre a vida social e individual.
>
> (BRASIL, 2007, p. 65)

Portanto, o próprio PNLEM deixa clara a importância do estudo da FMC nesse nível de ensino.

No ano de 2008 o MEC solicitou aos professores das redes públicas que selecionassem os livros a serem utilizados a partir de 2009, ano em que pela primeira vez houve distribuição de livros de Física. Os livros foram analisados pelo MEC e os títulos de Física aprovados para o PNLEM foram relacionados mediante Portaria nº 366, de 31 de janeiro de 2006 e as editoras começaram a enviar exemplares para a análise dos professores.

As obras foram as seguintes:

1 - “Física: Ensino Médio”, de Antônio Luz e Beatriz Álvares, editora Scipione, volumes 1, 2 e 3.

Ilustração 2. 1 - Obra “Física: Ensino Médio”

De um modo geral, é um livro muito bem contextualizado, que relaciona os conteúdos apresentados com situações cotidianas. Os conceitos são precedidos de exemplos concretos, abordagens históricas, com linguagem clara e simples. Há ainda exercícios em bom número, distribuídos por grau de dificuldade, com boa variedade de exemplos resolvidos. Apresenta ainda interdisciplinaridade, visto que faz referência a diversas áreas do conhecimento, interligando-as com a Física.

Em relação à Física Moderna há poucas correspondências entre os conceitos clássicos e modernos no momento em que os estes são apresentados, como por exemplo, no final do Capítulo 9 do volume 2, onde sucintamente se refere à descoberta do nêutron e no final do capítulo 22 (como um tópico especial) aborda o acelerador de partículas ciclotrón. Finalmente no Capítulo 25 do volume 3 (o último capítulo do livro), intitulado “A Nova Física”, os autores apresentam uma síntese de algumas teorias quânticas e alguns tópicos de cosmologia. O livro inclusive faz referência aos aceleradores de partícula, situando historicamente a descoberta dos hádrons, quarks e léptons e até mesmo expondo as características dessas partículas.

Nos outros volumes há alguns tópicos relacionados à Física Moderna, como por exemplo, no Capítulo 15 do volume 2, ao tratar da refração da luz, o livro aborda de maneira resumida a teoria de Einstein sobre a expansão do universo e a Teoria da Relatividade Restrita. No mesmo volume, um tópico no final do capítulo 15 cita o modelo corpuscular da luz e faz uma breve referência à dualidade onda partícula, entretanto o efeito fotoelétrico não é citado. Há ainda outros pontos abordados como apêndice de capítulos e muito poucos com referência direta ou contraponto ao conceito clássico.

Finalizando a análise, fica a impressão de que, apesar de discutir alguns dos temas mais relevantes Física Moderna ao longo do texto, o livro poderia ressaltar em quais pontos os conhecimentos atuais suplantam ou complementam a Física Clássica. Contudo, dentre os livros analisados é um dos que mais abordam a Física Moderna.

2 - “Física: Ciência e Tecnologia”, de Paulo César Martins Penteado e Carlos Magno Azinaro Torres, editora Moderna, volumes 1, 2 e 3

Ilustração 2. 2 - Obra “Física: Ciência e Tecnologia”

Um livro dinâmico, que mais parece uma revista e obviamente chama a atenção do leitor. Apresenta muitas gravuras, caixas de texto bem localizadas, conceituação clara e boa contextualização. Os exercícios, que em sua maioria são retirados de vestibulares e outros processos seletivos e são em bom número, apesar de não haver uma escala de nível de dificuldade.

Em se tratando de Física Moderna essa obra é diferenciada e se não fosse um detalhe que será relatado a seguir, poderia ser considerada ideal sob o ponto de vista da proposta deste estudo. Há três capítulos inteiros dedicados ao assunto (Capítulos 5, 6 e 7 do volume 3), com abordagem clara e bom embasamento histórico. O Capítulo 5 trata da Teoria da Relatividade com maestria e excelentes meios didáticos, muitas ilustrações e apesar da linguagem simples, não perde qualidade conceitual. O Capítulo 6 trata da Física Quântica com as mesmas características do capítulo anterior, citando Max Planck, o efeito fotoelétrico, o modelo atômico de Bohr, dentre outros. Já o Capítulo 7 trata da radioatividade com ênfase nos seus efeitos ao corpo humano e suas aplicações médicas e bélicas, tudo isso sem deixar de descrever física e matematicamente os processos de decaimento radioativo, fusão e fissão nuclear.

O “detalhe” citado no parágrafo acima, que tira da coleção de Penteado e Torres a condição de ideal no que se refere à Física Moderna, é justamente o fato dos Capítulos 5, 6 e 7 serem os capítulos finais do último volume da obra. Fatores como calendário escolar apertado, planejamento anual que privilegia alguns conteúdos em detrimento a outros além do despreparo de alguns professores, tornam quase impossível alcançar esses fantásticos capítulos dentro do ano letivo regular.

Uma opção seria a inserção desses capítulos em concomitância com os conceitos clássicos que possibilitam a interação direta com a Física Moderna, como por exemplo, ao tratar de ondulatória ou de óptica no 2º ano (volume 2) abordar a dualidade onda - partícula da luz. Ou ao tratar de choques mecânicos no volume 1 tratar também das colisões de partículas subatômicas. Apesar desse contratempo, ao final desta análise, será possível notar que esta obra aparenta ser a mais completa em se tratando de elementos da Física Moderna nos livros que compuseram o PNLEM 2009.

3 - "Universo da Física", de José Luiz Sampaio e Caio Sérgio Calçada, editora Atual, volumes 1, 2 e 3.

Ilustração 2. 3 - Obra "Universo da Física"

Uma obra com boa contextualização, com seções interessantes como "Não é bem assim" que trata de elucidar conceitos incorretos utilizados frequentemente; "Física no devido tempo": a vida e obra de grandes físicos e "Você pode fazer": experimentos fáceis e bastante significativos.

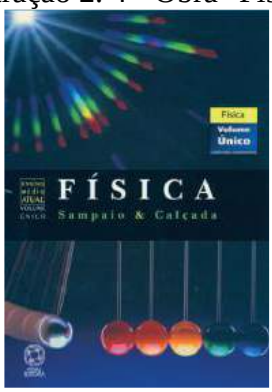
Os exercícios são em bom número, mas na maioria dos capítulos se referem apenas à aplicação de fórmulas, havendo poucos exercícios conceituais.

Em relação à Física Moderna, a obra apresenta poucos tópicos ao longo dos volumes. No volume 1, ao tratar das Leis de Newton no Capítulo 10, em um apêndice o livro faz referência às limitações dessas leis quando corpos se aproximam da velocidade da luz. No mesmo volume, igualmente em um apêndice, cita os fótons, indicando que a luz também tem momento linear (Capítulo 17). Enquanto no volume 2 não há referências à Física Moderna, o volume 3 tem dois capítulos voltados ao assunto. Novamente, há o problema de serem os

últimos capítulos do livro além de não apresentar nada sobre radioatividade. Contudo, a relatividade é bem descrita e a abordagem à Mecânica Quântica é satisfatória.

4 - “Física”, de José Luiz Sampaio e Caio Sérgio Calçada, editora Atual, volume único.

Ilustração 2. 4 - Obra "Física"



Uma obra mais sintetizada dos mesmos autores da obra “Universo da Física”, contudo em volume único. Apresenta as mesmas características da obra em três volumes, entretanto, em Rondônia as coleções de volumes únicos não foram bem aceitas, em virtude da deterioração que os livros sofrem de um ano para outro. Logo, até a próxima escolha nacional, os livros não teriam condições de uso.

5 - “Física”, de Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano, editora Scipione, volume único.

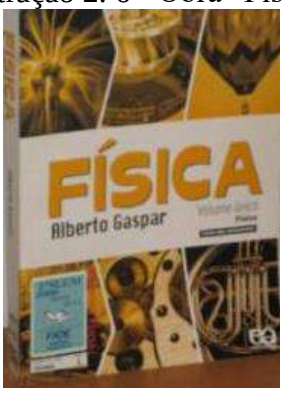
Ilustração 2. 5 - Obra “Física”

O livro apresenta boa contextualização, prioriza a problematização e situa as descobertas científicas no contexto histórico. Há exercícios em boa quantidade e bem distribuídos por grau de dificuldade. Há ainda propostas de experimentos simples que podem ser feitos pelos próprios alunos. A obra apresenta uma proposta metodológica diferenciada ao apresentar a cinemática vetorial e escalar em “Capítulos Complementares”.

No que diz respeito à Física Moderna, o livro apresenta uma rápida introdução ressaltando que a Física é uma “ciência em transformação” (entretanto sem muitos detalhes), um apêndice sobre energia relativística ao final do capítulo “Energia”, um breve tratado sobre a dualidade onda-partícula da luz no capítulo sobre Óptica e alguns breves comentários em outros capítulos. Em alguns pontos, intenção dos autores se assemelha com a proposta deste estudo, pois a obra apresenta algumas inserções da Física Moderna no decorrer dos capítulos, ainda que de forma sucinta.

6 - “Física”, de Alberto Gaspar, editora Ática, volume único.

Ilustração 2. 6 - Obra “Física”



Tem boa contextualização, geralmente iniciando os conteúdos com exemplos práticos. Apresenta exercícios em boa quantidade e possui pontos onde há interdisciplinaridade. Um ponto negativo é referente às dimensões do livro, principalmente a espessura, pois se trata de uma obra de 552 páginas, inapropriado para adolescentes que provavelmente reclamariam de seu volume e massa.

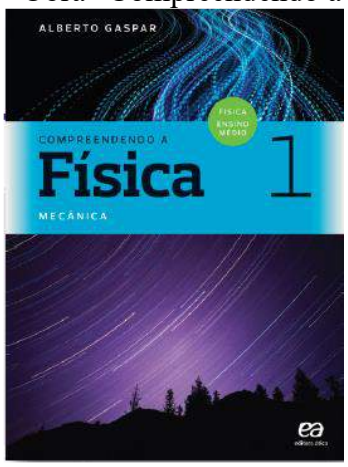
Quanto à Física Moderna, a exemplo dos outros livros, há no último capítulo alguns itens sobre o tema, tudo de forma muito resumida. Não foram verificadas inserções do tema no decorrer do livro.

De um modo geral, as coleções que compuseram o catálogo daquele ano deixavam um pouco a desejar sobre o tema, salvo algumas exceções que o abordavam mesmo que no final de capítulos ou volumes.

Contudo, comparando a primeira seleção de 2009 com a mais recente (2015) a evolução é muito evidente. Para fins de comparação, serão abordados apenas as obras do Programa Nacional do Livro Didático - PNLD 2015 de autores que também concorreram no PNLEM de 2009:

1. “Compreendendo a Física”, de Alberto Gaspar, editora Ática, volume 1, 2 e 3.

Ilustração 2. 7 - Obra “Compreendendo a Física”



O livro faz breves referências sobre FMC ao longo dos volumes, mas o foco é mesmo no livro do 3º Ano, onde aborda a Relatividade e a Mecânica Quântica após Eletromagnetismo. Em comparação com a obra de 2009, houve uma considerável evolução no trato da FMC, contudo a ênfase no 3º Ano como último conteúdo ainda pode prejudicar o ensino do tema.

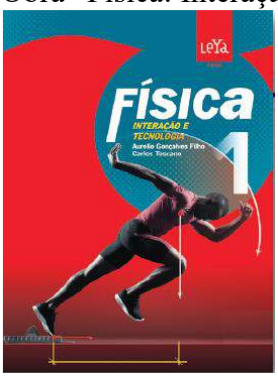
2 - “Física: Contexto e Aplicações”, de Antônio Luz e Beatriz Álvares, editora Scipione, volumes 1, 2 e 3.

Ilustração 2. 8 - Obra “Física: Contexto e Aplicações”

A obra que em 2009 já citava elementos da FMC, agora surpreende ao mostrar tópicos do assunto no decorrer dos capítulos. Tal abordagem vem bem ao encontro da proposta deste trabalho.

3 - “Física: Interação e Tecnologia”, de Aurélio Gonçalves Filho e Carlos Toscano, editora Leya, volumes 1, 2 e 3.

Ilustração 2. 9 - Obra “Física: Interação e Tecnologia”



Uma grande mudança entre a coleção de 2009 e a atual fez dessa obra uma das mais completas em se tratando de FMC, pois o tema é tratado em todos os volumes da coleção. Pode-se considerar que a coleção é a que mais se assemelha à esta proposta.

4 – “Física Ciência e Tecnologia”, de Carlos Magno A. Torres, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antonio de Toledo Soares, Paulo Cesar Martins Penteado. Editora Moderna, volumes 1, 2 e 3

Ilustração 2. 10 - Obra “Física Ciência e Tecnologia”

A FMC não recebeu tanta atenção nessa obra, tendo se resumido basicamente em três capítulos e em pequenas inserções nos volumes da coleção. As abordagens da obra são bem fundamentadas, mas sua coleção de 2009 causou uma impressão melhor que a atual.

Portanto, conclui-se que os livros didáticos aprovados pelo MEC evoluíram muito na abordagem à FMC, mas em sua maioria ainda apresentam o conhecimento de maneira um tanto desconexa dos temas clássicos. Mesmo isso não sendo uma exigência para os autores, o princípio que norteia esse trabalho é o ensino simultâneo das duas vertentes da Física, de modo que a produção de um material didático específico se justifica.

2.2. ENTREVISTA COM PROFESSORES DE FÍSICA[1]

Essa pesquisa teve como objetivos verificar como o ensino da FMC está sendo abordado nas escolas públicas de nível médio, analisar a importância dada pelos professores de física a este ramo da ciência e identificar as principais dificuldades enfrentadas para lecionar FMC e quais as metodologias que podem contribuir para uma aprendizagem significativa.

Realizou-se uma entrevista estruturada com professores da rede pública de educação de Rondônia, abordando os aspectos do estudo da Física Moderna no Ensino Médio. Foi elaborado um formulário online (Google Docs), cujo link foi enviado para os e-mails de professores de Física conhecidos ou colegas de trabalho. Nesse formulário os professores puderam voluntariamente responder a perguntas sobre sua formação, seu tempo de docência, a importância dada ao ensino da FMC no Ensino Médio, as dificuldades de trabalhar o tema nesse

[1] Pesquisa apresentada em forma de pôster na 66ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência – SBPC, Rio Branco – AC, 2014.

nível de ensino, bem como a identificação e a abordagem de conteúdos de FMC nos livros didáticos. Os entrevistados também escolheram algumas metodologias que julgaram mais eficientes para o ensino da FMC.

Por fim, responderam se consideravam importante participarem de cursos de qualificação sobre o assunto em questão. Após uma semana, os dados foram recolhidos, tabulados e analisados.

O questionário foi respondido por 42 professores de 9 municípios do estado de Rondônia, um número que surpreendeu positivamente. Dos entrevistados, 52% são formados em Física, 31% em Matemática, 10% em Química e 7% em Biologia. Quanto ao nível de formação, 55% são especialistas, 21% cursam mestrado, 10% fazem curso de especialização, 7% possuem apenas graduação e 7% são doutores ou doutorandos.

Aproximadamente 74% consideram o estudo da Física Moderna no Ensino Médio indispensável ou muito importante. Cerca de 40% dos professores consideram o número insuficiente de aulas de Física o fator que mais dificultaria a aplicação da metodologia apresentada, enquanto 19% apontaram a falta de recursos didáticos, 17% a própria falta de conhecimento sobre o tema e 10% apontaram algum tipo de dificuldade dos alunos.

Poucos professores relataram algum tipo de abordagem efetiva da Física Moderna em sala de aula (11%). Foram apresentadas algumas metodologias para inserir a Física Moderna no Ensino Médio e 48% dos entrevistados consideram que o tema deve ser tratado ao mesmo tempo em que a Física Clássica fosse ensinada; 21% preferem um projeto paralelo; 17% acham que a Física Moderna deve ser distribuída ao final de cada ano, como um tópico especial, enquanto 14% escolheram ao término do conteúdo do 3º Ano, após Eletromagnetismo.

Observou-se nessa entrevista que professores com formação na área de Ciências Naturais valorizam muito mais a Física Moderna do que os formados em Matemática, que ainda apresentaram maior dificuldade em compreender o tema, provavelmente pela ausência de formação específica. Outro ponto a ser evidenciado é o fato que 41 dos 42 entrevistados consideram importante receber algum curso de qualificação em Física Moderna, o que denota um reconhecimento da importância do tema para a educação básica ou uma admissão da própria dificuldade do professor sobre o assunto e uma postura favorável para a formação.

Essa entrevista possibilitou ter uma ideia de que a abordagem da FMC no Ensino Médio das escolas públicas de Rondônia pode ser insuficiente, apesar de a maioria dos entrevistados reconhecerem sua importância para esse nível escolar. Segundo os professores, o número reduzido de aulas semanais é a principal dificuldade para o ensino do tema, seguida de falta de

recursos didáticos, falta de conhecimento dos próprios docentes e dificuldades de compreensão por parte dos alunos.

Foram elencadas cinco propostas metodológicas para a abordagem do assunto, sendo que a maioria dos entrevistados preferiram o estudo concomitante da Física Moderna com a Física Clássica, além de terem sido bastante receptivos quanto à possibilidade de participarem de um curso de capacitação na área.

Diante do exposto, a entrevista se mostrou amplamente satisfatória, pois proporcionou dados relevantes sobre o perfil dos professores de Física entrevistados e sua relação com a FMC.

2.3. ADEQUAÇÃO DO PLANEJAMENTO ANUAL

Diante da análise dos livros didáticos e da entrevista com os professores ficou clara a importância de produzir um material pedagógico de apoio para o ensino de FMC para o nível médio. Mas inserir o tema em uma matriz curricular com poucas aulas semanais e ainda sujeita a um calendário geralmente instável (dispensa de aulas, eventos culturais, palestras, feriados prolongados, etc.) não é uma algo simples. Mas o educador deve compreender que seu planejamento é de extrema importância, mas não é algo imutável:

> O professor que deseja realizar uma boa atuação docente sabe que deve participar, elaborar e organizar planos em diferentes níveis de complexidade para atender, em classe, seus alunos. Pelo envolvimento no processo ensino-aprendizagem, ele deve estimular a participação do aluno, a fim de que este possa, realmente, efetuar uma aprendizagem tão significativa quanto o permitam suas possibilidades e necessidades. O planejamento, neste caso, envolve a previsão de resultados desejáveis, assim como também os meios necessários para alcançá-los. A responsabilidade do mestre é imensa. Grande parte da eficácia de seu ensino depende da organicidade, coerência e flexibilidade de seu planejamento
>
> (TURRA et. al. 1995, p. 18-19)

Portanto, para que a metodologia fosse exequível seria necessário fazer uma adaptação em toda a ementa do curso, o que levaria algum tempo, pois a proposta de alteração teria que passar pela apreciação de um conselho específico da instituição de ensino. Contudo, os conteúdos de FMC já constam implicitamente nas ementas (mesmo que apenas no 3º Ano), então o professor tem a autonomia de reorganizá-la em seu planejamento anual com a devida autorização da gestão escolar.

Seguindo esse procedimento, foi apresentado à Direção de Ensino do IFRO (segundo cargo na hierarquia da gestão) o planejamento anual e uma solicitação de aplicação da metodologia de produção de materiais didáticos nas séries do Ensino Médio. As inserções de temas da FMC devidamente aprovados pela gestão escolar estão descritas no Anexo A.

2.4. ESTRUTURA DA PESQUISA

A pesquisa propriamente dita se deu com os objetos de estudo dessa dissertação, os alunos. Partindo de um questionário inicial, passando por pré-testes das atividades e chegando à coleta dos dados, os alunos foram os postos-chave da pesquisa, pois a mesma só se justifica se trouxer alguma melhoria para o desempenho escolar deles.

2.4.1. Questionário Inicial

Com o intuito de fazer um diagnóstico sobre os conhecimentos dos alunos do Ensino Médio sobre a FMC, foi elaborado um questionário no qual os mesmos deveriam responder perguntas relacionadas às características gerais do tema. Nas cinco perguntas realizadas, os alunos deveriam: (1) responder se já ouviram falar em FMC; (2) marcar a melhor opção que descreve a FMC; (3) relacionar o nome de um físico com suas respectivas descobertas; (4) citar em uma escala de 0 a 5 seu conhecimento sobre um determinado tema e (5) expressar seu nível de interesse por alguns ramos da Física (também em uma escala de 0 a 5). Foram entrevistados 142 alunos dos três anos do Ensino Médio.

Para a primeira pergunta 64% dos alunos já conheciam o termo Física Moderna e Contemporânea, enquanto 36% desconheciam completamente. Na questão 2, 68% dos entrevistados erraram a resposta. Na questão 3, cerca de 2% dos alunos acertaram todas as relações entre os cientistas e suas descobertas, enquanto 27% acertaram mais da metade (mas não acertaram todas), 57% acertaram menos da metade (mas não erraram todas) e 14% erraram todas as relações. Na questão 4 os alunos ratificaram as questões anteriores, sendo que as escalas 0 (28%) e 1 (46%) se sobressaíram nas respostas. Por fim, na questão 5 foi possível observar que os temas relacionados a FMC foram os que receberam as maiores médias da

avaliação (1º Teoria da Relatividade: 4,57; 2º Efeito Fotoelétrico: 4,35; 3º Radioatividade: 4,21; 4º Dualidade onda-partícula: 4,14).

Com esse questionário foi possível avaliar que mesmo já tendo ouvido falar e ainda que demonstrem bastante interesse sobre FMC, os alunos apresentaram pouco conhecimento sobre o assunto, o que justifica a necessidade de abordar o tema.

2.4.2. Pré-teste com as atividades lúdicas

Antes da aplicação das atividades lúdicas, dois grupos de cinco alunos voluntários eram aleatoriamente sorteados para virem na escola em horário oposto para fazerem o pré-teste das referidas atividades. Esse procedimento visava analisar o conhecimento prévio dos alunos sobre os temas supracitados, além de encontrar possíveis falhas no produto ou na metodologia. Os alunos poderiam ainda sugerir alterações que melhorassem as atividades, bem como apontar trechos das instruções que não estavam bem claro para os jogadores.

Em algumas atividades foram contados os números de erros e acertos para que depois das aulas sobre o tema fosse possível traçar um comparativo. Com base nessas informações, as atividades lúdicas eram atualizadas, levando-se em conta a opinião de quem realmente iria se beneficiar com elas: os alunos.

2.4.3. Coleta de dados e registro dos fatos

Em cada uma das etapas do trabalho foram feitos registros de fotos e de falas dos alunos, com a devida autorização dos mesmos. Contudo, as imagens contidas nesta dissertação não revelam os rostos dos alunos, para manter sua privacidade. Durante todas as aulas os mesmos estavam cientes dos registros e autorizaram a utilização destes no trabalho.

CAPÍTULO 3 – REVISÃO DE ESTUDOS RELACIONADOS

3.1. A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

Como já foi apontado anteriormente, levar a FMC ao Ensino Médio é uma árdua tarefa que demanda de muita preparação por parte do professor e de uma metodologia realmente eficaz e que sobretudo esteja relacionado a realidade do aluno para que o mesmo dê importância ao que está estudando (LIMA e VASCONCELOS, 2006, p. 406).

Contudo, reservar um tema cujos conceitos e elementos matemáticos são complexos até para acadêmicos de Física e levá-lo para o Ensino Médio precisa de uma forte base pedagógica, que pode ser encontrada na Transposição Didática de Chevallard (1991). Trata-se de um instrumento que pode satisfatoriamente analisar o processo de transformação do conhecimento acadêmico/científico (denominado Saber Sábio) no conhecimento formal dos livros didáticos (Saber a Ensinar) até se tornar um objeto de ensino real, vivenciado em sala de aula (Saber Ensinado).

A Transposição Didática não se trata de uma simplificação ou banalização de um conceito ou tema científico (ALVES-FILHO, 2000, p. 225) e sim buscar meios para que esse conhecimento chegue até o aluno de uma forma inteligível e adaptada para as suas condições de aprendizagem.

Portanto, este trabalho não representa uma versão simplicista da FMC e sim uma adaptação do tema com linguagem mais acessível e dentro de um contexto já estudado na Física Clássica.

3.2. A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Muito tem se discutido sobre a ação do professor da educação básica no Brasil. Uma grande parte dos profissionais que estão em atividade foram formados por métodos tradicionais e tende a repeti-los com seus alunos em pleno século XXI. Esse tipo de aprendizagem denominada de Instrucionista ou Aprendizagem Mecânica é focada apenas no processo transmissão-recepção (MIRANDA, 2015, p. 1) na qual o aluno reproduz de maneira idêntica o que o professor ensina, é geralmente aceito por professores, alunos e comunidade escolar. O

jargão “o professor ensina, o aluno aprende” resume bem esse tipo de prática, que geralmente almeja a preparação para uma determinada avaliação, seja ela na escola ou em processos seletivos, como vestibulares e a mais recentemente o Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM. Nesse tipo de aprendizagem, não há relação entre o que o conhecimento prévio do aluno e o novo assunto, prejudicando toda a estrutura cognitiva, a estrutura conceitual do indivíduo.

Na contramão desse tipo de ensino encontra-se a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, que já na década de 60 propunha uma aprendizagem focada em conceitos. Nesse tipo de aprendizagem, o aluno ao receber novas informações consegue relaciona-las com conhecimentos prévios de assuntos interligados de maneira não arbitrária e substantiva (TAVARES, 2008, p. 94). Em outras palavras, a aprendizagem significativa não se resume a memorização de um conhecimento e sim na capacidade de usá-lo em outra situação distinta daquela a qual recebeu a informação.

A Aprendizagem Significativa se baseia em um conjunto de conhecimentos prévios já existentes denominados “subsunbçores” (PELLIZARI et. al. 2002, p.56), que funcionam como uma base, ou nas palavras de Ausubel, um “ancoradouro” no qual os novos conhecimentos se fundamentam (ou se “atracam”).

Moreira (2006, p. 15) cita como exemplo um aluno que já conhece o conceito físico de força de campo (subsunçor). Ao receber informações sobre campo eletromagnético ele vai associar os dois conceitos, ampliando seus conhecimentos sobre o subsunçor força de campo. Logo, a Aprendizagem significativa não é uma mera associação de conceitos, mas representa uma interação entre eles.

Contudo, para que a aprendizagem seja realmente significativa são necessários três requisitos, segundo Tavares (2004, p. 56): (i) a oferta de um novo conhecimento estruturado de maneira lógica: os novos conceitos devem ser apresentados com uma metodologia e sequência didática que possibilite a interação do aluno; (ii) a existência de conhecimentos na estrutura cognitiva que possibilite a sua conexão com o novo conhecimento: um assunto, por mais interessante que possa parecer, não pode ser apresentado de maneira desconexa com os conhecimentos prévios do estudante. Por exemplo, um aluno que nunca foi a uma praia e se depara com o professor falando da relação de densidade (afunda-flutua) em um banho de mar certamente não teria o mesmo aprendizado de um aluno que já vivenciou isso, ou se o professor usasse um exemplo mais concreto para o estudante; (iii) a atitude explícita de apreender e conectar o seu conhecimento com aquele que pretende absorver: a metodologia precisa sem inspiradora, capaz de motivar o aluno ao aprendizado, pois é ele quem determina o real sentido

das suas atividades acadêmicas, se compromete com elas e mantém esse compromisso até finalizá-la (PINTRICH et al., 1993).

Portanto, este trabalho teve como base a Aprendizagem Significativa, pois o "novo conhecimento" ofertado aos alunos é a FMC, organizado de maneira quase sincrônica com temas clássicos correspondentes que os alunos já conheciam previamente, distante de métodos de mera memorização e despertando o interesse pelo aprendizado.

3.3. O LÚDICO NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

O ensino tradicional era geralmente focado na transmissão de conteúdos seguido de atividades para a verificação da aprendizagem, que geralmente se resumia a perguntas diretas referentes ao tema estudado, muitas vezes vinculados ao "certo ou errado" por meio de um gabarito padronizado. Contudo, para Pucci Neto (2009, p. 154) as inúmeras transformações na educação e no ensino exigem uma reavaliação da função do professor, devendo este buscar metodologias mais atrativas para seus alunos.

Segundo Piaget (1972, p. 176) a construção do conhecimento depende muito do interesse, sendo este essencialmente particular, o que representa inúmeras formas de motivação de uma pessoa. É exatamente no aspecto motivacional que os jogos educacionais têm um papel fundamental no processo de ensino-aprendizagem. Jogos (ou atividades lúdicas) exercem fascínio por pessoas das mais diversas idades desde os primórdios da humanidade.

Adaptando os jogos a um determinado conteúdo escolar, as habilidades dos alunos são desenvolvidas em todos os seus aspectos: cognitivos, emocionais e relacionais e dessa forma valores e atitudes são utilizados na construção do conhecimento (BORGES e SCHWARZ, 2005, p. 32). Já Kishimoto (1999, p. 17) afirma que a atividade lúdica assume uma dimensão educativa quando são intencionalmente criadas para esse fim. Para Villas-Boas (2009, p. 207) o lúdico intensifica o pensamento crítico, a memória e a criatividade, enriquecendo sua visão de mundo e fortalecendo as trocas de conhecimento. Por fim, Silva, Mettrau e Barreto (2007, p. 455) afirmam que:

> Por meio do lúdico encontra-se o espaço atualizado da diferença onde se realiza o sujeito. O brincar é o espaço criativo que existe entre as pessoas, é uma forma original de expressar o desejo. Porém, tudo o que está dito e proposto se refere ao potencial intrínseco ao processo do ensino-aprendizagem do conhecimento. Caberá ao professor

> tentar conhecer cada vez mais aqueles estudantes com quem trabalha e utilizar seus próprios recursos criativos, sua própria experiência e vivência.
>
> (SILVA, METTRAU e BARRETO, 2007, p. 455)

Portanto, os jogos ou atividades lúdicas são uma metodologia extremamente válida para o ensino, desde que bem fundamentada, com objetivos bem definidos e de modo a despertar a curiosidade e interesse dos alunos. Como já fora citado anteriormente, o produto educacional conta com uma série de atividades lúdicas que visam tornar o ensino mais atrativo e significativo para o aluno.

CAPÍTULO 4 – CONTEÚDOS DE FÍSICA

4.1. PROPOSTA PARA INSERÇÃO DA FMC NO ENSINO MÉDIO

Em seu início, a FMC teve como expoentes a Teoria da Relatividade de Albert Einstein e a Teoria Quântica de Max Planck, dentre outros grandes físicos. Na primeira teoria, Einstein demonstra matematicamente como os corpos se comportam a velocidades próximas à velocidade da luz e como o tempo e o espaço, considerados absolutos na teoria de Isaac Newton, são afetados quando um corpo se movimenta à essa velocidade. Além disso, Einstein dedicou-se ao estudo do efeito fotoelétrico, o que lhe rendeu o Prêmio Nobel em 1921.

Max Planck, com o intento de explicar a radiação emitida por um corpo aquecido, abandona o conceito clássico de energia contínua e postula que a troca de energia entre paredes de um radiador de cavidade e o campo eletromagnético são quantizados, chegando assim à importante relação entre a frequência da radiação emitida e a energia. Dessa relação surge uma constante chamada constante de Planck (h) que caracteriza a distinção entre a ciência clássica e a ciência quântica.

Foram escolhidos nesse trabalho os seguintes pares de temas para inserção da Física Moderna no Ensino Médio de forma concomitante à Física Clássica: Velocidade Relativa e Teoria da Relatividade, Choques Mecânicos e Efeito Fotoelétrico, Transmissão de Calor e Radioatividade.

4.2. VELOCIDADE RELATIVA E TEORIA DA RELATIVIDADE

4.2.1. Velocidade Relativa

O conceito de velocidade relativa é ensinado na 1ª série do Ensino Médio, dentro do conteúdo de Cinemática, um ramo da Mecânica que se ocupa de estudar o movimento dos corpos, sem referência às suas causas. A velocidade relativa é baseada no princípio de que o estado de movimento de um corpo depende do referencial no qual um observador se encontra em relação aos corpos em movimento e é muitas vezes ensinada como uma alternativa para a

resolução de problemas que envolvem encontro de móveis e ultrapassagem no Movimento Uniforme.

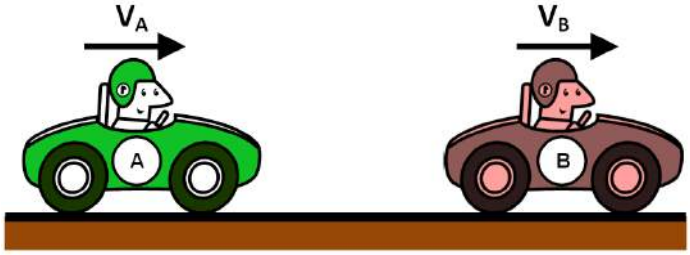
Considerando dois móveis A e B deslocando-se em uma mesma trajetória com velocidades escalares constantes respectivamente iguais a $\boldsymbol{v_A}$ e $\boldsymbol{v_B}$, a velocidade relativa de A em relação a B (v_{rel}) é dada pela diferença entre as velocidades escalares, de modo que um deles é tomado como referência e comporta-se como se estivesse em repouso, enquanto o outro se aproxima ou se afasta com a velocidade relativa em questão.

Para fins de cálculo, existem duas regras práticas:

1ª) Móveis na mesma direção e sentido: A velocidade relativa será igual à diferença entre os módulos das duas velocidades.

$$\boldsymbol{v_{rel} = |v_A| - |v_B|} \qquad (4.1)$$

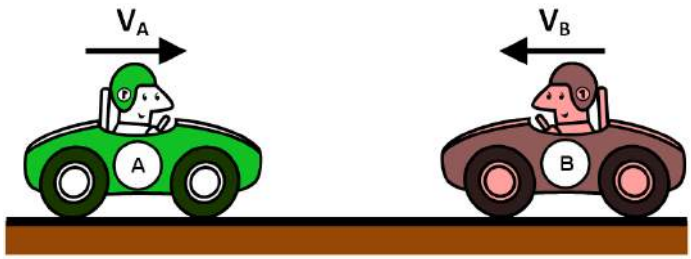
Ilustração 4. 1 - Velocidade relativa mesmo sentido



2ª) Móveis em sentidos opostos: A velocidade relativa será igual à soma entre os módulos das duas velocidades.

$$\boldsymbol{v_{rel} = |v_A| + |v_B|} \qquad (4.2)$$

Ilustração 4. 2 - Velocidade relativa sentido oposto



Considere as velocidades A e B constantes, a velocidade relativa e o espaço entre os móveis A e B serão igualmente relativos:

$$\boldsymbol{v_{rel}} = \frac{\boldsymbol{\Delta S_{rel}}}{\boldsymbol{\Delta t}} \qquad (4.3)$$

É relevante ressaltar que tanto a velocidade quanto o espaço são abordados como conceitos relativos enquanto o tempo é tido como absoluto nesses movimentos. É exatamente nesse ponto que seria interessante abordar a Teoria da Relatividade de Einstein e a dilatação do tempo.

4.2.2. Teoria da Relatividade

Albert Einstein (1879 – 1955) foi um físico alemão considerado por muitos o maior gênio da humanidade de todos os tempos e reconhecidamente o cientista mais célebre do século XX.

> Ele se tornou um mito sem similar – o Einstein das roupas amarrotadas, da cabeça grande, do cabelo desgrenhado; o Einstein ingênuo e distraído, e, no entanto obviamente dotado de uma mente superior.[...] Para compreender Einstein verdadeiramente temos fazer uma tentativa de compreender sua ciência.
>
> (BRENNAN, 2003, p. 59)

Einstein foi o principal responsável por dois grandes feitos que revolucionaram o mundo científico e consequentemente a sociedade: o Efeito Fotoelétrico e a Teoria da Relatividade, que se divide em Relatividade Geral e Relatividade Restrita. Para a finalidade a qual o presente estudo se destina, será abordada somente a Relatividade restrita.

A Teoria da Relatividade Restrita está baseada em dois importantes postulados:

1º) As leis da Física são as mesmas para todos os referenciais inerciais.

2º) O módulo da velocidade da luz no vácuo é sempre o mesmo, independente do referencial inercial adotado.

Apesar de o primeiro postulado enfatizar as leis de Newton, o "pai" da Mecânica Clássica errou ao considerar o tempo como absoluto e independente de referencial, ou seja, a simultaneidade de Isaac Newton fora suplantada pela relatividade de Einstein.

> O instante do tempo de um evento é definido como o resultado da leitura do mostrador do relógio coincidente com o evento e em repouso em relação a esse evento. Não precisamos discutir simultaneidade de eventos que ocorrem na mesma localização física. Entretanto, eventos simultâneos em um sistema de referência não o são em outros. Nas palavras de Einstein: não é possível atribuir um significado absoluto ao conceito de simultaneidade.
>
> (PIRES, 2008, p. 309)

Tal consideração a respeito da relatividade temporal está condicionada ao fato de que a velocidade da luz no vácuo ser constante.

Partindo de uma situação hipotética, pretende-se demonstrar matematicamente essa teoria, representada na Ilustração 4.3.

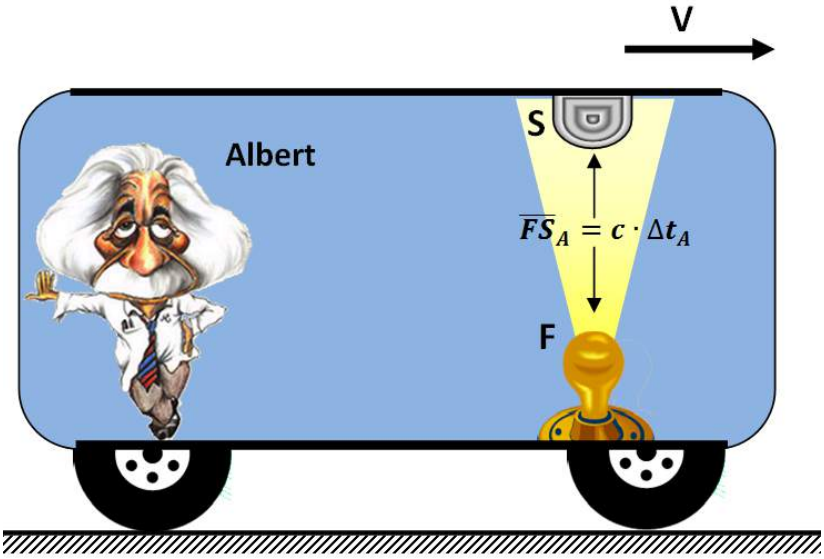
Ilustração 4. 3 - Relatividade: o trem e os dois observadores

Fonte: montagem com caricaturas de Gogue e Alex Pereira

Considere um trem viajando a uma velocidade constante em relação ao solo. Nesse trem, há um passageiro que será chamado de "Albert", apenas para fins de comparação. No assoalho do trem há uma fonte luminosa *F* que emite um feixe vertical detectado por um sensor *S* no teto do trem. A luz percorre uma distancia $\overline{FS}_A$ até o teto em um intervalo de tempo Δt_A. Sendo *c* a velocidade da luz no vácuo, é obtida a seguinte relação:

$$\Delta t_A = \frac{\overline{FS}_A}{c} \qquad (4.4)$$

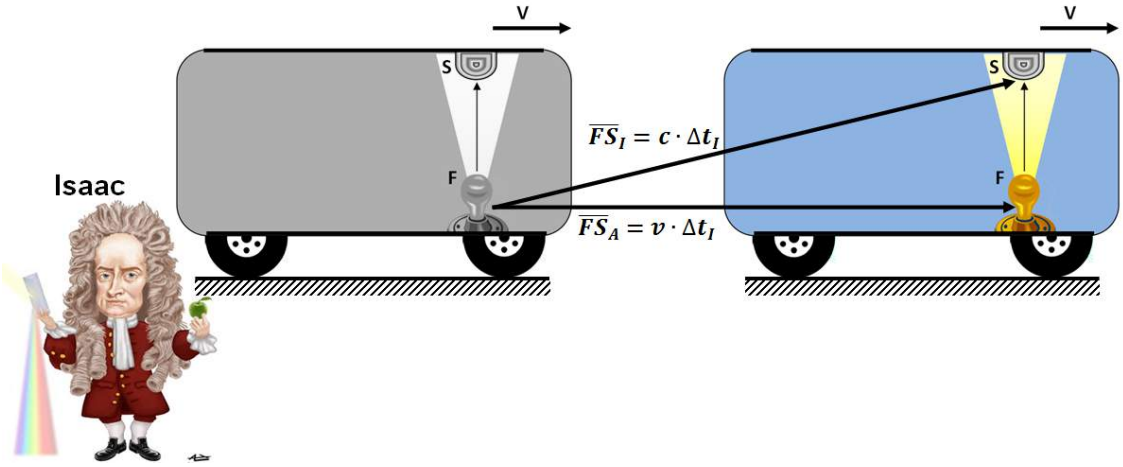
Ilustração 4. 4 - Relatividade: o observador “Albert” dentro do trem



Fonte: montagem com caricatura de Gogue

Para outro observador identificado como “Isaac”, parado em relação ao solo, a luz faz o seguinte percurso:

Ilustração 4. 5 - Relatividade: o observador “Isaac” fora do trem



Fonte: montagem com caricatura Alex Pereira

De acordo com o Segundo Postulado de Einstein, a luz percorreu a distância *FS* com a velocidade constante *c*, em um intervalo de tempo Δt_I, cuja relação é:

$$\Delta t_I = \frac{\overline{FS}_I}{c} \qquad (4.5)$$

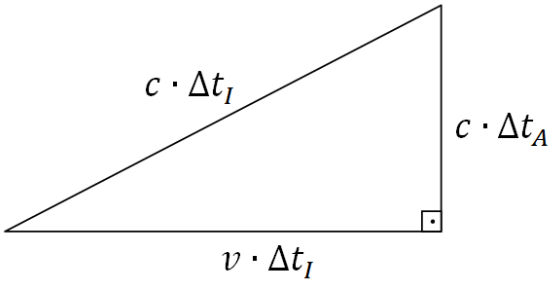
O deslocamento do trem em relação ao solo é dado por:

$$\Delta S_I = v \cdot \Delta t_I \qquad (4.6)$$

Contudo, o mais espantoso é a constatação de que a distância $\overline{FS_I}$ (referencial do solo) é maior que a distância $\overline{FS_A}$ (em relação ao trem) e como a velocidade da luz é constante, o intervalo de tempo Δt_I é maior que Δt_A. Portanto, o intervalo de tempo não é absoluto, mas relativo ao referencial em que se encontra.

Os deslocamentos da luz em relação ao solo e ao trem, bem como o deslocamento do trem em relação ao solo, formam o triângulo retângulo representado abaixo:

Ilustração 4. 6 - Triângulo dos deslocamentos



Utilizando o Teorema de Pitágoras:

$$(c \cdot \Delta t_I)^2 = (v \cdot \Delta t_I)^2 + (c \cdot \Delta t_A)^2$$
$$c^2 \cdot {\Delta t_I}^2 = v^2 \cdot {\Delta t_I}^2 + c^2 \cdot {\Delta t_A}^2$$
$$c^2 \cdot {\Delta t_I}^2 - v^2 \cdot {\Delta t_I}^2 = c^2 \cdot {\Delta t_A}^2$$
$$(c^2 - v^2) \cdot {\Delta t_I}^2 = c^2 \cdot {\Delta t_A}^2$$

Multiplicando ambos os membros por $\frac{1}{c^2}$

$$\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) \cdot {\Delta t_I}^2 = {\Delta t_A}^2$$
$${\Delta t_I}^2 = \frac{{\Delta t_A}^2}{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

Extraindo a raiz quadrada dos dois membros:

$$\Delta t_I = \frac{\Delta t_A}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Para facilitar a representação, a expressão abaixo é utilizada:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}} \qquad (4.7)$$

Onde a Equação (4.7) é chamado Fator de Lorentz, que é uma das bases matemáticas para o estudo da relatividade. Como o fator de Lorentz é sempre maior que 1 (γ >1), tem-se a garantia de que $\Delta t_I > \Delta t_A$, logo, o intervalo de tempo dentro do trem é menor que o intervalo de tempo fora. Esse fenômeno conhecido como dilatação do tempo, só é possível para corpos que se movimentam a velocidades próximas a da luz.

O intervalo de tempo dentro do trem, aqui representado por Δt_A é chamado de intervalo de tempo próprio e doravante será representado pelo símbolo Δt_0.

> Quando dois eventos ocorrem no mesmo ponto de um referencial inercial o intervalo de tempo entre os eventos, medido nesse referencial, é chamado de intervalo de tempo próprio ou tempo próprio. Quando esse intervalo de tempo é medido em outro referencial o resultado é sempre maior que o intervalo de tempo próprio.
>
> (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2009 p.153)

Portanto, o cálculo da equação da dilatação do tempo é dado por:

$$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t_0 \qquad (4.8)$$

Como exemplo de aplicação, pode ser abordado o clássico *Paradoxo dos Irmãos Gêmeos*, proposto pelo físico francês Paul Langevin (1872-1946), sendo este uma adaptação:

> O paradoxo consiste no seguinte: dois irmãos gêmeos, José e Carlos, crescem juntos até a idade de 25 anos, quando Carlos é escolhido para realizar uma viagem a uma estrela [...]. Para realizar a viagem será utilizado um foguete que atinge a velocidade de 99% da velocidade da luz (0,99.c). Para José, na Terra, o tempo de viagem de Carlos será de 30,30 anos [...] Para Carlos, que viajou, o tempo transcorrido (tempo próprio) será menor.
>
> (WOLF e MORS, 2005, p.45)

No exemplo supracitado é possível calcular o tempo próprio de Carlos (irmão que está na nave), adotando José como referencial inercial e usando as equações 4.7 e 4.8:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{0{,}99c}{c}\right)^2}}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - 0{,}9801}}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{0{,}0199}}$$

$$\gamma = 7{,}08881205$$

$$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t_0$$

$$30{,}30 = 7{,}08881205 \cdot \Delta t_0$$

$$\Delta t_0 = 4{,}27\ anos$$

Portanto, para Carlos, o viajante, o tempo transcorrido será de apenas 4,27 anos, de modo que ao retornar a Terra com uma idade de 29,27 anos encontrará seu irmão com 55,30 anos, ou seja, mais velho que ele. Contudo, se o referencial for invertido, agora adotando Carlos (dentro da nave), este verá seu irmão José se afastando da nave e isso implica em que o tempo próprio será registrado por José. É nesse ponto que ocorre o paradoxo: apenas mudando o referencial a idade dos irmãos varia? A resposta ao paradoxo está no fato de que o irmão que permaneceu em Terra é que deve ser tomado como referencial inercial e não o foguete, visto que este sofre processos de aceleração.

Tal exemplo também pode ser apresentado aos alunos do Ensino Médio para que façam considerações e compreendam que a relatividade temporal só é perceptível a velocidades próximas a da luz.

4.3. CHOQUES MECÂNICOS E EFEITO FOTOELÉTRICO

4.3.1. Choques Mecânicos

Esse conteúdo também é estudado na 1ª série do Ensino Médio dentro da Dinâmica, como aplicação dos conceitos de Conservação de Energia e Conservação da Quantidade de Movimento. É um conceito físico muito importante e de grande aplicabilidade no cotidiano, visto que pode proporcionar uma melhor compreensão dos efeitos em colisões de veículos, estudo de balística, explosões e outros fenômenos que envolvam choques entre corpos.

Como pré-requisito para a compreensão de choques mecânicos é necessário entender o que é Energia, suas características e suas diversas manifestações. Contudo, é importante ressaltar que em muitos livros, o conceito de Energia é às vezes inconclusivo, dado a complexidade do tema e, segundo Talavera (2004, p. 6), "energia não é um conceito que se encaixa perfeitamente em uma única sentença. Ela só pode ser percebida pelos efeitos que a acompanham". É por essas indefinições que a energia é mais conhecida por sua máxima: A energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada.

Como exemplo de transformação de energia, vale analisar o movimento de uma bola lançada do solo verticalmente para cima e que depois desce em queda livre. Desprezando a resistência do ar, a bola é lançada com certa velocidade inicial que vai diminuindo à medida que o objeto se aproxima da altura máxima, onde a velocidade se anula, a bola passa a descer em queda livre e chega ao solo com velocidade máxima.

Nessa situação, é possível verificar dois tipos de energia, uma baseada no movimento, denominada Energia Cinética (E_c) e outra que é fruto da atração gravitacional entre a bola e a Terra, conhecida como Energia Potencial (E_p). Essa última energia baseia-se na interação bola-Terra, de modo que quando a bola se encontra a certa altura, o sistema bola-Terra possui uma energia armazenada que potencialmente pode ser convertida em E_c na queda livre. Outro fator relevante é que durante a subida a E_c da bola vai diminuindo ao passo que a E_p vai aumentando, enquanto que na queda ocorre o inverso. Assim, as duas formas de energia sofrem transformações mútuas ao longo do percurso, de tal forma que sua soma permanece constante, o que representa uma das bases da Física: o princípio da conservação de energia. De modo geral, em um sistema mecânico a energia encontra-se sob a forma de Energia Mecânica (E_m), que corresponde à soma de E_c com E_p:

$$E_m = E_c + E_p \qquad (4.9)$$

Vale ressaltar que E_p pode ser qualquer tipo de energia armazenada que depois pode ser convertida em E_c, como por exemplo, a energia potencial elástica e a energia potencial elétrica.

Outro princípio muito importante é o da conservação da quantidade de movimento, sistematizado pelo cientista e filósofo francês René Descartes (1596-1650) que em seu empenho em determinar o motivo pelo qual o movimento do Universo permanecia constante apesar da interação entre os corpos, chegou a uma grandeza que denominou de quantidade de movimento

(p), mais tarde conhecida como momento linear. A quantidade de movimento corresponde ao produto da massa de um corpo (m) por sua velocidade (v):

$$p = m \cdot v \qquad (4.10)$$

Em um sistema mecanicamente isolado, ou seja, sem nenhuma ação de forças externas (ou que a resultante dessas forças seja nula ou que as mesmas sejam de intensidades desprezíveis em relação às forças do sistema) a quantidade de movimento é conservada, como por exemplo, na colisão entre duas esferas. A quantidade de movimento do sistema imediatamente antes da colisão (p_{antes}) é igual à quantidade de movimento imediatamente após a colisão (p_{depois}):

$$p_{antes} = p_{depois}$$

Portanto, a equação do momento linear pode ser representada:

$$m_1.v_1 + m_2.v_2 = m_1.v_1' + m_2.v_2' \qquad (4.11)$$

Entretanto movimento das esferas após a colisão depende do material que as compõe e da relação entre as velocidades de aproximação (antes da colisão: v_1 e v_2) e afastamento (após a colisão: v_1' e v_2'). A relação entre a velocidade relativa de aproximação (V_{aprox}) e a velocidade relativa de afastamento (V_{afast}) recebe o nome de Coeficiente de Restituição (e):

$$e = \frac{V_{afast}}{V_{aprox}} \qquad (4.12)$$

Se o coeficiente de restituição for igual a 1 (e = 1) significa que ocorreu 100% de restituição do módulo de velocidade e toda a energia mecânica foi conservada, ou seja, não foi transformada em outro tipo de energia. Esse tipo de choque é conhecido como choque perfeitamente elástico e pode ser exemplificado na ilustração abaixo:

Ilustração 4. 7 - Antes da colisão

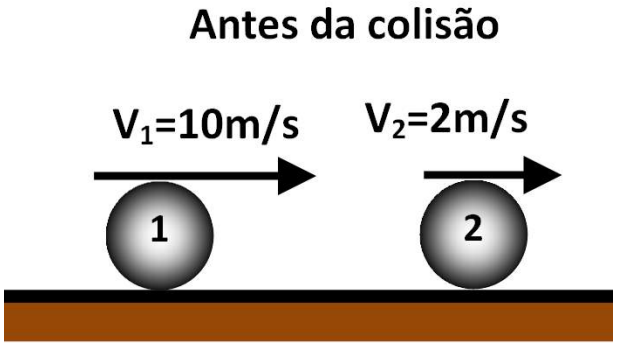
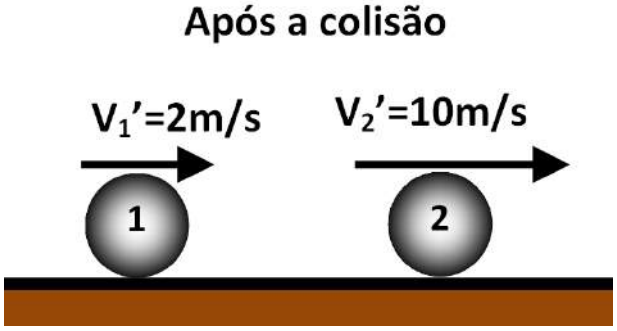
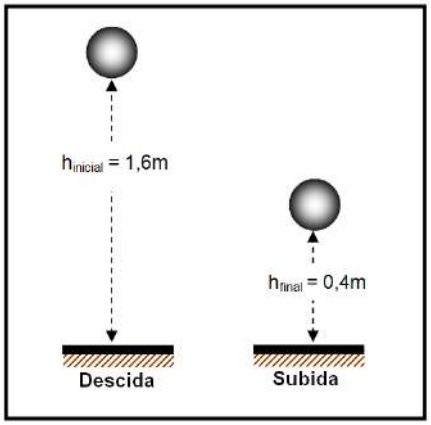


Ilustração 4. 8 - Choque perfeitamente elástico após a colisão



Outro tipo de choque é o que ocorre com mais frequência no cotidiano, o parcialmente elástico, onde parte da energia cinética é preservada enquanto outra parte é convertida em outro tipo de energia, como calor e som. Nesse tipo de choque, o coeficiente de restituição é um valor entre zero e 1 (0<e<1). É dado como exemplo, a situação representada na figura abaixo, onde, desprezando a resistência do ar, uma bola de borracha de massa 0,2 kg é abandonada de uma altura de 1,6 m, bate no solo e retorna a uma altura de 0,4 m.

Ilustração 4. 9 - Choque parcialmente elástico



É possível verificar que a bola de borracha perde Energia Mecânica em virtude da perca de Energia Potencial Gravitacional e realizando os devidos cálculos com as equações da queda livre, verifica-se que a velocidade de aproximação é de 1,2 m/s, enquanto a velocidade de afastamento vale 0,63 m/s. Portanto, o coeficiente de restituição é igual a 0,5 (meio), o que caracteriza um choque parcialmente elástico. Outro detalhe é que a Energia Mecânica na descida vale 3,2 joules, enquanto na subida é de 0,8 joules, o que denota uma perca de energia, que se dissipou em forma de som ou calor, por exemplo.

Por fim há um tipo de choque denominado perfeitamente inelástico quando não há restituição (e = 0), ou seja, toda a energia mecânica é transformada em outro tipo de energia após o impacto, os corpos seguem unidos e consequentemente na mesma velocidade ou podem permanecer ambos em repouso.

Semelhante ao fenômeno em escala macroscópica são as interações de partículas, como as colisões presentes no efeito fotoelétrico (que é um efeito quântico), que será exposto a seguir.

4.3.2. Efeito Fotoelétrico

Novamente as atenções são voltadas para Albert Einstein e dessa vez para o estudo que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física em 1921, o efeito fotoelétrico. A seleção desse tema se deve primeiramente a sua relevância para a ciência e para a sociedade de um modo geral e também por ter uma relação com os choques mecânicos, o que proporciona uma interação entre a Física estudada no Ensino Médio e a Física Quântica.

Existem algumas grandezas físicas que só podem ser representadas por quantidades discretas (números inteiros) e por isso são chamadas de grandezas quantizadas e o *quantum* é a quantidade elementar para essa grandeza.

Em 1905, Albert Einstein propôs que a luz é quantizada e sua menor unidade é o fóton, cuja energia é emitida em pacotes discretos de energia E igual a:

$$E = h.f \qquad (4.13)$$

Sendo f a frequência da luz e h a constante de Planck (h = 6,63 x 10^{-34} J.s) e é o fator primordial na divisão entre a Física Clássica e a Quântica.

> Essa foi uma época de convulsão e transformação no mundo da física. Não apenas Einstein e Planck como Rutherford, Bohr e Heinsenberg estavam levantando questões

> e sugerindo novas respostas. Para por toda essa atividade em alguma perspectiva, cabe observar que a física anterior à teoria quântica é chamada de física clássica e a posterior é chamada de física moderna. Max Planck, portanto, marca efetivamente a transição.
>
> (BRENNAN, 2003, p. 59)

Einstein identificou que o processo de emissão ou absorção da luz ocorre no interior do átomo e que a absorção implicava na aniquilação do fóton, enquanto na emissão ocorria a sua criação. Entretanto, a mais notável constatação a respeito da luz foi determinar que a luz com comprimento de onda suficientemente pequena incidindo em um determinado metal pode provocar a emissão de elétrons desse metal, o que caracteriza o efeito fotoelétrico.

As figuras abaixo representam uma montagem experimental do efeito fotoelétrico e a emissão fotoelétrica, respectivamente:

Ilustração 4. 10 - Montagem experimental do Efeito Fotoelétrico

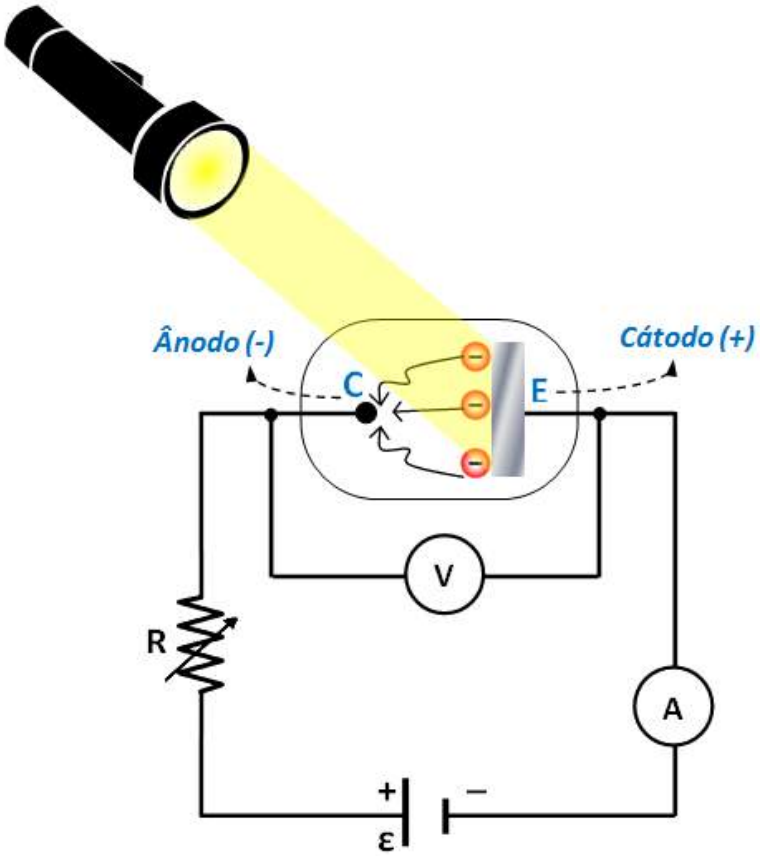
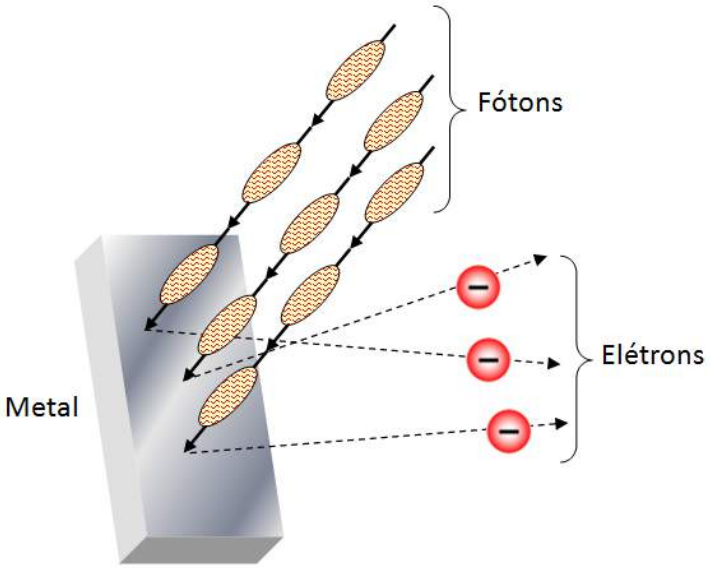


Ilustração 4. 11 - Representação da emissão fotoelétrica



Trata-se de um tubo de vidro fechado a vácuo e uma placa de metal fotossensível. Em *E* há um eletrodo positivo (cátodo), denominado emissor, enquanto em *C*, o coletor, o eletrodo é negativo (ânodo). Quando não há luz incidindo na placa de metal, o amperímetro *A* não registra corrente elétrica. Mas, na presença de uma luz com determinado comprimento de onda é detectado uma corrente elétrica entre *E* e *C*, em virtude do fluxo de elétrons saindo do emissor e indo para o coletor. Usando o reostato *R* é possível variar a diferença de potencial entre *C* e *E*, de modo a gerar uma corrente elétrica de intensidade máxima. Entretanto, se a polaridade da fonte elétrica ε for invertida, a intensidade da corrente elétrica é reduzida até se tornar nula. O potencial elétrico nessa etapa é chamado de potencial de corte (V_{corte}) e os elétrons de maior energia são freados antes de chegarem a *C*, de modo que sua energia cinética máxima (K_{max}) depende desse potencial de corte e da carga elementar do elétron (*e*), é dada por:

$$K_{max} = e \cdot V_{corte} \qquad (4.14)$$

Por meio desse experimento foi possível determinar que a energia cinética máxima não depende da intensidade da luz e sim de sua frequência, que se for maior que um valor específico de cada material, chamado frequência de corte (f_0) poderá emitir um fóton:

> Este resultado constitui outro mistério para a física clássica. Se a luz se comportasse apenas como uma onda eletromagnética teria energia suficiente para ejetar elétrons, qualquer que fosse a frequência, contanto que fosse suficientemente intensa.

> Entretanto, não é isso que acontece. Quando a frequência da luz é menor que a frequência de corte f_0, não são ejetados elétrons, por mais intensa que seja a luz.
> (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2009, p. 189)

Todavia, como já fora citado, para Einstein os fótons são pacotes de energia transportados por uma energia definida pela equação (11) e cada fóton cede toda essa energia a um único elétron. Parte dessa energia é transformada em energia cinética da partícula, enquanto outra parte realiza a Função Trabalho (Φ), que é a energia mínima para que um elétron possa se desprender do metal ao qual está preso por forças elétricas. Dessa forma, a energia cinética do elétron é o que sobra após a função trabalho ser realizada:

$$K_{max} = hf - \Phi \qquad (4.15)$$

Einstein propôs ainda que os fótons possuem momento linear, matematicamente obtido pela equação que será demonstrada a seguir:

Conforme a equação (4.10):

$$p = m.v$$

Considerando as equações 11 e a equação de Einstein $E = mc^2$ (reescrita, isolando-se a massa m) e que a velocidade em questão é a da luz, a equação do momento linear se torna:

$$p = \frac{hf}{c^2} \cdot c$$

$$p = \frac{hf}{c} \qquad (4.16)$$

Como $c = \lambda \cdot f$, a equação acima também pode ser escrita da seguinte forma:

$$p = \frac{h}{\lambda} \qquad (4.17)$$

Em 1935, o físico norte-americano Arthur Compton (1892-1962) realizou um experimento em que constatou que o espalhamento de raios X com elétrons é fruto de uma colisão entre um fóton e um elétron, de modo que há transferência de parte da energia do

primeiro para o segundo, o que caracteriza uma colisão parcialmente elástica, semelhante à da Física Clássica. Todavia, por processos quânticos que para este estudo não há a necessidade de serem abordados, os raios X espalhados têm comprimento de onda maior que o comprimento de onda dos raios incidentes, o que caracteriza o espalhamento Compton.

Por fim, tais informações podem ser compartilhadas com alunos do Ensino Médio, sobretudo com duas intenções que se destacam: a primeira é deixá-los a par desse universo da Física que eles infelizmente só ouvem falar fora da escola e cujos detalhes lhes são omitidos ou deturpados. A segunda intenção é levá-los a reconhecer a importância dessas descobertas para a sociedade como um todo e para isso podem ser solicitadas pesquisas sobre o funcionamento das baterias solares, dos controles remotos, das portas automáticas, dos óculos de visão noturna e dos sensores de movimento em sistemas de segurança, por exemplo.

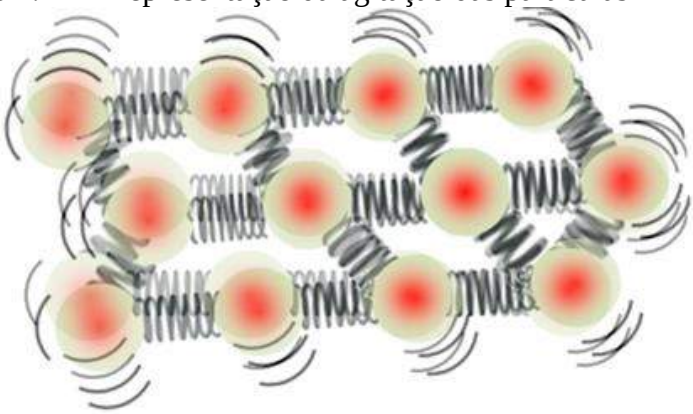
A interdisciplinaridade também pode ser contemplada no que diz respeito ao impacto ambiental na geração de energia elétrica. Em conjunto com professores de geografia e biologia pode ser feito um levantamento sobre os pontos favoráveis e as desvantagens da energia solar como fonte de geração de energia elétrica.

4.4. RADIAÇÃO TÉRMICA E RADIOATIVIDADE

4.4.1. Transmissão de Calor – Radiação Térmica

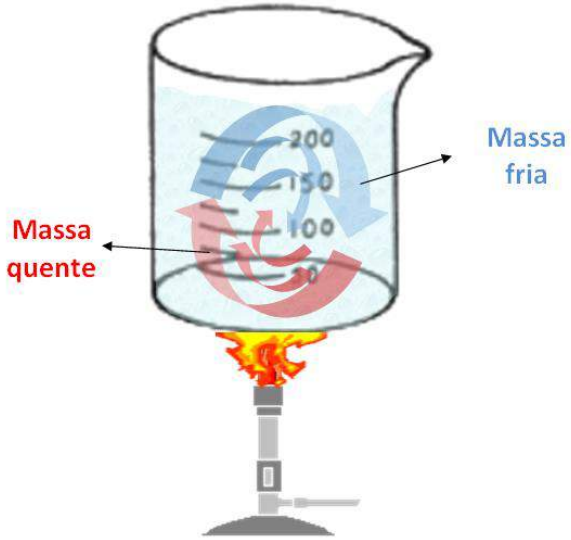
O calor é uma forma de energia que é transmitida de um corpo de maior temperatura para outro de menor temperatura por três processos diferentes: a condução, a convecção e a radiação. Para que ocorra o processo de condução é necessário o contato entre os corpos. Quando o corpo de menor temperatura recebe energia térmica de um corpo de maior temperatura faz com que seus átomos comecem a vibrar com maior intensidade e essa vibração passa a ser transmitida de um átomo a outro, propagando essa energia por todo o corpo. É o que ocorre, por exemplo, ao levar uma panela de alumínio ao fogo. Inicialmente o fundo da panela se aquece, o calor se espalha por todo o objeto e depois de algum tempo exposta à chama, toda a panela fica aquecida devido ao contato direto com o fogo.

Ilustração 4. 12 - Representação da agitação das partículas



A convecção ocorre somente em fluídos (líquidos e gases) e a energia térmica se propaga pelos movimentos das camadas dos fluídos ao serem aquecidas ou resfriadas. Supondo um líquido contido em um recipiente e aquecido por uma chama posicionada abaixo do recipiente. Uma massa do líquido ao ser aquecida sofre expansão, diminui sua densidade e sobe, enquanto uma massa fria (mais densa que a primeira) desce para ocupar o lugar deixado pela massa quente. Ao descer, essa última é igualmente aquecida e também sobe, obrigando outra massa do líquido a descer, gerando um ciclo denominado corrente de convecção. Para aproveitar corretamente as correntes de convecção em um cômodo de uma casa, os aparelhos condicionadores de ar devem ser instalados no alto, enquanto os aquecedores devem ser instalados próximos ao chão.

Ilustração 4. 13 - Ciclo da convecção



Por fim, a terceira forma de transmissão de calor é aquela que receberá uma atenção especial nesse estudo em virtude de sua correspondência com a Física Moderna: a radiação. O calor, por se tratar de uma onda eletromagnética (o infravermelho, cuja frequência se encontra entre 10^{11} e 4 x10^{14} hertz), não precisa de um meio material para se propagar, o que explica como a radiação solar chega até a Terra, viajando através do vácuo. Na radiação, uma fonte emite calor a um corpo que reflete parte da energia térmica e absorve a outra parte dessa energia, ocasionando o aumento da agitação das partículas do corpo e, consequentemente elevando a sua temperatura.

Ilustração 4. 14 - Lâmpada incandescente: exemplo de radiação térmica

Da mesma forma que o calor, outras formas de energia podem se propagar de uma fonte emissora para um receptor seja por meio de ondas ou por meio de partículas. A fonte emissora pode ser natural como o Sol ou artificial como tubos de imagem de aparelhos televisores, contudo, em ambos os casos, tal emissão se dá por meio de ondas eletromagnéticas. A ocorrência de desintegração espontânea do núcleo do átomo de um determinado elemento e consequentemente a emissão de partículas ou ondas eletromagnéticas decorrentes desse processo caracteriza o fenômeno da radioatividade. Tal informação leva a mais uma possibilidade de integração entre o modelo clássico e a FMC, pois tanto o infravermelho (calor) quanto os raios ultravioleta, raios – X ou raios gama são tipos de onda eletromagnéticas diferenciadas por suas respectivas frequências, comprimentos de onda, intensidade e origem.

4.4.2. Radioatividade

No final do século XIX alguns cientistas descobriram que alguns materiais liberavam espontaneamente partículas ou ondas eletromagnéticas, sem que fossem perceptíveis as alterações em suas estruturas.

Tal constatação começou a ser sistematizada durante uma experiência com um tubo de raios catódicos, que é um dispositivo basicamente composto de um tubo de vidro fechado à vácuo, em cujo interior há dois condutores metálicos; o primeiro, ao ser aquecido emite elétrons denominados raios catódicos e o segundo condutor capta os elétrons e os direciona para uma tela luminescente (o mesmo ocorre em tubos de imagem de televisores). Em 1895, o físico alemão Wilhelm Röntgen (1845-1923) estava realizando um estudo com um tubo de raios catódicos e cobriu o dispositivo de modo que o mesmo não podia emitir nenhuma luminosidade. Ao acionar o tubo notou que uma placa coberta de platinocianeto de bário (detalhe: a barra não fazia parte do experimento) emitiu uma luz fluorescente que se manteve enquanto o tubo esteve ligado. Acidentalmente, Röntgen descobriu um tipo de radiação invisível, com uma grande capacidade de atravessar a matéria e capaz de ionizar o ar. Usando sua esposa Bertha como "cobaia", o cientista pôs a mão da mesma sobre uma chapa fotográfica e incidiu a radiação nela, de modo que na chapa foi possível visualizar os ossos da mão de Bertha e até mesmo o anel que ela usava. Estava criada a radiografia e a essa radiação Röentgen deu o nome de Raios-X por não saber do que se tratava, mas rendeu-lhe o Prêmio Nobel de Física em 1901.

> Um fato curioso chama a atenção dos historiadores da ciência. Por que, outros cientistas mais renomados da época, que trabalhavam com raios catódicos, não descobriram os raios X? Alguns historiadores admitem que foi um ato de muita sorte, um pesquisador desconhecido ter feito uma descoberta tão importante.
>
> (CHESMAN, ANDRÉ e MACÊDO, 2004, p. 49)

Em 1896, o físico francês Henri Becquerel (1852-1908) realizou um experimento com sulfato duplo de urânio, cujos cristais emitiram radiação detectada por placas de filmes fotográficos. Entretanto, diferente do experimento de Röntgen, os cristais de Becquerel não eram luminescentes nem precisavam ser excitados por um emissor de radiação, o que o levou a concluir que o urânio, assim como outros elementos, possui radiação espontânea. Seus feitos lhe proporcionaram a honra de dividir o Prêmio Nobel de Física de 1903 com o famoso casal Curie.

Os célebres Pierre (1859-1906) e Marie Curie (1867-1934), expoentes da Física no estudo da radiação, descobriram em 1898 o polônio e o rádio, dois outros elementos que são espontaneamente radioativos. Como já fora citado, dividiram Prêmio Nobel de Física de 1903

com Becquerel, mas após a morte de Pierre, Marie prosseguiu com as pesquisas e em 1911, foi laureada com o Prêmio Nobel de Química.

O físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937) em 1899 realizou um estudo do urânio radioativo e detectou dois tipos de radiação: as partículas alfa (α), constituídas de núcleos de hélio e as partículas beta (β), formadas por feixes de elétrons ou pósitrons, sendo ambas dotadas de massa e carga elétrica e emitidas para que o átomo se torne estável. Um ano depois, Rutherford descobriu os raios gama (γ), um tipo de radiação sem massa ou carga elétrica, mas cujo poder de penetração na matéria é tão intenso que é necessária uma grossa camada de chumbo para contê-la. Por sua vez, as partículas alfa mal atravessam uma folha de papel, enquanto as partículas beta podem ser contidas por uma folha de alumínio, por exemplo.

> O trabalho pioneiro de Rutherford mostrou que a radiação era de três tipos, que ele denominou de raios alfa, beta e gama. Experiências posteriores mostraram que os raios alfa eram núcleos de hélio, os raios beta eram elétrons ou partículas relacionadas chamadas pósitrons e os raios gama eram fótons de alta energia.
>
> (SERWAY e JEWETT JR, 1998, p. 879)

Contudo, em cada emissão de partículas alfa e beta de um elemento ocorre uma variação no número de prótons do núcleo atômico e isso implica na transformação (também conhecida como transmutação) desse elemento em outro, com características químicas distintas. O processo pelo qual esse elemento tem sua massa e atividade nucleares reduzidas em virtude de ter "perdido" partículas dotadas de massa é conhecido como decaimento radioativo.

O decaimento radioativo de um átomo pode inclusive revelar a idade de um determinado objeto, de rochas, artefatos ou outras descobertas arqueológicas, geológicas e antropológicas. Ao tempo necessário para que uma substância tenha a sua quantidade de átomos radioativos reduzida pela metade, é dado o nome de meia-vida. Conhecendo o decaimento de um isótopo do carbono, o carbono-14 e sua meia-vida, é possível estimar a idade do objeto da pesquisa.

Entretanto, o decaimento radioativo pode ser extremamente perigoso à saúde, visto que pode causar mutações celulares, câncer e outras enfermidades, podendo ser mortal se a exposição for prolongada ou se o nível de radiação for muito intenso.

> Quando um corpo é exposto a uma radiação, ele absorve uma certa quantidade de energia dessa radiação. A quantidade de energia absorvida pelos tecidos é chamada dose absorvida. Quanto maior for a dose absorvida, maiores serão as chances para que apareçam os danos provocados pela radiação.
>
> (GARCIA, 1998, p. 324)

Novamente partindo de um conteúdo comumente trabalhado na 2ª série do Ensino Médio é possível fazer referência a elementos importantes da Física Moderna sem a necessidade de entrar em detalhes geralmente contemplados em cursos específicos, como graduação ou técnicos, mas sim proporcionando uma noção para que o aluno possa compreender como o fenômeno nuclear ocorre e quais as vantagens e desvantagens das atividades radioativas. Acima de tudo, o professor pode incitá-lo à pesquisa sobre procedimentos e eventos que envolvam radioatividade, como por exemplo, uma pesquisa sobre radioterapia no tratamento de câncer ou o que ocorreu na catástrofe de Chernobyl (na Ucrânia, em 1986) e os perigos do vazamento radioativo na usina de Fukushima (no Japão, em 2011).

CAPÍTULO 5 – DESCRIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Até aqui este trabalho mostrou a urgente necessidade de proporcionar o estudo da FMC no Ensino Médio, apresentou argumentos que justificam a ideia de que uma forma eficiente para isso seria a abordagem do tema de maneira concomitante ao estudo da Física Clássica e ainda expôs a carência de materiais didáticos específicos para esse fim. Com essas três situações e ainda considerando a condição de excesso de carga horária de boa parte dos professores de Física que raramente têm condições de buscar recursos ou produzir o próprio material de suas aulas, o produto educacional que é parte dos trabalhos de pesquisa do MNPEF foi confeccionado para contribuir com os trabalhos dos professores que desejam ensinar FMC no nível médio da educação básica.

O referido produto se trata de quatro materiais paradidáticos intitulados "Física Moderna e Contemporânea: Uma Nova Perspectiva" e é composto de cadernos pedagógicos que apresenta a FMC paralelamente à Física Clássica e de respectivas atividades lúdicas que visam proporcionar conhecimento aos alunos ao mesmo tempo que lhes traz diversão e os motiva para o estudo.

5.1. ELABORAÇÃO DOS MATERIAIS PARADIDÁTICOS

Será apresentado a seguir o processo de elaboração dos materiais paradidáticos que resultaram no produto educacional do MNPEF e que foi utilizado em uma escola do Ensino Médio, cujo relato será visto no Capítulo 6. Todos os cadernos pedagógicos e seus encartes foram elaborados por meio do programa *Microsoft Publisher 2013*, um *software* que faz parte do pacote *Microsoft Office 2013*. Seu visual claro e suas funções quase intuitivas ofereceu condições para que os cadernos pedagógicos pudessem ser formatados de maneira semelhante à um livro.

A maioria das imagens foi editada utilizando-se o *CorelDraw X6*, obtido mediante licença paga. Alguns desenhos foram coloridos pelo referido programa, enquanto outros foram editados com o *Paint.net*, um aplicativo gratuito e de fácil utilização, disponível para *download* na internet.

Portanto, cada um dos quatro materiais é composto de um caderno pedagógico que associa a Física Clássica diretamente com a FMC e uma atividade lúdica correspondente ao tema escolhido. Os produtos educacionais são:

- FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOLUME 1 – INTRODUÇÃO À FMC (Caderno pedagógico e tutorial de produção de vídeos);
- FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOLUME 2 – RELATIVIDADE (Caderno pedagógico e Passatempos)
- FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOLUME 3 – EFEITO FOTOELÉTRICO (Caderno pedagógico e jogo de roleta)
- FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOLUME 4 – RADIOATIVIDADE (Caderno pedagógico e jogo da trilha)

5.2. FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOLUME 1 – INTRODUÇÃO À FMC

Conforme já fora exposto ao longo desta dissertação, a proposta sempre foi trabalhar a FMC ao mesmo tempo que a Física Clássica, sendo assim se fez necessário apresentar aos alunos o que na verdade é a FMC, de maneira histórica e conceitual e também conhecendo os cientistas responsáveis por esse avanço científico.

5.2.1. Caderno Pedagógico 1

O material (que pode ser visto no Apêndice B dessa dissertação) apresenta uma breve evolução dos conceitos físicos e ressalta que o conhecimento está em constante transformação. Com isso, conduz o leitor a uma análise dos trabalhos de dois grandes baluartes da Física Clássica, Isaac Newton e James Clerk Maxwell e assim os leva a tomar conhecimento de que até final XIX a Física era tida como uma ciência já completa, e, portanto, estática.

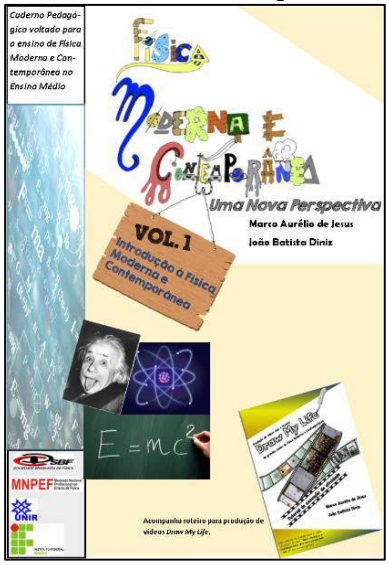
Nesse ponto é apresentada duas vertentes que mudaram a ciência: os estudos de Albert Einstein (sobre a Relatividade e o estudo do Efeito Fotoelétrico) e a Mecânica Quântica. O texto em momento algum desmerece Newton e Maxwell, mas pelo contrário deixa claro que as novas teorias não derrubam a Física Clássica, apenas apresentam suas limitações.

A obra é rica em imagens e quadros, dando-lhe uma aparência de revista. Essas imagens em sua maioria têm moderadas doses humorísticas objetivando tornar a apresentação da obra mais divertida para os alunos.

Há ainda uma relevante menção às famosas Convenções de Solvay, sobretudo à de 1927, a mais famosa delas. São apresentados alguns dos mais importantes nomes da FMC: Albert Einstein, Max Planck, Niels Bohr, Marie Curie, Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger, Paul Dirac, Richard Feynman, Arnold Sommerfeld.

Por fim, é apresentada a atividade lúdica que consiste na produção de vídeos com a técnica *Draw My Life* sobre a vida e obra dos físicos estudados, que será apresentada a seguir.

Ilustração 5. 1- FMC: Uma Nova Perspectiva, Vol 1



5.2.2. Atividade Lúdica *Draw My Life*[2]

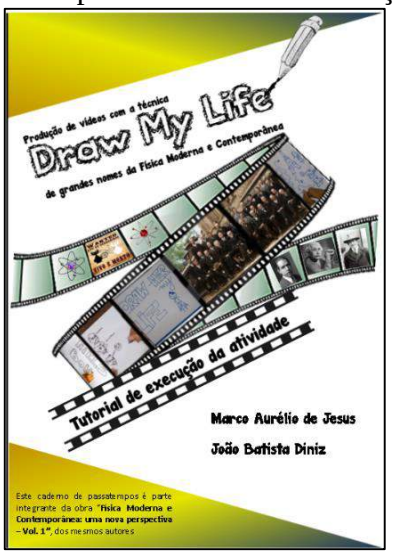
O *Draw My Life* (Desenhe Minha Vida, em inglês) é uma técnica de animação na qual uma pessoa com uma câmera filmadora fixa, pincéis ou canetas, folhas de papel ou quadro branco, conta sua história de vida em forma de desenho, depois por meio de programas de edição de vídeo é possível acelerar as filmagens e inserir narrações e músicas (COUTINHO, 2013). A técnica foi lançada pelo jovem britânico Sam Pepper e postada no site *YouTube*, onde após milhões de visualizações passou a ser copiada por inúmeros usuários, inclusive brasileiros (PRESSE, 2013).

[2] Artigo publicado no South American Journal of Basic Education, Technical and Technological – SAJBETT, em 2014

Foi produzido um material didático para servir de tutorial de como executar a atividade e principalmente como editar vídeos no programa *Windows Movie Maker*, um *software* distribuído gratuitamente pela Microsoft e que na maioria dos computadores já vem instalado como programa padrão. O produto está no Apêndice B dessa dissertação.

Esse tutorial apresenta informações de como inserir, cortar, acelerar e salvar vídeos, inserir música e narração, aumentar e diminuir volumes de gravação e a finalização do vídeo. Tudo isso com imagens indicando passo a passo os procedimentos da atividade.

Ilustração 5. 2 - Capa do Tutorial de Produção de vídeos



5.3. FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOLUME 2 – RELATIVIDADE

O primeiro tema específico de FMC foi abordado nesse produto educacional. Partindo de um tema de Física Clássica geralmente ministrado no 1º Ano do Ensino Médio a Teoria da Relatividade Restrita foi introduzida por meio do caderno pedagógico e a verificação da aprendizagem se deu através de um caderno de passatempos sobre o tema.

5.3.1. Caderno Pedagógico 2

No Apêndice D dessa dissertação é possível ver a obra finalizada, cuja primeira seção desse é intitulada “Isso você já estudou – RECORDANDO”, pois se trata de um conteúdo de

Cinemática que normalmente compõe a ementa do 1º Ano do Ensino Médio, a Velocidade Relativa. Partindo de uma breve contextualização e uma recordação dos conceitos e equações do tema, uma pergunta é feita ao leitor: "*e o tempo, é absoluto?*". A resposta começa a ser dada na página seguinte, na seção "Física Moderna e Contemporânea – NOVIDADE", onde é apresentada a Teoria da Relatividade Restrita, começando por uma referência ao seu idealizador, Albert Einstein, apresentando os seus dois postulados e ilustrando o conceito de simultaneidade.

A partir daí são apresentados a demonstração matemática da dilatação temporal, o *Paradoxo dos Irmãos Gêmeos* e as provas experimentais dessa teoria. Logo na sequência o assunto tratado é a contração dos espaços, citando inclusive o conceito de espaço-tempo e a participação brasileira na prova de mais essa teoria de Einstein. Por fim, a relação massa e energia é citada sem muito aprofundamento por se tratar da Dinâmica, assunto que o público alvo do caderno pedagógico ainda não teria estudado.

O caderno é rico em imagens, esquemas gráficos, referências a filmes, contextualização com avanços tecnológicos e sempre ressalta a importância do tema para a ciência. A capa, uma arte denominada grafismo, foi confeccionada por uma aluna do Ensino Médio da escola, bem como muitos dos desenhos no interior do caderno.

Ilustração 5. 3 - FMC: Uma Nova Perspectiva, Vol 2

5.3.2. Passatempos

Os jogos, de um modo geral, sempre divertiram e fascinaram gerações. Tais atividades, conforme Kishimoto (2002, p. 15) se aplicadas na educação de maneira pedagogicamente estruturada, pode proporcionar conhecimento ao mesmo tempo em que diverte os alunos. Falando especificamente de palavras cruzadas, Constantin (2007, p. 12-18) relata atividades bem-sucedidas utilizando esse e outros recursos lúdicos.

Ilustração 5. 4 – Caderno de Passatempos

Os passatempos elaborados e detalhados no Apêndice E dessa dissertação foram:

- Caça–Palavras: Passatempo muito popular no qual o jogador deve procurar em um diagrama com letras embaralhadas algumas palavras definidas em uma lista ou destacadas em um texto.

Foram elaborados dois caças–palavras para o caderno de passatempos. A estratégia usada foi criar uma planilha eletrônica no Excel e preenche-la com letras aleatórias e depois digitar as palavras correspondentes ao texto base do passatempo.

- Cripto-relatividade: Um jogo clássico de cadernos de passatempo, que consiste em responder as perguntas com cada letra em um quadrinho marcado com um símbolo. Símbolos iguais correspondem a letras iguais.

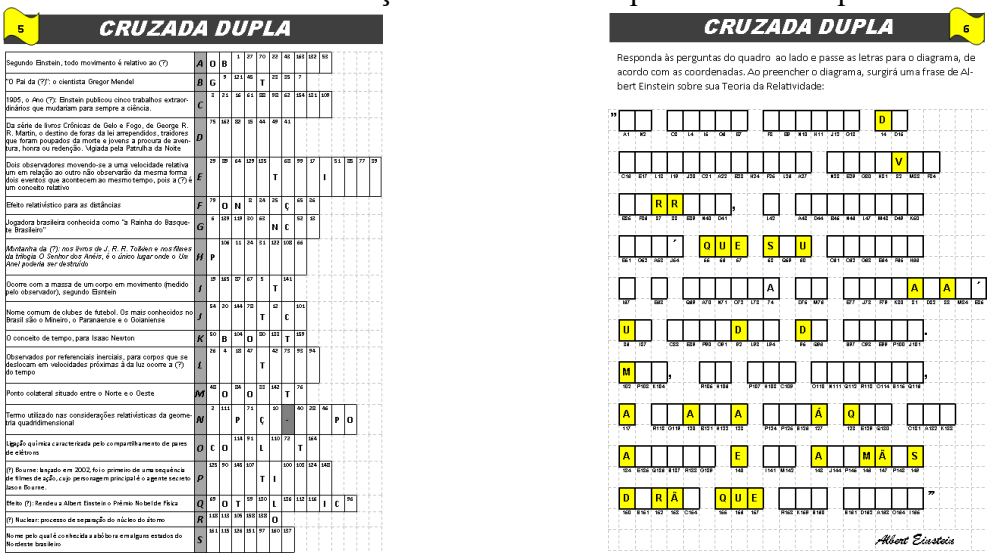
Mais um passatempo elaborado usando o Excel, no qual as perguntas (cuja maioria era sobre Relatividade e as restantes de ciências, tecnologia, cultura, esportes e variedades) foram posicionadas na primeira coluna e as letras que compunham a resposta eram divididas por letras, uma em cada quadrinho na linha correspondente à pergunta. Para que cada letra realmente fosse

representada por um símbolo equivalente, a fonte de cada resposta foi mudada para *Wingdings* e foi aplicada a formatação *sobrescrito* para permitir ao jogador preencher os quadrinhos.

- Cruzada Dupla: Nesse passatempo, o jogador deve responder um Diagrama composto de uma coluna com as perguntas, uma segunda coluna composta de letras na ordem alfabética e vários quadrinhos dispostos na linha respectiva à pergunta. Cada um desses quadrinhos é enumerado, formando coordenadas alfanuméricas (por exemplo A25, B40, C8, etc.). Com base nas respostas ao Diagrama, o jogador vai para a outra página chamada de Quadro, formado por quadrinhos com coordenadas alfanuméricas no seu rodapé correspondentes à cada quadrinho das respostas do diagrama. Ao término da atividade o jogador poderá ver uma frase de Einstein no Quadro.

Esse foi o passatempo de maior complexidade de elaboração, pois qualquer erro no Diagrama tornaria o Quadro incorreto, e vice-versa. Com base no Excel foram utilizadas fórmulas para vincular as coordenadas das duas partes do jogo.

Ilustração 5. 5 – Passatempo “Cruzada Dupla”

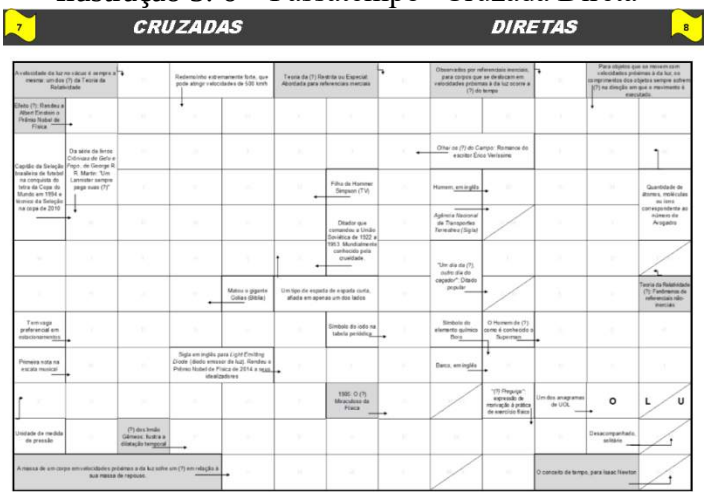


- Cruzadas Diretas: Jogo que consiste em preencher as lacunas com base nas perguntas ou informações contidas em quadros ao longo do passatempo. É uma grande tabela onde as respostas são escritas letra a letra nos espaços em branco e geralmente as letras de uma palavra se cruzam com as de outra.

Esse jogo foi feito no programa Publisher, de modo que uma tabela previamente contendo as palavras já inseridas foram mescladas com quadros contendo as perguntas

correspondentes. Muitos testes foram feitos para verificar se a atividade estava correta e ao final o passatempo tomou a forma que pode ser visualizada na Ilustração 5.6.

Ilustração 5. 6 – Passatempo “Cruzada Direta”



- Jogo dos 7 erros: Como o título já sugere, o jogador deve encontrar sete diferenças entre duas imagens.

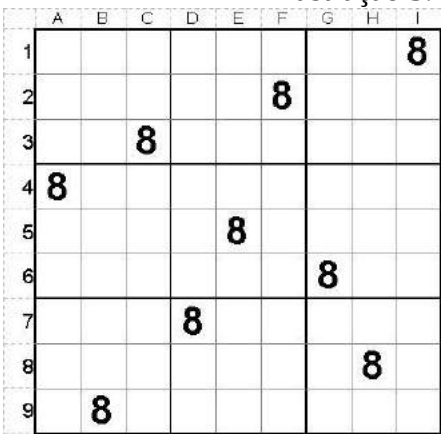
Esse foi o jogo foi mais simples de ser elaborado, pois se trata apenas de duas fotos de Albert Einstein, uma original e a outra editada usando o CorelDraw de modo a lhe acrescentar ou retirar elementos. Antes das fotos foi inserido um pequeno texto fazendo referência a genialidade desse grande cientista.

Ilustração 5. 7 – Passatempo “Jogo dos 7 erros”

- Sudoku: O Sudoku é um jogo de lógica que surgiu no Japão e tornou-se popular no mundo todo. Consiste em preencher os espaços em branco de um quadro de 81 casas, subdividido em quadrados menores de tamanho 3x3 casas. As regras para o preenchimento são: 1) preencher as casas com algarismos de 1 a 9, de modo que cada número apareça apenas uma vez em cada linha e coluna; 2) em cada quadrado 3x3 todos os números (1 a 9) devem aparecer, mas também sem repeti-los. Geralmente os quadros do Sudoku já vêm preenchidos com alguns números, contudo o jogo foi adaptado para conter elementos do tema, de modo que o jogador, para preencher o quadro, deve responder as questões de uma outra tabela. Com base nessas respostas o jogador encontrará as dicas para ir preenchendo o Sudoku.'

A elaboração se baseou em um Sudoku já resolvido e as dicas foram feitas com base nesses números da resposta. O quadro inicial já continha os números "8" e as perguntas e dicas indicavam onde e que números preencher. Por exemplo, a questão 3 tem como pergunta "*Como são conhecidos os princípios que são a base para a teoria da Relatividade Restrita*", a dica é "*Quantidade desses princípios*" e as casas a serem preenchidas são D1, I2, B3, H4, F5, A6, G7, E8 e C9. Ou seja, se o jogador souber que os princípios são os Postulados e que eles são dois, irá preencher as casas correspondentes com esse numeral. Ao final de seis perguntas fica mais simples o complemento do quadro do Sudoku.

Ilustração 5. 8 – Passatempo "Sudoku"



SUDOKU 12

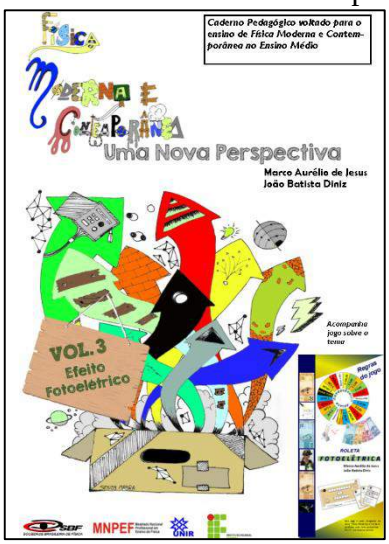
Veja o exemplo em destaque. Depois responda as perguntas e escreva os valores encontrados nas respectivas casas do Sudoku ao lado.

nº	Pergunta	Resposta	Dica	Valores	Preencher as casas:
1)	**As Teorias da Relatividade (Restrita ou Especial e a Geral) deram grande notoriedade a Albert Einstein. Contudo, o estudo que lhe rendeu o prêmio Nobel de Física em 1921 foi o (?)**	**Efeito Fotoelétrico**	**Quantidade de consoantes contidas na resposta**	**8**	**I1, F2, C3, A4, E5, G6, D7, H8 e B9**
2)	Nome completo do cientista que desenvolveu a Teoria da Relatividade	?	Número de vogais da resposta	?	G1, B2, D3, E4, I5, C6, H7, A8 e F9
3)	Como são conhecidos os princípios que são a base para a teoria da Relatividade Restrita (ou Especial)	?	Quantidade desses princípios	?	D1, I2, B3, H4, F5, A6, G7, E8 e C9
4)	Fator de (?): Parâmetro matemático utilizado nos cálculos relativísticos, representado pela letra grega gama	?	Número de consoantes da resposta	?	F1, C2, G3, D4, H5, B6, A7, I8, E9
5)	Em uma situação hipotética, baseada no Paradoxo dos Irmão Gêmeos: O irmão A fica na Terra e o irmão B, viaja em uma nave com uma velocidade constante de 98% a velocidade da luz. Para o irmão A, o tempo de viagem de seu irmão foi de 15 anos. Calculando o efeito relativístico temos que: **$\gamma = 5{,}02$** Sendo **$t = \gamma . t_0$**, o tempo próprio (t_0) do irmão B é aproximadamente igual a:	?	Valor aproximado do cálculo	?	B1, D2, I3, G4, A5, F6, E7, C8 e H9
6)	(?) dos Irmão Gêmeos: Situação hipotética que ilustra a dilatação temporal	?	Número de sílabas da resposta	?	A1, E2, H3, I4, C5, D6, F7, B8 e G9

5.4. FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOLUME 3 – EFEITO FOTOELÉTRICO

O terceiro material paradidático confeccionado visa integrar o tema clássico “Choques Mecânicos” com o Efeito Fotoelétrico. Novamente o assunto é abordado no caderno pedagógico, contudo a avaliação de aprendizagem foi feita através de um jogo intitulado “Roleta Fotoelétrica”.

Ilustração 5. 9 - FMC: Uma Nova Perspectiva, Vol 3



5.4.1. Caderno Pedagógico 3

Esse caderno pedagógico (vide Apêndice F) também inicia com a seção “Isso você já estudou – RECORDANDO” e expõe resumidamente o Momento Linear (ou quantidade de movimento), dando ênfase aos Choques Mecânicos. Partindo de uma contextualização onde um jogo de sinuca é citado, o tema clássico é revisado em seus itens principais: equação do momento linear, conservação do momento linear, coeficiente de restituição e tipos de colisões ou choques (elásticos e inelásticos).

Logo na sequência, a seção “Física Moderna e Contemporânea – NOVIDADE” entra na pauta com enfoque no Efeito Fotoelétrico. O leitor tem acesso a uma explicação sobre o que é o *quantum* com exemplos concretos de seu cotidiano (unidade monetária e preço em postos de gasolina). A Mecânica Quântica é ainda citada brevemente.

A característica da luz ser quantizada, o fóton, os pacotes de energia e uma imagem ilustrando uma montagem experimental do efeito é mostrada, bem como os conceitos de potencial e frequência de corte.

A função trabalho também é citada e a equação da energia cinética do elétron é exposta, além da importante conclusão de que a energia cinética máxima não depende da intensidade da luz e sim de sua frequência. As equações do momento linear dos fótons também recebem atenção, reforçando assim o objetivo do caderno, que é relacionar a Física Clássica com a FMC.

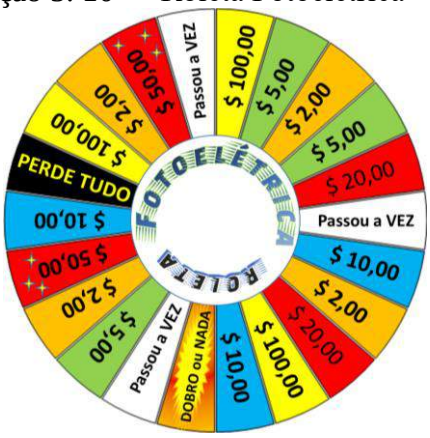
O espalhamento Compton é abordado em seus aspectos históricos, características principais e aplicações tecnológicas. Um pouco dos trabalhos do cientista que iniciou as pesquisas sobre efeito fotoelétrico, o físico húngaro Phillipe Lenard (1862-1947) fecha a seção.

Por fim, são apresentados tópicos de pesquisa sobre os avanços tecnológicos proporcionados pelo efeito fotoelétrico. O aluno deve escolher entre placas solares, controle remoto, óculos de visão noturna, sensores de movimento e portas automáticas e pesquisar sobre seu funcionamento e como o efeito fotoelétrico atua nesses dispositivos. Também é solicitado ao aluno que pesquise e produza um texto sobre os pontos favoráveis e as desvantagens de a energia solar ser utilizada para a geração de energia elétrica.

5.4.2. Roleta Fotoelétrica

Nos Apêndices G e H dessa dissertação encontra-se uma atividade baseada no famoso jogo norte-americano *Wheel of Fortune* (Roda da Fortuna) esse jogo é composto por uma roleta dividida em 22 partes contendo valores, punições (“*Passou a VEZ*” e “*PERDE TUDO*”) e um desafio (“*DOBRO OU NADA*”). A roleta está instalada sobre uma base, de modo que pode ser girada. A base possui um ponteiro para marcar onde a roleta para. A roleta foi impressa em cores e colada em uma roda. Tanto a base quanto a roda da roleta podem ser feitas de diferentes materiais, como plástico, madeira ou até mesmo papelão.

Ilustração 5. 10 – “Roleta Fotoelétrica”

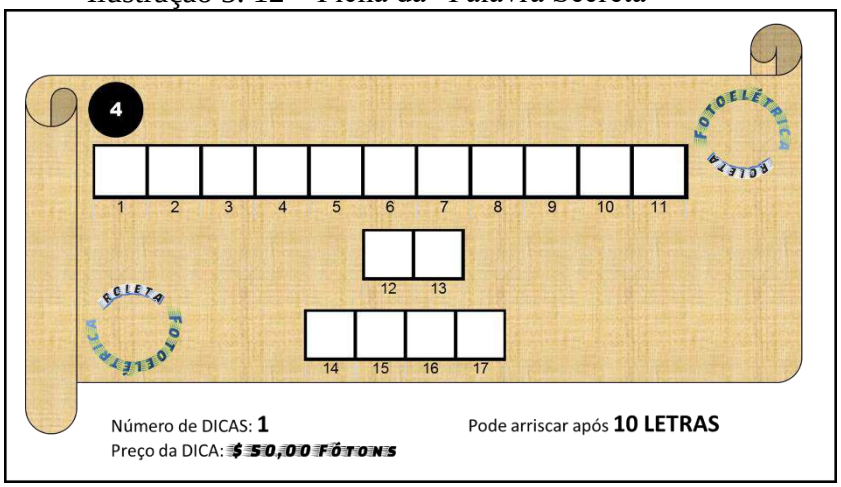


O jogo tem sua própria “unidade monetária”, o *fóton*, que são imagens de cédulas de Real com o rosto de Albert Einstein no lugar da efígie da Princesa Isabel e trocando a palavras “Reais” por “fótons”.

Ilustração 5. 11 – “Moeda” do jogo: os fótons

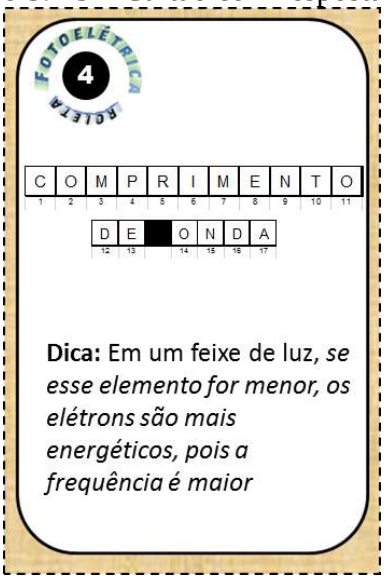
Compõe o jogo ainda as fichas com a “Palavra Secreta”, identificadas com números no canto superior esquerdo. Contém os espaços em branco devidamente enumerados que deverão ser preenchidos pelos jogadores com as letras da palavra secreta. A ficha também indica o número de dicas que aquela palavra pode ter, bem como seu preço. A dica é uma por ficha e não por jogador. A ficha também indica após quantas letras um jogador poderá arriscar a palavra secreta.

Ilustração 5. 12 – Ficha da “Palavra Secreta”



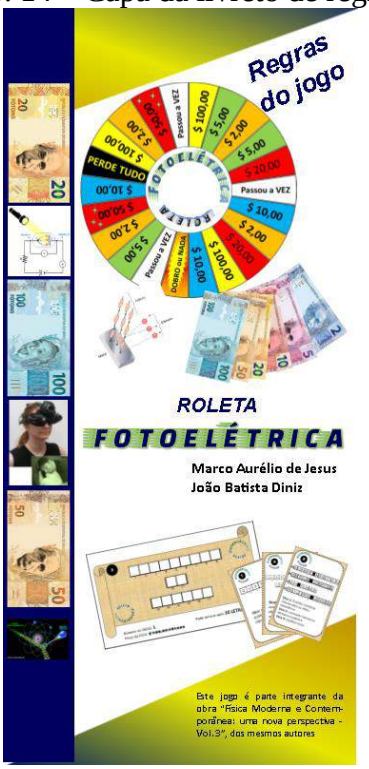
Por fim, há os cartões com respostas e dicas enumerados de 1 a 12, que ficam o tempo todo em posse do participante que conduz o jogo (“banca”). Nelas constam as respostas e dicas correspondentes às fichas com “Palavra Secreta”.

Ilustração 5. 13 – Cartão com respostas



O material foi preparado utilizando o CorelDraw para as edições de imagem e uma pequena cartilha com as regras do jogo foi confeccionada no Publisher.

Ilustração 5. 14 – Capa da livreto de regras do jogo



As regras do jogo são:

- Número de participantes: de 2 a 4 jogadores e mais a "banca", que é um participante responsável por conduzir o jogo, pagar e penalizar os jogadores.

- Tempo de jogo: Não estipulado. Os jogadores podem jogar as 12 fichas com a "Palavra Secreta" no intervalo de tempo que desejarem.

A "banca" pede que cada jogador gire a roleta uma vez. Quem obtiver o maior valor começa o jogo; o segundo maior valor é o próximo a jogar e assim sucessivamente. Em caso de empate, roda-se a roleta novamente até o desempate. O valor obtido nesse primeiro giro não será pago aos jogadores. É apenas para determinar a ordem de jogada.

O jogador 1 escolhe aleatoriamente uma ficha com a "Palavra Secreta" e a coloca em um local visível a todos os demais jogadores. A "banca" terá em suas mãos os cartões com respostas e dicas identificadas com o número da "Palavra Secreta" correspondente.

O jogador 1 roda a roleta. Se parar em um valor ele deve escolher uma letra que acredite que faça parte da "Palavra Secreta". Se acertar, a "banca" escreve a letra na ficha e paga o valor correspondente a cada letra acertada (por exemplo, se a roleta parou em $ 5,00 e o jogador

escolheu a letra “A”, caso a “Palavra Secreta” tenha 3 “A” o jogador recebe $5,00 + $5,00 + $5,00 = $15,00). Como acertou a letra, o Jogador 1 roda a roleta de novo, mas se ele tivesse errado passaria a vez para o próximo jogador. Se parar em “Passou a VEZ” não ganha e nem perde nada, mas passa a vez para o próximo jogador. Se parar em “PERDE TUDO” o jogador deve devolver à “banca” todos os fótons que tem. Por fim, se parar em “DOBRO OU NADA” o jogador escolhe uma letra. Se acertar dobra os valores dos fótons que já tem, se errar perde tudo. Caindo em “DOBRO OU NADA” o jogador não poderá pedir a “DICA”.

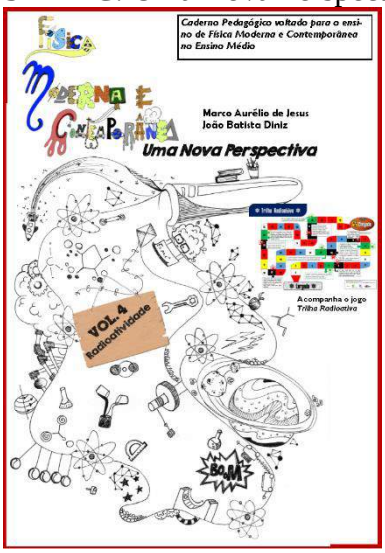
Quando a roleta parar em um valor, o jogador poderá pedir a “DICA” pagando o valor correspondente informado na ficha com “Palavra Secreta”. Os jogadores podem entrar em consenso entre si e dividirem o valor da “DICA” se assim preferirem. Só é possível arriscar a palavra após o limite de letras estipulado na ficha com “Palavra Secreta”. O jogador que não seguir essa regra perderá todos os fótons e caso não tenha nada ficara devendo $ 300,00 fótons para a próxima partida.

Quando um jogador acertar a palavra, tem início outra partida com uma nova “Palavra Secreta”, com cada jogador mantendo seus respectivos fótons. O vencedor da partida anterior inicia o jogo. Os próximos obedecem a ordem do que tiver mais fótons para o que tiver menos. Ao final vence quem tiver mais fótons.

5.5. FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOLUME 4 – RADIOATIVIDADE

Geralmente no 2º Ano do Ensino Médio os alunos estudam em Calorimetria as formas de propagação do calor: condução, convecção e radiação. Essa última motivou a inserção da Radioatividade como tópico a ser abordado por tratar o calor como onda eletromagnética e consequentemente o tema está relacionado. Assim o caderno pedagógico (Apêndice I) foi produzido e um jogo chamado “Trilha Radioativa” (Apêndices J e K) foi desenvolvido para proporcionar aos alunos uma aprendizagem mais prazerosa.

Ilustração 5. 15 - FMC: Uma Nova Perspectiva, Vol 4



5.5.1. Caderno Pedagógico 4

O quarto caderno pedagógico inicia tratando da transmissão de calor, fechando com a radiação térmica. Logo na sequência a Radioatividade é inserida a partir de um exemplo de fácil compreensão, para então fazer uma explanação histórica do tema: o tubo de raios catódicos, a descoberta do raio-x, a descoberta da própria radioatividade, as pesquisas do casal Curie e de Rutherford.

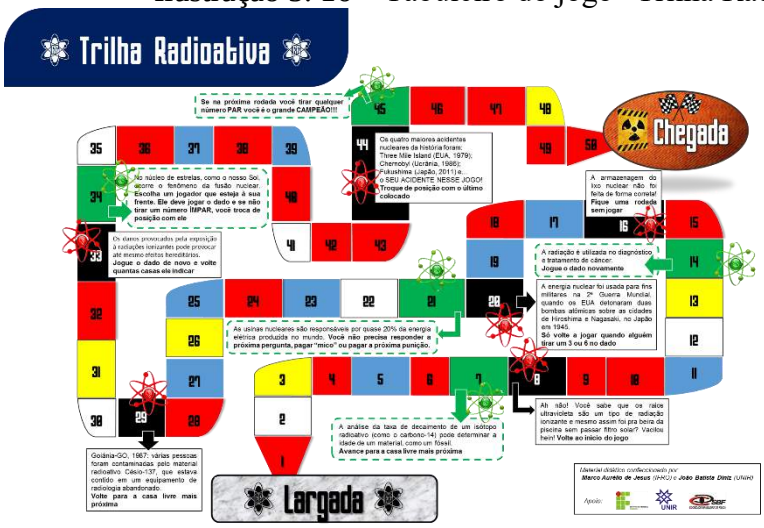
De maneira sucinta o texto explicado o decaimento radioativo e a meia-vida do Carbono-14 que possibilita a datação radioativa. Seguindo, é citado o acidente radioativo com o Césio 137 de Goiânia, no ano de 1987 e é apresentado o contador Geiger como instrumento de medida de radiação.

Em relação à energia nuclear é descrito o processo de fissão nuclear e na página seguinte há uma sequência de prós e contras da radioatividade.

5.5.2. Trilha Radioativa

Há muitas variações desse jogo que basicamente consiste em um tabuleiro que deve ser percorrido casa por casa com base nos números de um dado lançado pelos jogadores. Nas casas podem conter provas, bônus ou penalidades. A trilha foi confeccionada no CorelDraw, enquanto as perguntas e testes foram feitas no editor de texto Word. Já o livreto com as regras do jogo foi confeccionado usando o Publisher.

Ilustração 5. 16 – Tabuleiro do jogo “Trilha Radioativa”



O jogo é composto de uma Trilha, cinco pinos de cores diferentes, um dado comum, vinte e sete cartas vermelhas contendo perguntas específicas sobre Radioatividade, catorze cartas azuis contendo perguntas de conhecimentos gerais e oito cartas amarelas contendo “mico”.

As cores das casas da trilha são:

- BRANCA: Casa livre – não há desafio, “mico”, penalidade ou bônus;
- AMARELA: “Mico” – representa algum tipo de desafio engraçado, que o jogador deve realizar. Para isso, retira uma carta amarela do monte de cartas;
- VERMELHA: Desafio – Perguntas específicas sobre Radioatividade. Para isso, retira uma carta vermelha do monte de cartas;
- AZUL: Desafio – Perguntas de conhecimentos gerais. Para isso, retira uma carta azul do monte de cartas;
- VERDE: Bônus – O jogador recebe alguma bonificação no jogo. Em cada casa está escrita a respectiva bonificação, além de um pequeno texto sobre os aspectos positivos da radioatividade;
- PRETA: Penalidade – O jogador recebe alguma penalidade no jogo. Em cada casa está escrita a respectiva penalidade, além de um pequeno texto sobre os malefícios e problemas da radioatividade;

São as regras do jogo:

Número de participantes: de 2 a 5 jogadores

Tempo de jogo: Não estipulado. Os jogadores devem jogar até um deles alcançar a “Chegada”.

Todos os jogadores jogam o dado. Quem obtiver o maior valor escolhe a cor de seu pino e começa o jogo; o segundo maior valor é o próximo a jogar e assim sucessivamente. Em caso de empate, joga-se o dado novamente até o desempate. Essa rodada é apenas para definir a ordem de jogadas, portanto os jogadores ainda não vão correr as casas. Agora o jogo realmente começa e o jogador 1 lança o dado e corre a quantidade de casas que o dado indicar. Se cair em uma casa BRANCA nada ocorre e o próximo jogador lança o dado.

Se cair em uma casa AMARELA, um outro jogador retira do monte de cartas amarelas um “mico”, que o jogador da vez deve executar. Se ele não executar o “mico” da forma que está especificada na carta, não joga a próxima rodada.

Se cair em uma casa VERMELHA, um outro jogador retira do monte de cartas vermelhas (na ordem em que está, sem escolher a carta) uma pergunta específica sobre Radioatividade e, sem deixar o jogador da vez ver a parte interna da carta, lê a pergunta e as opções de respostas. Se o Jogador da vez acertar, tem o direito de permanecer na casa onde está, mas se errar, volta para casa em que estava antes de jogar o dado.

Se cair em uma casa AZUL, um outro jogador retira do monte de cartas azuis (na ordem em que está, sem escolher a carta) uma pergunta de conhecimentos gerais e, sem deixar o jogador da vez ver a parte interna da carta, lê a pergunta e as opções de respostas. Se o Jogador da vez acertar, tem o direito de permanecer na casa onde está, mas se errar, volta para casa em que estava antes de jogar o dado. A carta retirada vai para o fundo do monte, passando a ser a última;

Se cair em uma casa VERDE, deve ler a informação e executar a ação correspondente à sua bonificação. Se o bônus é de avançar casas ou jogar novamente, o jogador não precisa executar as tarefas da casa em que cair.

Se cair em uma casa PRETA, deve ler a informação e sofrer a penalidade correspondente. Se a penalidade é de voltar casas o jogador não precisa executar as tarefas da casa em que cair.

Para ganhar o jogo, um jogador deve lançar o dado e obter o valor exatamente igual ao necessário para alcançar a “Chegada”, caso contrário, volta o número de casas que excederam esse valor. Por exemplo: Um jogador que está na casa 47, para vencer deve obter no dado o número 4 (seria contado assim: “48, 49, 50 e Chegada”). Se o tirar um 6, vai parar na casa 49 (contando: “48, 49, 50, Chegada, 50 e 49). Nesse caso, se já tiver passado pela “Chegada” não precisa executar as tarefas da casa em que cair.

CAPÍTULO 6 – RELATO DA APLICAÇÃO EM SALA DE AULA

6.1. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL 1

Tempo de Aula:

- Aula Expositiva: 50 minutos
- Aplicação da Atividade Lúdica: 100 minutos
- Apresentação dos resultados da Atividade Lúdica: 50 minutos

O primeiro produto educacional intitulado “Física Moderna e Contemporânea – Uma Nova Perspectiva, Vol. 1” tinha por objetivo apresentar histórica e conceitualmente a FMC para todas as turmas para as quais a metodologia foi aplicada. Como já fora citado anteriormente, a obra é composta de um caderno pedagógico e um tutorial para a elaboração dos vídeos *Draw My Life*.

Inicialmente os alunos tiveram uma aula expositiva com o uso do caderno pedagógico, apresentado aos alunos em forma de slides e projetado em uma televisão. Como a obra é rica em imagens e estas são em sua maioria editadas com elementos humorísticos, a projeção chamou a atenção dos alunos que interagiram, questionaram e sobretudo se mostraram interessados no tema.

Ilustração 6. 1 – Aula sobre Introdução à FMC

Após a aula expositiva, partiu-se para a realização da atividade de produção de vídeos no formato *Draw My Life*. A atividade contou com uma preparação, que envolveu a composição dos grupos e sorteio dos nomes dos cientistas que seriam pesquisados, pesquisa bibliográfica

sobre os mesmos, elaboração do roteiro, desenhos, filmagens e edição, orientação do professor, exibição para os demais colegas e por fim, avaliação da aprendizagem.

Partindo da ideia de que o trabalho em grupo estimula a interação e a expressividade dos alunos, pois assim os mesmos se sentem mais seguros e confiantes para se manifestar (BROWN, 2001, p. 14) os alunos foram divididos em grupos de no máximo cinco componentes. Em seguida, um membro de cada grupo escolhia em uma caixa um papel dobrado no qual estava escrito o nome de um cientista relacionado a FMC já citados anteriormente.

Os alunos tiveram o prazo de duas semanas para realizarem as pesquisas bibliográficas sobre a biografia e principais contribuições do cientista cujo nome foi sorteado. Durante esse período o professor foi consultado para sanar dúvidas sobre alguns aspectos, como por exemplo equações, aplicações e pré-requisitos para o estudo. Contudo, os alunos foram orientados a não se ater demais em cálculos e sim na parte conceitual, na vida do cientista e nas suas contribuições para a evolução da ciência.

Após a pesquisa bibliográfica, os grupos elaboraram um roteiro detalhado do que seria desenhado, escrito e narrado. Escolheram entre si quem faria os desenhos, editaria os vídeos e faria a narração. Foram estimulados a assistir no *YouTube* a vídeos do tipo *Draw My Life* mais acessados no site. Para ajuda-los a editar os vídeos, foi distribuído o tutorial para execução das atividades, no qual os alunos tiveram instruções detalhadas de como editar vídeos usando o programa *Movie Maker*.

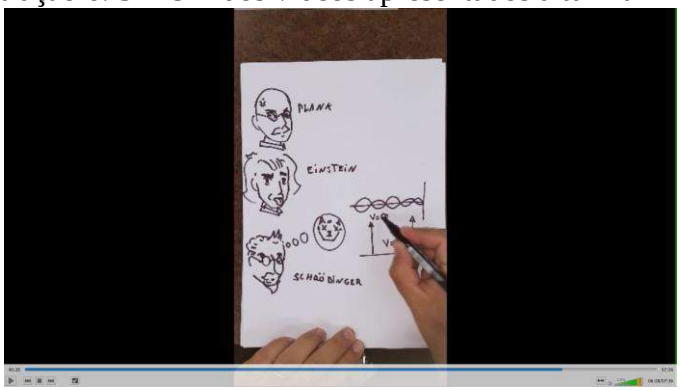
Para essa etapa os alunos tiveram mais duas semanas para concluir o vídeo e fazer uma apresentação prévia ao professor, para que este realizasse alguma correção ou propusesse mudanças.

Ilustração 6. 2 – Alguns *Draw My Life* produzidos pelos alunos

Aproximadamente um mês após a aplicação do questionário inicial, o trabalho foi finalizado com uma apresentação dos vídeos em cada uma das turmas separadamente. Nessa seção de exibição os alunos puderam realizar perguntas sobre os cientistas e suas realizações, bem como ter acesso às técnicas de filmagem usada por outros grupos.

O professor também fez perguntas aos grupos e ao final de todas as apresentações, os melhores trabalhos foram selecionados para oportunamente serem postados em um canal do *YouTube* criado especificamente para esse fim.

Ilustração 6. 3 – Um dos vídeos apresentados à turma



6.1.1. Dificuldades encontradas durante a aplicação do Produto Educacional 1

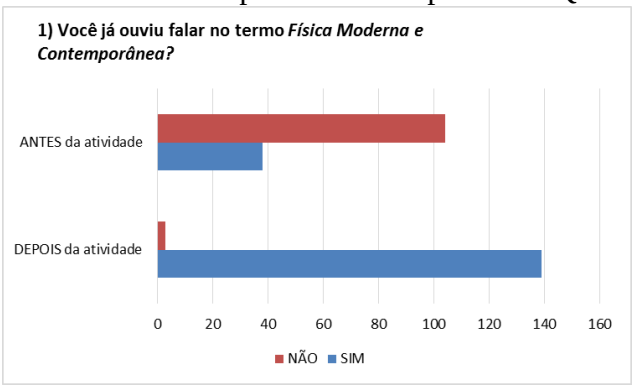
A primeira dificuldade encontrada foi na composição dos grupos para a produção dos vídeos, pois muitos alegaram que não eram tão bons em desenhar para realizar a atividade. Contudo, com o objetivo de motiva-los, foram exibidos outros vídeos *Draw My Life* feitos com desenhos de traços simples, mas com roteiro bem definido e efeitos digitais interessantes. Assim, os alunos perceberam que os *Draw My Life* são caracterizados por desenhos simples, bem autoexplicativos e com boas doses de humor.

A outra dificuldade (registrada somente na primeira turma na qual a atividade foi realizada) foi na edição dos vídeos, pois o tutorial não estava claro o bastante para instruir os alunos na execução da atividade. Ao detectar a falha no produto, melhorias foram feitas e as próximas turmas tiveram facilidade em editar os vídeos.

6.1.2. Resultados obtidos com o Produto Educacional 1

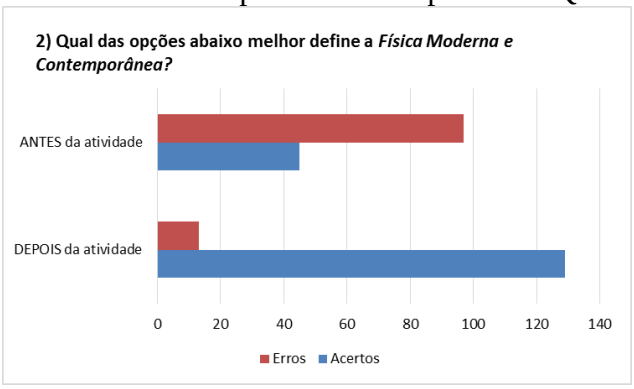
Após a realização dos trabalhos, os alunos foram submetidos ao mesmo questionário aplicado no início e o resultado pode ser melhor visualizado nos gráficos a seguir:

Ilustração 6. 4 – Gráfico Comparativo de respostas da Questão 1



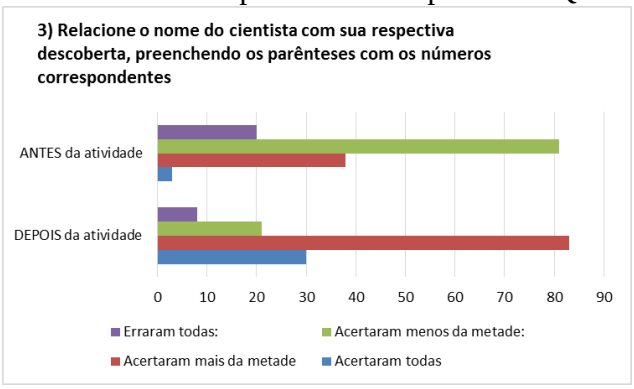
Nesse gráfico nota-se claramente que após o desenvolvimento do trabalho, o aluno passou a ter uma significativa noção do que é FMC.

Ilustração 6. 5 – Gráfico Comparativo de respostas da Questão 2



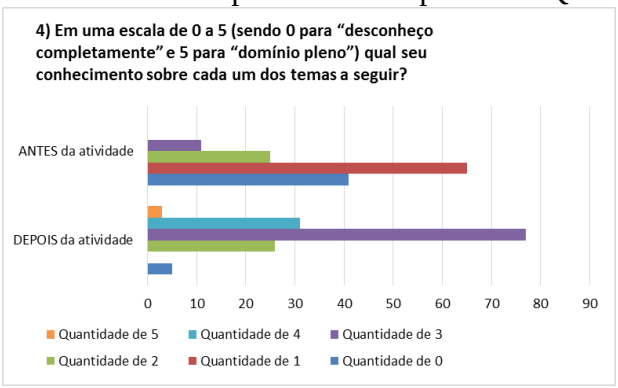
Mais do que uma noção preliminar o aluno conseguiu conceituar FMC.

Ilustração 6. 6 – Gráfico Comparativo de respostas da Questão 3



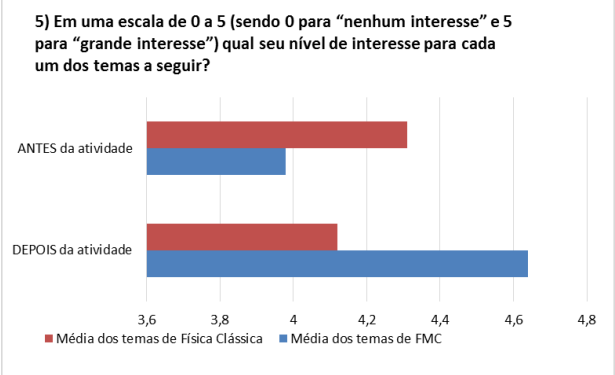
Esse gráfico demonstra claramente a evolução no conhecimento dos alunos e sua capacidade de associação entre os cientistas estudados e suas descobertas.

Ilustração 6. 7 – Gráfico Comparativo de respostas da Questão 4



Novamente verifica-se que os estudantes tiveram um considerável avanço no conhecimento de FMC.

Ilustração 6. 8 – Gráfico Comparativo de respostas da Questão 4



Por fim, nesse último gráfico nota-se um significativo aumento do interesse por FMC e curiosamente o interesse por Física Clássica não teve um declínio tão expressivo.

6.2. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL 2[3]

Tempo de Aula:

- Aula Expositiva: 100 minutos
- Aplicação da Atividade Lúdica: 100 minutos

A obra "Física Moderna e Contemporânea – Uma Nova Perspectiva, Vol. 2" traz uma abordagem da Teoria da Relatividade Restrita para o 1º Ano do Ensino Médio por meio de um caderno pedagógico e um caderno de passatempos.

Inicialmente foi ministrada quatro aulas teóricas sobre o tema, partindo do assunto que eles já haviam estudado, a Velocidade Relativa. O caderno pedagógico foi apresentado em forma de slides e projetados na televisão. Foram exibidos dois vídeos produzidos pela rede de TV NatGeo (disponíveis no *YouTube*), *"Além do Cosmos – O tempo (Beyond the Cosmos – Time Warp) "* e *"Além do Cosmos – O espaço (Beyond the Cosmos – Space Odyssey) "*, devidamente editados para possibilitar que as cenas mais relevantes fossem exibidas em tempo hábil.

As equações foram demonstradas, já que o nível não excedia o domínio matemático típico da série escolar. Os alunos ficaram muito impressionados quando foi apresentado o famoso Paradoxo dos Irmãos Gêmeos e muitas perguntas foram direcionadas ao professor tais

[3] Os resultados da metodologia foram apresentados em forma de pôster na 67ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência – SBPC, São Carlos – SP, 2015.

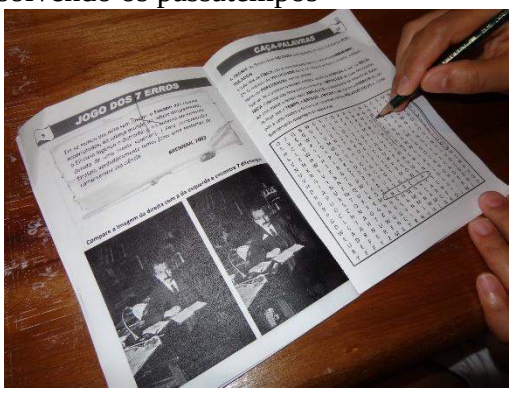
como “*é apenas uma sensação ou é real?* ”, “*isso pode ser provado?* ” ou ainda “*por que nós não sentimos esse efeito?* ”.

Após os devidos comentários e respostas a aula prosseguiu com os outros efeitos relativísticos (espaço, massa e energia), com poucos questionamentos, alguns comentários, fazendo com que maiores indagações fossem mesmo em relação à dilatação temporal.

O momento de verificação da aprendizagem se deu com a aplicação do caderno de passatempos. Os alunos receberam o caderno impresso e grampeado pelo meio como um livreto. Foi permitido que os alunos auxiliassem os colegas em alguns itens mais complexos, de modo que a participação foi maior do que a esperada. Foram orientados a não consultar as respostas no final do caderno de passatempos e ao término de uma aula (50 minutos) eles trocaram os passatempos entre si para que outro colega fizesse a correção.

Ilustração 6. 9 – Aula sobre Relatividade Restrita

Ilustração 6. 10 – Alunos resolvendo os passatempos



6.2.1. Dificuldades encontradas durante a aplicação do Produto Educacional 2

O único aspecto que dificultou a atividade foi a impressão, pois o caderno pedagógico é composto de quinze páginas, enquanto os passatempos somam oito páginas frente e verso. Como a atividade demandaria de muitas cópias, optou-se por imprimir somente o caderno de passatempos e apresentar o conteúdo do caderno pedagógico em forma de slides e disponibiliza-lo virtualmente para os alunos (por e-mail ou postando no Ambiente Virtual de Aprendizagem – AVA). Contudo, com tempo hábil verificou-se que seria possível realizar as impressões e entrega-las aos alunos.

6.2.2. Resultados obtidos com o Produto Educacional 2

Dos alunos que participaram das aulas, 93% conseguiram resolver a maioria dos passatempos. Em uma entrevista por meio de questionário 73% consideraram a atividade Excelente, 19% a consideraram Boa, 6% Regular e 2% Ruim. Ainda, 86% dos entrevistados gostariam de realizar outras atividades semelhantes. Quando à compreensão da Teoria da Relatividade Restrita, 46% a consideraram “Difícil, mas interessante”, 38% “Dificuldade média, mas interessante”, 9% “Fácil e interessante”, 4% “Difícil e pouco interessante”, 3% “Fácil, mas pouco interessante”. Portanto, os alunos de um modo geral se mostraram motivados para o estudo da FMC e se envolveram ativamente com a metodologia aplicada.

Ilustração 6. 11 – Gráfico 1 da entrevista

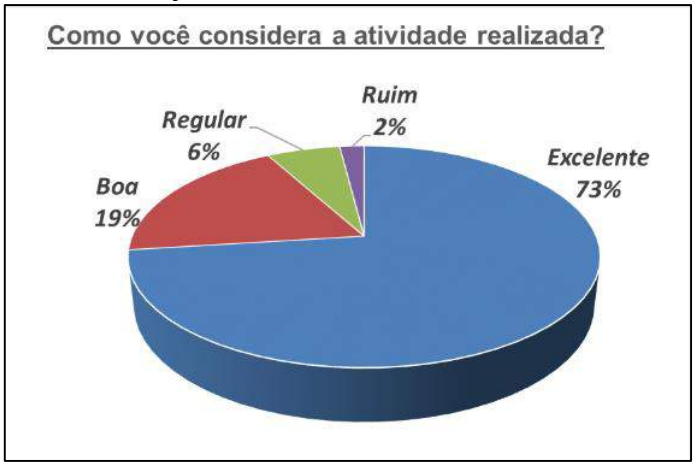
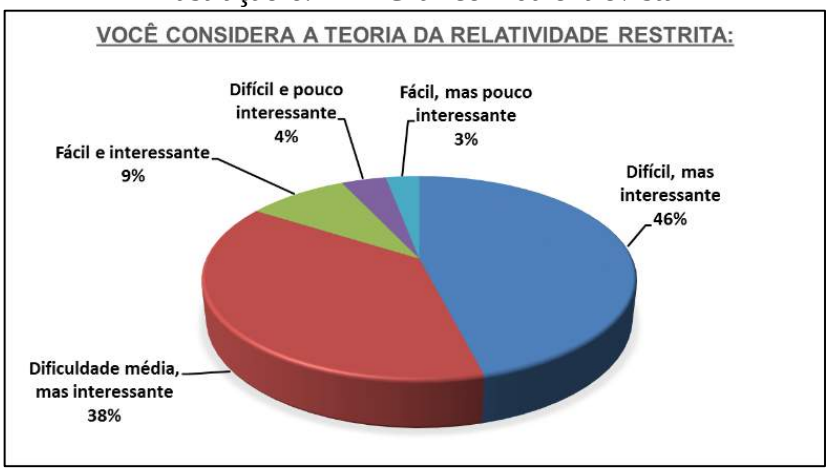


Ilustração 6. 12 – Gráfico 2 da entrevista



6.3. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL 3

Tempo de Aula:

- Aula Expositiva: 100 minutos
- Aplicação da Atividade Lúdica: 100 minutos

A grande característica de "Física Moderna e Contemporânea – Uma Nova Perspectiva, Vol. 3" é sua atividade lúdica "Roleta Fotoelétrica", na qual os alunos puderam aplicar os conceitos estudados por meio do caderno pedagógico do Efeito Fotoelétrico.

A exemplo do volume 2, essa obra foi aplicada com alunos do 1º Ano (duas turmas, em média 42 alunos por turma), após o estudo do momento linear e das colisões mecânicas. O caderno pedagógico foi impresso em preto e branco e entregue a cada aluno. Como a obra possui muitas imagens coloridas, o caderno foi também apresentado em forma de slides para que os alunos pudessem ter acesso.

Após as duas aulas destinadas para a parte teórica, os alunos foram divididos em grupos de até cinco alunos e passaram a jogar a "Roleta Fotoelétrica", já descrita no capítulo 5. De todas as atividades lúdicas desenvolvidas e aqui descritas essa foi a que os alunos mais se envolveram e mais demonstraram interesse e satisfação em jogar. Não foi registrado nenhum episódio de abstenção ou resistência em participar da atividade, fortificando o princípio motivador dos jogos educacionais.

Ilustração 6. 13 – Alunos jogando a “Roleta Fotoelétrica”

6.3.1. Dificuldades encontradas durante a aplicação do Produto Educacional 3

Não se trata de uma dificuldade propriamente dita, mas por ser de uma atividade interessante e empolgante é recomendado realiza-la longe de outras salas de aula, pois euforia, gritos e comemorações são manifestações típicas dessa faixa etária e coibi-las tiraria um pouco da naturalidade do jogo. Portanto, na primeira turma em que a atividade foi realizada, os alunos foram conduzidos ao laboratório de Física, enquanto a segunda turma, se aproveitando de uma rara e momentânea temperatura amena, executou as atividades no pátio e assim não houve registros de perturbação às outras classes.

6.3.2. Resultados obtidos com o Produto Educacional 3

A análise foi em sua maioria qualitativa, visando apenas analisar a compreensão, o interesse pelo tema e pela metodologia aplicada. Assim, por meio de formulário eletrônico elaborado no *Google Docs* os alunos foram entrevistados anonimamente quanto à compreensão dos conceitos de Efeito Fotoelétrico e de suas aplicações tecnológicas. Em um nível de 0 a 5

(sendo 0 correspondente a “não compreendi nada” e 5 “domino completamente”) a média das auto avaliações foi de aproximadamente 3,63.

Quanto a satisfação de realizar a atividade, usando a mesma escala, mas sendo 0 para “Totalmente Insatisfeito” e 5 para “Amplamente Satisfeito”, a média de 4,26 deixou bem clara a validade da metodologia na motivação dos alunos.

Os alunos também foram avaliados posteriormente em relação as atividades de pesquisa e produção textual propostas no caderno pedagógico. Apenas cerca de 8% dos alunos não fizeram as atividades extraclasse propostas.

6.4. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL 4

Tempo de Aula:

- Aula Expositiva: 100 minutos
- Aplicação da Atividade Lúdica: 100 minutos

O produto educacional “Física Moderna e Contemporânea – Uma Nova Perspectiva, Vol. 4” trata da Radioatividade no 2º Ano do Ensino Médio aproveitando o tema clássico de radiação térmica para inserir o assunto de FMC. Os alunos receberam o caderno pedagógico impresso em preto e branco, mas puderam visualizá-lo e cores nos slides apresentados na televisão. As aulas transcorreram naturalmente, mas as perguntas se estenderam um pouco além do esperado quando foi citado o uso militar da energia nuclear nas bombas atômicas jogadas sobre as cidades de Hiroshima e Nagasaki no Japão durante a 2º Guerra Mundial. Dessa forma, a aplicação da atividade lúdica teve que ser deixada para outro dia, totalizando quatro aulas de aplicação da metodologia.

Na aula seguinte os alunos foram divididos em grupos de até cinco membros e jogaram a “Trilha Radioativa”, mostrando novamente muita alegria e descontração enquanto executavam a atividade. Novamente, nenhum episódio de abstenção foi registrado e após o tempo regular de aula alguns alunos pediram para continuar jogando durante o intervalo.

Ilustração 6. 14 – Alguns materiais que compõem a “Trilha Radioativa”

Ilustração 6. 15 – Alunos jogando a “Trilha Radioativa”

6.4.1. Dificuldades encontradas durante a aplicação do Produto Educacional 4

A exemplo da atividade anterior, é importante levar os alunos para ambientes onde eles possam extravasar sua euforia, portanto longe de outras classes. Outro aspecto a ser levado em conta é que a atividade demanda de preparação: impressão das fichas e da trilha, obtenção dos pinos e dos dados para o jogo, recorte das fichas, dentre outros aspectos que precisam ser planejados com antecedência.

Ilustração 6. 16 – Jogando a “Trilha Radioativa” em sala

6.4.2. Resultados obtidos com o Produto Educacional 4

Para essa atividade, como se tratavam de perguntas específicas do tema (caso o jogador parasse em uma casa vermelha), um aluno de cada grupo ficou responsável por contar o número de acertos nas respostas e os resultados mostram a efetividade da metodologia: na primeira turma de 2º Ano a média de acertos dos grupos foi de aproximadamente 68% (considerando a razão entre o número de acertos e o número de perguntas específicas feitas); já na segunda turma o resultado foi pouco mais de 73% de média entre os grupos.

CONCLUSÃO

Após um considerável levantamento bibliográfico, que possibilitou detectar como a FMC é tratada no Ensino Médio, a necessidade de buscar um instrumento para o ensino dessa ciência mostrou-se evidente. Alguns dos atuais livros didáticos, apesar de bem elaborados, privilegiam excessivamente a Física Clássica, enquanto a FMC é deixada à margem, reservada como apêndices ou nos finais dos últimos volumes das coleções.

Diante dessa situação e com base em pesquisas que proporcionaram um conhecimento mais aprofundado do tema e identificaram outras tentativas de inserção da ciência nas escolas de Ensino Médio, foi iniciado o processo de confecção dos produtos educacionais que foram produzidos priorizando os conceitos de FMC a um nível que pudesse ser compreensível a alunos do Ensino Médio, mas buscando não perder qualidade conceitual. Os resultados desse estudo estão no apêndice, onde o produto educacional pode ser observado.

Portanto, este estudo culmina com uma produção didática que não tem em nenhum momento o presunçoso objetivo de substituir um livro didático que passou pelo crivo do Ministério da Educação e pela avaliação de vários professores. Esses produtos educacionais foram aplicados em turmas do Ensino Médio e os resultados foram amplamente satisfatórios e motivadores tanto para o professor quanto para os alunos. A obra visa servir de material de apoio para professores e alunos do Ensino Médio e será disponibilizada tanto de maneira impressa quanto por meios eletrônicos, objetivando viabilizar um contato com a fantástica ciência do século XXI.

REFERÊNCIAS

ALVES-FILHO, J.P. Atividades Experimentais: Do Método à Prática Construtivista. Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis, 2000.

BIEZUNSKI, Michel. **História da Física Moderna**. Lisboa: Instituto Piaget, 1993, 267 p.

BORGES, R.M.R.; SCHWARZ, V.O. O Papel dos jogos educativos no processo de qualificação de professores de ciências. In: ENCONTRO IBERO-AMERICANO DE COLETIVOS ESCOLARES E REDES DE PROFESSORES QUE FAZEM INVESTIGAÇÃO NA ESCOLA, 4. Lajeado, RS, 2005.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio - Física**. Brasília, DF, 2000. 40 p.

_____. Ministério da Educação. **Catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio**: PNLEM/2007, Brasília, DF, 2007, 66 p.

BRENNAN, Richard P. **Gigantes da Física**: uma história da física moderna através de oito biografias. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003. 290 p.

BROWN, H. **Teaching by principles**. San Francisco, Pearson Education, 2001.

CHESMAN, Carlos; ANDRÉ, Carlos; MACÊDO, Augusto. **Física Moderna Experimental e aplicada**. São Paulo: Livraria da Física, 2004. 291 p.

CHEVALLARD, Y. La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado. La Pensée Sauvage, Argentina, 1991.

COUTINHO, M. **Conheça a série 'Draw my life', desenhada por usuários do Youtube**. Disponível em< http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2013/04/conheca-serie-draw-my-life-desenhada-por-usuarios-do-youtube.html>, [acesso em 24/09/2014]

CONSTANTIN, Liliana-Violeta. Methods Used in Romanian Schools to Increase Students' Interest in Learning Physics, Bucharest, 2007

DE MIRANDA, Pedro Raimundo Mathias. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: POR QUE NÃO?. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 2, n. 1, 2015.

DE OLIVEIRA, Fabio Ferreira; VIANNA, Deise Miranda; GERBASSI, Reuber Scofano. Fısica moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Fısica**, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

GARCIA, Eduardo A. C. **Biofísica**. São Paulo: Sarvier, 1998. 387 p.

GONÇALVES, M. E. R. **As atividades de Conhecimento Físico na Formação do Professor das Séries Iniciais.** São Paulo: curso de Pós-graduação em Educação – FEUSP, 1997. Tese de Doutorado

HALLIDAY, David; RESNICK Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos da Física**. 7. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2009. v. 4.

JESUS, Marco Aurélio de. et al. Análise do ensino da Física Moderna nas escolas públicas de nível médio de Rondônia. In: Reunião Anual da SBPC, 66., 2014, Rio Branco. Resumos... SBPC, Brasilia, 2014.

JESUS, Marco Aurélio; DINIZ, João Batista. O ESTUDO DA VIDA E OBRA DE GRANDES NOMES DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DA PRODUÇÃO DE VÍDEOS COM A TÉCNICA DRAW MY LIFE. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 1, n. 1, 2014.

KESSLER, Sérgio Luís. O ensino da física moderna no ensino médio: necessidades e dificuldades no oeste catarinense. 2008.

KISHIMOTO, T. M. (Org.). Jogo, brinquedo, brincadeira e educação. SãoPaulo: Cortez, 1999.

_____. O Brincar e suas teorias. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

LIMA, Kênio Erithon Cavalcante; VASCONCELOS, Simão Dias. Análise da metodologia de ensino de ciências nas escolas da rede municipal de Recife. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação, Rio de Janeiro**, v. 14, n. 52, p. 397-412, 2006.

MOREIRA, Marco Antonio. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Editora Universidade de Brasília, 2006.

_____. **Sobre um MP em ensino de Física e suas ênfases 2015** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <marco.aurelio@ifro.edu.br> em 26 Jun. 2015

_____. **O Mestrado Profissional em Ensino e seu potencial de impacto na Educação Básica**. Palestra proferida na Reunião de Acompanhamento do Programa Nacional de Pós-Graduação (PNPG), CAPES/MEC, Brasília, dezembro de 2012

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marcos Antônio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, vol. 5, n. 1, p. 23-48, Janeiro 2000.

_____. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno catarinense de ensino de física. Florianópolis. Vol. 18, n. 2 (ago. 2001), p. 135-151**, 2001.

PELIZZARI, Adriana et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **revista PEC**, v. 2, n. 1, p. 37-42, 2002.

PINTRICH, P. R.; MARX, R. W.; BOYLE, R. A. Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. **Review of Educational Research**, v. 63, n. 2, p.167-199, 1993.

PIRES, Antonio S. T. **Evolução das idéias da Física**. São Paulo: Livraria da Física, 2008. 478 p.

PRESSE, F. **'Draw My Life': histórias pessoais em desenhos infantis dominam o YouTube**. Disponível em <http://g1.globo.com/pop-arte/noticia/2013/09/draw-my-life-historias-pessoais-em-desenhos-infantis-dominam-o-youtube.html> [acesso em 24/09/2014]

PUCCI NETO, J. A Inclusão Digital Docente: Do Giz A Era Computacional. **Revista Multidisciplinar da Uniesp: Saber Acadêmico**, v. 07, p. 150 – 160, 2009.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT, John W. **Principles of physics**. Fort Worth, TX: Saunders College Pub., 1998.

SIQUEIRA, Maxwell; PIETROCOLA, Maurício. A Transposição didática aplicada a Teoria Contemporânea: A Física das partículas no Ensino Médio. **X Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**. Londrina, 2006

TALAVERA, Alvaro Csapo. **Física**. 2. ed. São Paulo: Nova Geração, 2004. v. 4

TAVARES, Romero. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. **Ciências e Cognição/Science and Cognition**, v. 13, n. 1, 2008.

_____. Aprendizagem significativa. **Revista conceitos**, v. 55, n. 10, 2004

TURRA, C. M. G.; ENRICONE, D.; SANT´ANNA, F. M.; ANDRÉ, LENIR CANCELLA. Planejamento de ensino e avaliação. 11. ed. Porto Alegre: Sagra-DC Luzzato, 1995.

VALADARES, Eduardo de Campos; MOREIRA, Alysson Magalhães. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 15, n. 2, p. 121-135, 1998

VILLAS-BÔAS, L. P. S. Jogo didático: um estudo de representações sociais. **Educação & Linguagem**, v. 12, n. 19, p. 201-218, 2009.

WOLF, Jeferson Fernando de Souza; MORS, Paulo Machado. Relatividade: a passagem do enfoque galileano para a visão de Einstein. **Textos de apoio ao professor de Física**. Porto Alegre, v. 16, n. 5, p. 1 – 68, novembro 2005.

APÊNDICE A – INSTRUÇÕES INICIAIS DO PRODUTO EDUCACIONAL

Prezado(a) professor(a)

Certamente você reconhece o papel da Física Moderna e Contemporânea para a evolução científica e tecnológica, portanto, compreende a necessidade de abordar o tema no Ensino Médio, mesmo não sendo uma tarefa fácil. Pesquisas apontam tanto a importância quanto as dificuldades de inserção do tema nesse nível escolar. Dentre essas pesquisas estão as que foram realizadas por professores que cursaram o Mestrado Nacional em Profissional em Ensino de Física – MNPEF, promovido pela Sociedade Brasileira de Física – SBF.

Contudo, esse mestrado não se resume apenas em pesquisa, mas deve gerar um produto educacional que possa ser utilizado por professores de Física de qualquer localidade. O presente material didático é o produto educacional de uma pesquisa em ensino de Física descrita na dissertação intitulada *Produção de materiais paradidáticos para a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio*, de autoria de Marco Aurélio de Jesus, sob orientação do professor doutor João Batista Diniz, da Universidade Federal de Rondônia – UNIR, na cidade de Ji-Paraná.

Este material didático apresenta uma metodologia de inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio de maneira simultânea à Física Clássica. Os conteúdos selecionados foram Introdução à Física Moderna e Contemporânea; A Teoria da Relatividade logo após a Velocidade Relativa na Cinemática do 1º Ano; o Efeito Fotoelétrico concatenado com colisões mecânicas (1º Ano) e a Radioatividade que pode ser abordada em paralelo à transmissão de calor por Irradiação no 2º ano.

Foram confeccionados e utilizados com sucesso quatro cadernos pedagógicos e quatro atividades lúdicas referentes a cada tema. A seguir apresentaremos uma breve descrição e algumas orientações para a utilização do referido material.

1) FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOLUME 1 – Introdução à Física Moderna e Contemporânea

Aula Expositiva	50 minutos
Orientações para da Atividade Lúdica	100 minutos
Apresentação dos resultados da Atividade Lúdica (exposição dos vídeos produzidos)	50 minutos

O caderno pedagógico apresenta uma introdução ao tema, de maneira histórica e conceitual e também apresentando os cientistas responsáveis por esse avanço científico. Junto com o caderno pedagógico, você encontrará um tutorial de como produzir a atividade lúdica proposta, os vídeos do tipo *Draw My Life*.

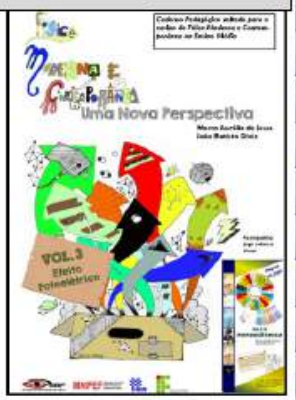
2) FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOLUME 2 – Relatividade.

Aula Expositiva	100 minutos
Aplicação da Atividade Lúdica	100 minutos

Esse material apresenta a Relatividade Restrita em paralelo com a Cinemática, mais especificamente na Velocidade Relativa, que geralmente apresenta o espaço e a velocidade como relativos, mas trata tempo como absoluto. Além do caderno pedagógico, há um livro de passatempos clássicos sobre o tema.

3) FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOLUME 3 – Efeito Fotoelétrico.

Aula Expositiva	100 minutos
Aplicação da Atividade Lúdica	100 minutos



O Efeito Fotoelétrico é tratado simultaneamente ao ensino das colisões mecânicas. Esse caderno pedagógico vem acompanhado de um material para impressão do jogo "Roleta Fotoelétrica" e de seu respectivo panfleto de regras. A roleta pode ser montada tanto em pedaços de papelão quanto em madeira ou plástico. Outra opção é colar a imagem da roleta em um CD ou DVD velho e faze-lo girar em uma base de papelão.

3) FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOLUME 4 – Radioatividade.

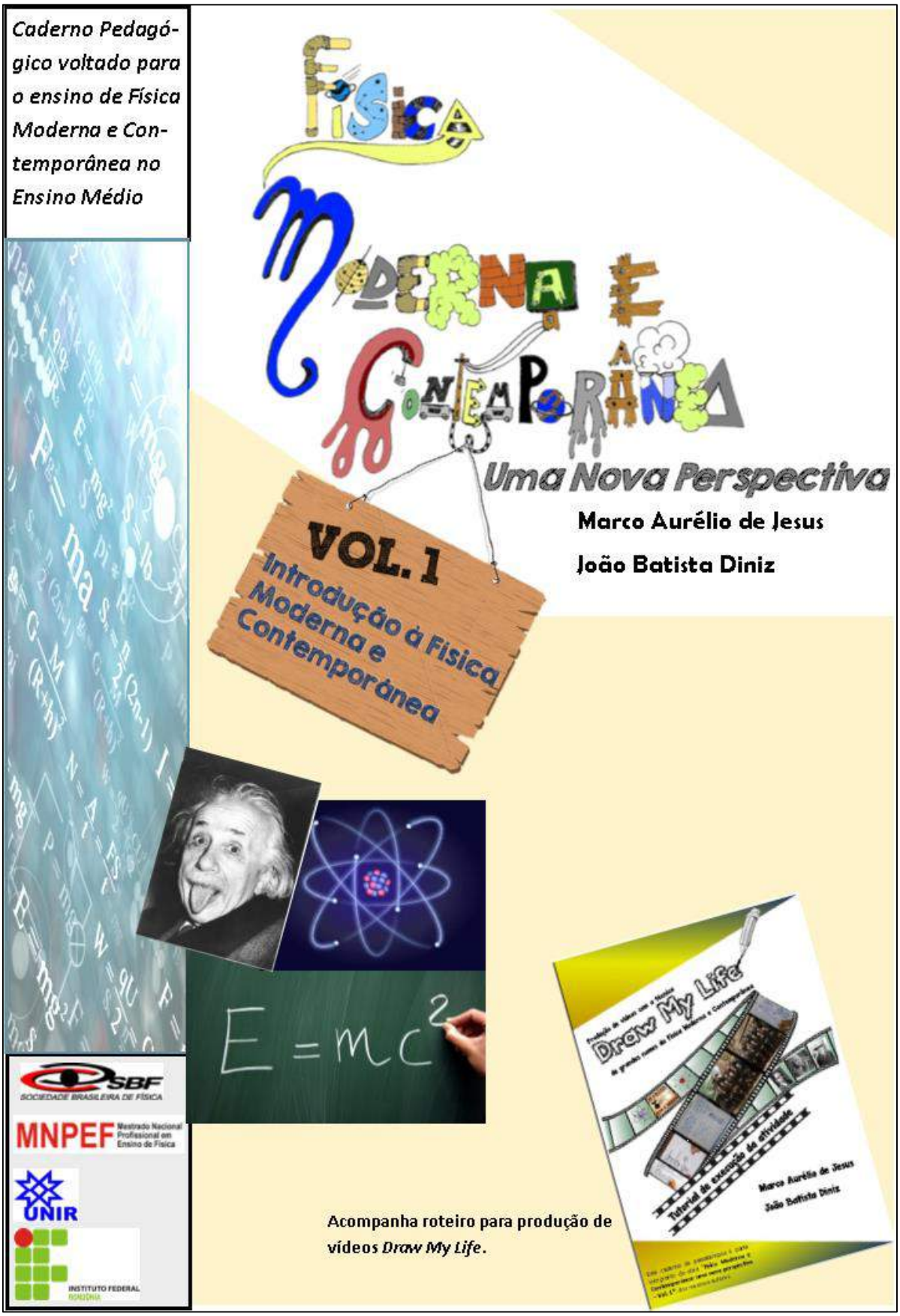
Aula Expositiva	100 minutos
Aplicação da Atividade Lúdica	100 minutos

Por fim, o último caderno pedagógico aborda a Radioatividade aproveitando a natureza eletromagnética da irradiação térmica, mas ressaltando a diferença entre os dois espectros. A atividade lúdica é a "Trilha Radioativa" e para sua realização é necessário imprimir o material e providenciar um dado para cada grupo.

Esperamos que esse material seja útil em suas aulas de Física e sobretudo que o motive a proporcionar aos seus alunos esse fascinante mundo da Física Moderna e Contemporânea.

Os autores

APÊNDICE B – FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOL 1



Sobre os autores

MARCO AURÉLIO DE JESUS

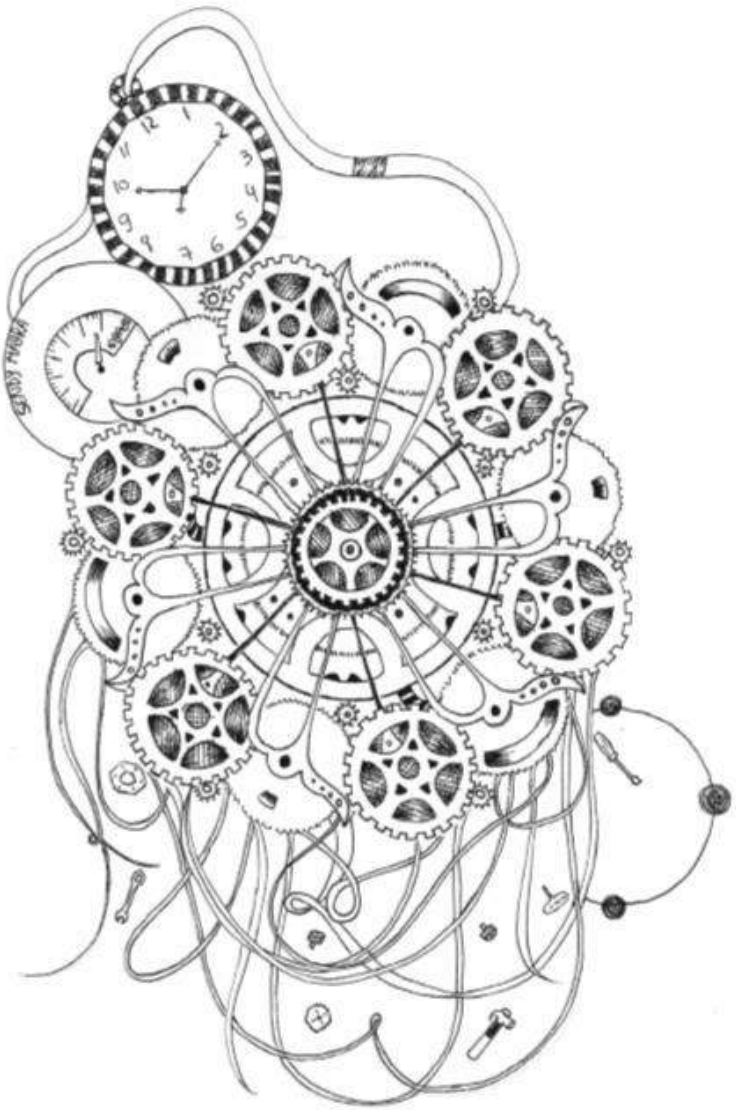
Professor desde 1998, lecionou do Ensino Fundamental ao Ensino Superior. Atualmente é professor de Física do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Rondônia - IFRO/ Campus Ji-Paraná. Possui graduação em Física; Especialização Latu Senso em Metodologia do Ensino Superior; Especialização Latu Senso em Ensino de Ciências e Matemática. Mestrando em Física pela Universidade de Rondônia (UNIR) / Sociedade Brasileira de Física (SBF), cujo orientador é coautor dessa obra.

Contato: ***marco.aurelio@ifro.edu.br***

JOÃO BATISTA DINIZ

Professor Adjunto da Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Possui Graduação em Licenciatura em Física, Graduação em Engenharia Elétrica, Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Especialização em Física, Mestrado em Física pela Universidade de Brasília-UnB, Doutor em Física pela Universidade de Brasília-UnB e Pós-Doutor em Física pela Universidade de Barcelona-Espanha. Orientador de Mestrado do coautor desta obra.

Contato: ***batistasoft@gmail.com***



Física Moderna e Contemporânea - Uma Nova Perspectiva, Vol. 1 é parte do produto educacional da Dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF, de autoria de **Marco Aurélio de Jesus**, sob orientação do Prof° Dr. **João Batista Diniz**.

Capa: Sendy Mayra

FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

A Ciência está em constante atualização e transformação. Muitas vezes o conhecimento de ontem não vale praticamente nada hoje ou, na melhor das hipóteses, foi complementado por novas descobertas. E com a Física seria diferente? Ao lembrar que grandes pensadores do passado já aceitaram a ideia de que o Sol giraria ao redor da Terra e que o calor seria uma substância, percebemos que a Física, como qualquer ciência, está sujeita a passar por transições e profundas modificações.

Figura 1: Modelo Geocêntrico, no qual a Terra é o centro do Universo e os outros astros girariam ao redor dela, inclusive o Sol e as demais estrelas.

Figura 2: o grande químico Lavoisier (1743-1794), errou ao considerar o calor como uma substância, que ele chamou de "calórico"

Até a última década do século XIX acreditava-se que toda a Física já era conhecida e totalmente determinada. Um exemplo disso é que um grande físico alemão chamado Max Planck (1858 – 1947) foi aconselhado por um de seus professores a não estudar Física porque "*praticamente tudo já está descoberto, o que resta é preencher algumas lacunas*".

Para os físicos da época, as descobertas dos britânicos **Isaac Newton** (1643 – 1727) e **James Clerk Maxwell** (1831 – 1879) eram suficientes para explicar todos os fenômenos físicos do universo, de modo que as teorias de Maxwell explicavam fenômenos eletromagnéticos e as de Newton todo o resto. Esses dois brilhantes físicos são os maiores expoentes do que hoje é conhecida como **Física Clássica**.

Figura 3. Para os físicos do final do século XIX, o "jarro" do conhecimento da Física já estava completo

Figura 4. Acreditava-se que juntas, as teorias de Newton e Maxwell explicavam todos os fenômenos físicos.

Entretanto...

No início do século XX, ocorreram duas espetaculares revoluções nas bases da Física, dando origem à chamada Física Moderna e posteriormente **Física Moderna e Contemporânea**.

Vamos abordar inicialmente as descobertas do físico alemão **Albert Einstein** (1879 – 1955). No ano de 1905, enquanto trabalhava em um escritório de patentes em Berna, na Suíça, publicou cinco artigos considerados magníficos e revolucionários: O Efeito Fotoelétrico (que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física em 1921), a determinação das dimensões atômicas (sua tese de doutorado), o Movimento Browniano e por fim, mais dois artigos relacionados a sua famosa Teoria da Relatividade Restrita ou Especial.

Tamanha foi a importância desses trabalhos que o ano de **1905** foi considerado o "**Ano Miraculoso**" e a comunidade científica decretou o centenário desses eventos como o "Ano Internacional da Física"

Figura 5. Logotipo do Ano Mundial da Física, comemorado em 2005, centenário do Ano Miraculoso

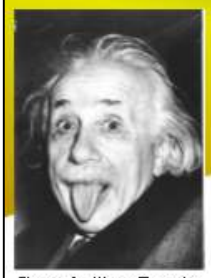


Figura 6. Albert Einstein (1879 – 1955) considerado o maior gênio da humanidade, na famosa foto de 1951

Os artigos de Einstein no "Ano Miraculoso"

Título original em alemão	Tradução	O que é
Über einen die Erzeugung und Umwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Standpunkt	*Sobre um ponto de vista heurístico concernente à geração e transformação da luz*	Einstein formula a lei do efeito fotoelétrico, com base na constante de Planck
Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen	*Sobre uma nova determinação das dimensões moleculares*	Determinação precisa do tamanho dos átomos
Über die von der molekulartheoretischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen	*Sobre o movimento de partículas suspensas em fluidos em repouso, como postulado pela teoria molecular do calor*	Explicação criteriosa do movimento browniano
Zur Elektrodynamik bewegter Körper	*Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento*	Primeiro trabalho sobre a Teoria da Relatividade Restrita
Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig	*A inércia de um corpo depende da sua energia?*	Einstein propõe a equação $E = mc^2$, com base no artigo sobre a relatividade.

Fonte: http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod06/m_s03.html

A outra revolução científica começou antes mesmo de Albert Einstein, quando em 1900, **Max Planck** (sim, o jovem estudante não se deixou abater pela desmotivação do professor e resolveu cursar Física) propõe teorias sobre a absorção e emissão de radiação. Posteriormente, **Niels Bohr** (1885 – 1962), **Werner Heisenberg** (1901 – 1976), **Erwin Schrödinger** (1887 – 1961), **Paul Dirac** (1902 – 1984), dentre outros grandes cientistas (inclusive o próprio Einstein) foram responsáveis pela mais intrigante e bem sucedida teoria da Física Moderna: a **Mecânica Quântica**.

Dessa forma, a Física Moderna e Contemporânea revelou os **limites** da Física Clássica e propôs novas abordagens a uma ciência considerada por muitos anos como estática e totalmente determinada.

Figura 7. Calma *Sir* Isaac Newton! A Física Moderna e Contemporânea não veio para destruir seu magnífico trabalho...

Atenção: A Física Moderna e Contemporânea não pôs fim a Física Clássica, apenas mostrou seus limites: **a velocidade da luz** e as **escalas atômicas e subatômicas**. As teorias clássicas continuam extremamente importantes e, mesmo sendo válidas até esses limites, ainda são as bases da Física como um todo.

Então, nessa obra você irá conhecer alguns itens do espetacular Física Moderna e Contemporânea, com base nos assuntos de Física Clássica que você estudou ou está estudando no Ensino Médio. Aqui você encontrará aspectos relacionados ao avanço científico e tecnológico proporcionado por essa ciência, além de atividade em grupo, pesquisas e passatempos. **Esperamos que você goste**.

PROPOSTA DE ATIVIDADE

Nessa introdução ao estudo da Física Moderna e Contemporânea você tomou conhecimento de alguns nomes de cientistas que foram os principais responsáveis pelas teorias mais importantes dessa ciência. Agora, imagine se fosse possível reunir os mais importantes cientistas do mundo em um único evento...
....Pois exatamente essa é proposta das mundialmente famosas **Conferências (ou Convenções) de Solvay**, cuja primeira edição em 1911 discutiu a "*Teoria da Radiação e o quanta*" e reuniu grandes nomes da Física em Bruxelas, na Bélgica. Contudo, sua edição mais famosa, ocorreu em 1927 com o tema "*Elétrons e Fótons*". O evento que possibilitou discussões e posteriores conclusões que mais uma vez fundamentaram a ciência, contou com a presença de 32 renomados cientistas, dos quais 18 ganharam ou viriam a ganhar a maior honraria científica: O Prêmio Nobel.

1. Peter Debye
2. Irving Langmuir
3. Martin Knudsen
4. Auguste Piccard
5. Max Planck
6. William Lawrence Bragg
7. Emile Henriot
8. Paul Ehrenfest
9. Marie Curie
10. Hendrik Anthony Kramers
11. Edouard Herzen
12. Hendrik Antoon Lorentz
13. Théophile de Donder
14. Paul Adrien M. Dirac
15. Albert Einstein
16. Erwin Schrödinger
17. Arthur Holly Compton
18. Jules-Emile Verschaffelt
19. Paul Langevin
20. Louis-Victor de Broglie
21. Charles-Eugène Guye
22. Wolfgang Pauli
23. Werner Heisenberg
24. Max Born
25. Charles T. Rees Wilson
26. Ralph Howard Fowler
27. Léon Brillouin
28. Niels Bohr
29. Owen Willans Richardson

Figura 8. Alguns dos participantes da 5ª Conferência de Solvay, em 1927 (foto colorida por computador). Ao lado, legenda indicando os cientistas da foto. Os nomes em negrito são de ganhadores do Prêmio Nobel

Há ainda outros físicos importantes que não participaram dessa edição da Conferência de Solvay, mas que merecem ser lembrados, como Richard Feynman (1918 – 1988) e Arnold Sommerfeld (1868 – 1951).

Agora vamos à atividade:

O ***Draw My Life*** (Desenhe Minha Vida, em inglês) é uma técnica de animação na qual uma pessoa com uma câmera filmadora fixa, pincéis ou canetas, folhas de papel ou quadro branco, conta sua história de vida em forma de desenho, depois por meio de programas de edição de vídeo é possível acelerar as filmagens e inserir narrações e músicas. A técnica foi lançada pelo jovem britânico Sam Pepper e postada no site YouTube, onde após milhões de visualizações passou a ser copiada por inúmeros usuários, inclusive brasileiros, sobretudo celebridades da internet.

Figura 9, 10 e 11. Alguns exemplos de *Draw My Life* disponíveis no site YouTube: do humorista Rafinha Bastos, do jogador Lionel Messi e do personagem de livros e filmes Harry Potter, respectivamente.

1) O professor vai organizar a sala em grupos de até 5 componentes;

2) O professor vai apresentar uma caixa, urna ou sacola com papeis com os nomes dos principais cientistas relacionados à Física Moderna e Contemporânea:

Albert Einstein, Arnold Sommerfeld, Erwin Schrödinger, Marie Curie, Max Planck, Niels Bohr, Paul Dirac, Richard Feynman e Werner Heisenberg

Seu grupo vai sortear um nome;

3) Você e seu grupo devem pesquisar sobre a vida e obra da personalidade sorteada;

4) Vocês devem produzir um *Draw My Life* ressaltando a vida e obra do físico selecionado. O professor vai marcar uma seção de exibição dos vídeos para os demais alunos da sala.

APOIO

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

UNIR

INSTITUTO FEDERAL
RONDÔNIA

Ji-Paraná, RO

APÊNDICE C – TUTORIAL DE EDIÇÃO DE VÍDEOS

Sobre os autores

MARCO AURÉLIO DE JESUS

Professor desde 1998, lecionou do Ensino Fundamental ao Ensino Superior. Atualmente é professor de Física do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Rondônia - IFRO/ Campus Ji-Paraná. Possui graduação em Física; Especialização Latu Senso em Metodologia do Ensino Superior; Especialização Latu Senso em Ensino de Ciências e Matemática. Mestrando em Física pela Universidade de Rondônia (UNIR) / Sociedade Brasileira de Física (SBF), cujo orientador é coautor dessa obra.

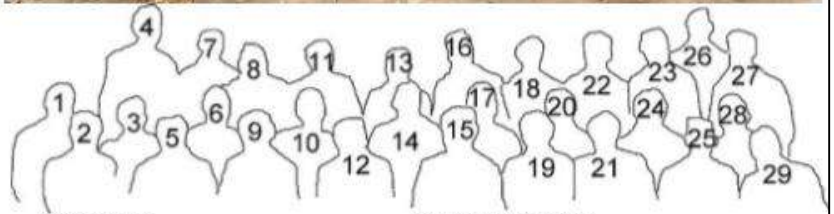
Contato: ***marco.aurelio@ifro.edu.br***

JOÃO BATISTA DINIZ

Professor Adjunto da Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Possui Graduação em Licenciatura em Física, Graduação em Engenharia Elétrica, Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Especialização em Física, Mestrado em Física pela Universidade de Brasília-UnB, Doutor em Física pela Universidade de Brasília-UnB e Pós-Doutor em Física pela Universidade de Barcelona-Espanha. Orientador de Mestrado do coautor desta obra.

Contato: ***batistasoft@gmail.com***

Um "time de feras": Abaixo alguns dos participantes da 5ª Conferência de Solvay, em 1927. Depois da foto , legenda indicando os cientistas da foto. Os nomes em negrito são de ganhadores do Prêmio Nobel



1. Peter Debye
2. Irving Langmuir
3. Martin Knudsen
4. Auguste Piccard
5. Max Planck
6. William Lawrence Bragg
7. Émile Henriot
8. Paul Ehrenfest
9. Marie Curie
10. Hendrik Anthony Kramers
11. Edouard Herzen
12. Hendrik Antoon Lorentz
13. Théophile de Donder
14. Paul Adrien M. Dirac
15. Albert Einstein
16. Erwin Schrödinger
17. Arthur Holly Compton
18. Jules-Émile Verschaffelt
19. Paul Langevin
20. Louis-Victor de Broglie
21. Charles-Eugène Guye
22. Wolfgang Pauli
23. Werner Heisenberg
24. Max Born
25. Charles T. Rees Wilson
26. Ralph Howard Fowler
27. Léon Brillouin
28. Niels Bohr
29. Owen Willans Richardson

Veja alguns Draw My Life elaborados por alunos:

A turma pronta para a ação

Draw My Life de Marie Curie

Vida de Einstein: Do "Ano Miraculoso ao seu Prêmio Nobel

Fatos relevante da vida pessoal de Einstein também foram abordados

Outro grande nome da Física Moderna e Contemporânea, Niels Bohr

Max Planck, o "pai" da Mecânica Quântica e seus geniais colegas

Provavelmente você teve acesso a esse livreto por meio da obra ***"Física Moderna e Contemporânea – uma nova perspectiva - Vol. 1"*** e pôde entender a importância desse tema para o avanço científico e tecnológico. Provavelmente também se espantou com algumas coisas, mas toda ciência "nova" tem alguns aspectos intrigantes. E é exatamente isso que queremos desmistificar. Longe de ser um bicho de sete cabeças, a Física Moderna e Contemporânea deve ser estudada no Ensino Médio para que alunos e professores possam conhecer, argumentar e chegar a conclusões juntos. E nossa proposta não é isolar o assunto em capítulos finais dos livros e sim tratar o tema em paralelo com a Física Clássica. Esperamos que você goste. Outras obras como esta logo estarão a caminho.

Os autores

3

Produzindo um vídeo Draw My Life sobre a vida e obra de grandes cientistas relacionados à Física Moderna e Contemporânea

Você vai precisar de:

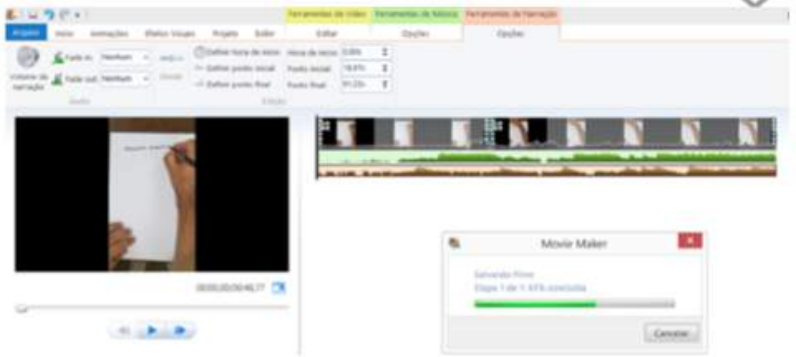
- Canetas ou pincéis;
- Papel sulfite ou quadro branco;
- Apagador, se for usar quadro branco;
- Uma câmera filmadora ou celular com câmera de boa resolução e boa capacidade de armazenamento de arquivos;
- Um tripé ou suporte para a câmera (ou celular). Você pode até improvisar um apoio para a câmera. O importante é ela ficar imóvel durante a gravação;
- Um computador com algum programa de edição de vídeos instalado. Aqui vamos mostrar como utilizar o *Movie Maker*;
- Um microfone para a narração ou aplicativos de gravação de áudio para smartphones e tablets;
- Um desenhista, é claro! Mas não precisa ser um prodígio nos desenhos. Os Draw My Life são caracterizados por desenhos simples, bem autoexplicativos e com boas doses de humor.

Procedimentos:

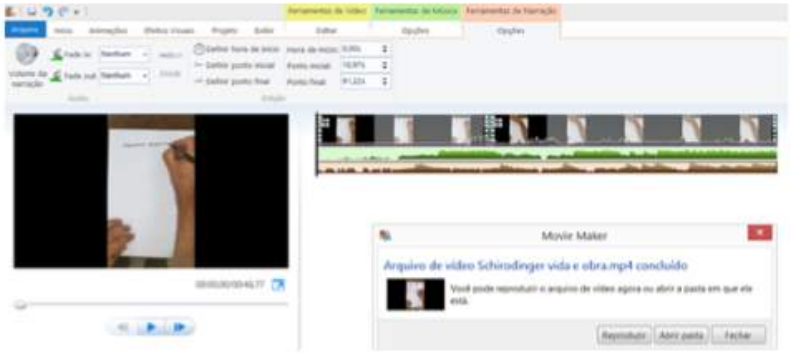
Desenhos e gravações

- Faça a pesquisa sobre a vida e obra dos físicos relacionados à Física Moderna e Contemporânea sorteados em sala. Enfatize suas pesquisas (maiores descobertas, principais colaboradores, o que isso contribuiu para a ciência, prêmios que recebeu), mas também busque dados sobre sua vida pessoal (local de nascimento, onde estudou, se teve mestres famosos, casamentos, filhos e morte). Procure situar sua pesquisa nos eventos mundiais que ocorreram na época desse cientista.

12



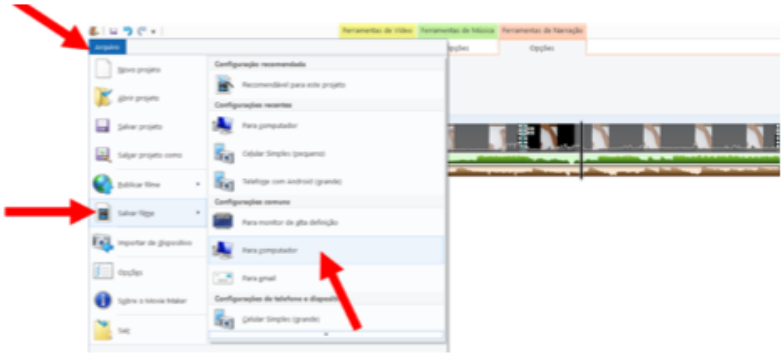
Vai aparecer uma mensagem que seu vídeo está concluído.

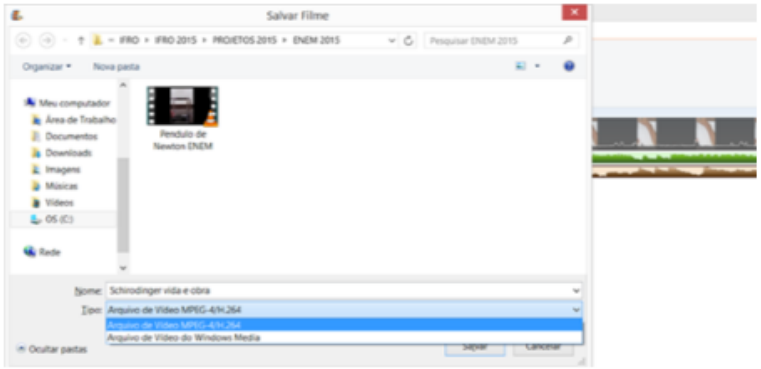


Agora, pegue a pipoca e curta com seus amigos o seu vídeo no formato Draw My Life sobre a vida e obra de algum grande cientista relacionado à **Física Moderna e Contemporânea.**

11

O seu vídeo Draw My Life está pronto, mas ainda não é um filme propriamente dito. Vamos agora finaliza-lo. Salve-o normalmente, depois clique em "**Arquivo**", "**Salvar Filme**" e em "**Para Computador**". Escolha uma pasta onde salvar e um nome para o arquivo. Você pode escolher ainda dois formatos de vídeo: MP4 (recomendado) ou Windows Media.





O tempo de espera para salvar o filme depende das configurações de seu computador.

4

- Faça um roteiro sobre o que vai ser desenhado em cada momento. O ideal é você escrever a narração e especificar o que será desenhado ao lado do texto.
- Ajuste a câmera de modo que fique fixa e proporcione o melhor ângulo possível do que vai ser gravado. Se você for usar o quadro branco a melhor opção é posicionar a câmera de frente para ele, mas se for usar papel, uma filmagem por cima é melhor.
- Com base em seu roteiro, vá desenhando, levando em conta a narração.

Importante: A narração oficial deve ser gravada após a edição e finalização do vídeo, pois assim você poderá gravar as falas conforme a velocidade dos desenhos. Como os desenhos já foram feitos com base na sua narração preliminar, você provavelmente não terá problemas em sincronizar áudio e vídeo.

- Se estiver usando o quadro branco, à medida que avança nos desenhos você vai apagando e desenhando novamente. Para o uso de folhas sulfite, à medida que desenha, vá trocando as folhas com cuidado para não sair do foco da filmadora.

Feita as gravações vamos passar para a edição do vídeo.

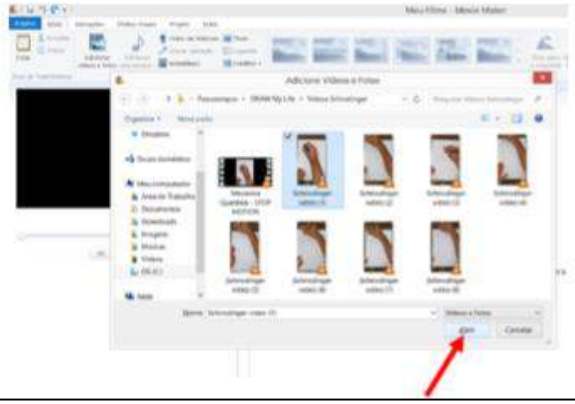
Editando vídeos no *Movie Maker*:

O *Movie Maker* é um aplicativo desenvolvido pela Microsoft e distribuído gratuitamente para usuários do sistema operacional Windows. Geralmente, os computadores novos já vem com o Movie Maker instalado, mas caso não esteja disponível, pode ser baixado pelo site da Microsoft (http://windows.microsoft.com/pt-br/windows-live/movie-maker). É um dos programas mais simples de edição de vídeos disponíveis. Vamos descrever sua utilização para a produção do Draw My Life.

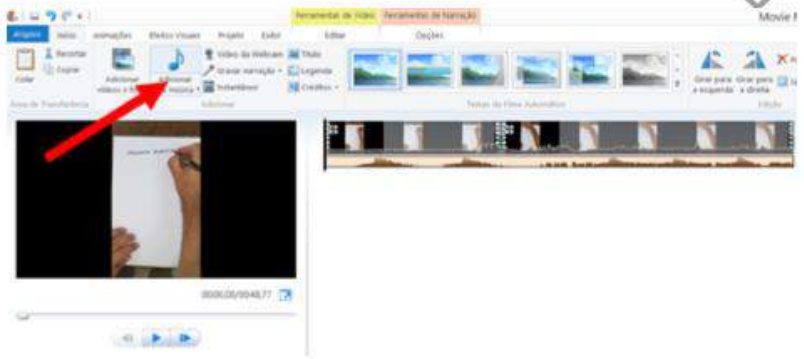
5

1. Abra o *Movie Maker* e clique em "**Adicionar vídeos e fotos**";

2. Localize o vídeo que você deseja inserir e clique em "**Abrir**". Dependendo das configurações de seu computador o carregamento pode demorar de poucos segundos a alguns minutos;

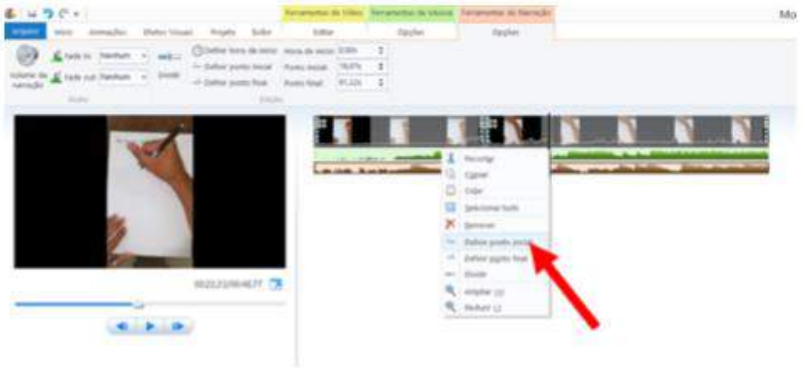


10

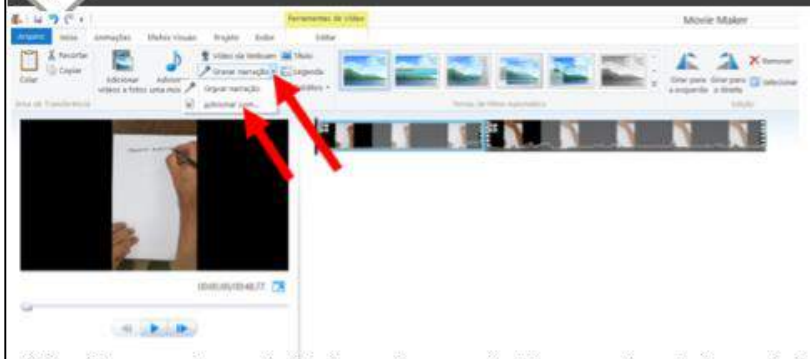


17. Para que a música não fique mais alta que a narração, vá em "**Ferramentas da Música**" e reduza o volume.

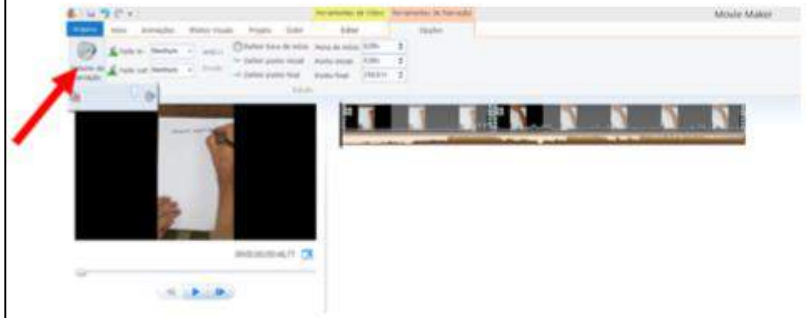
DICA: Da mesma forma que você definiu o ponto de início e de término do vídeo, você também pode definir esses pontos na narração ou na música. Para isso, selecione a aba correspondente ("**Ferramentas de Música**" ou "**Ferramentas de Narração**"), arraste aquele traço preto até o ponto que deseja que a música ou narração comece e clique com o botão direito sobre o traço e depois em "**Definir ponto inicial**". O procedimento é idêntico para definir o ponto final.



9



15. Caso o volume esteja baixo, vá para a aba "**Ferramentas de Narração**" e aumente-o no comando "**Volume da narração**". Se já estiver do jeito que você planejou, está pronto! Adiante vamos explicar como finalizar o vídeo.

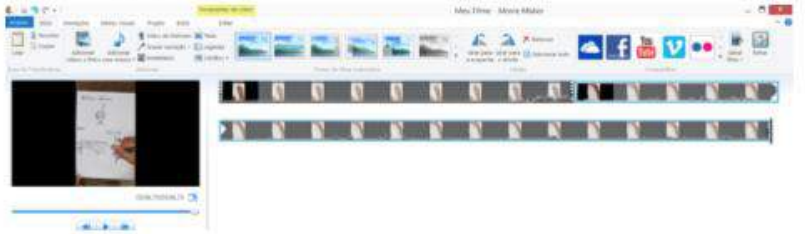


Você pode ainda incluir uma trilha sonora. O ideal é que a intensidade do som não atrapalhe ouvir a narração. Para isso:

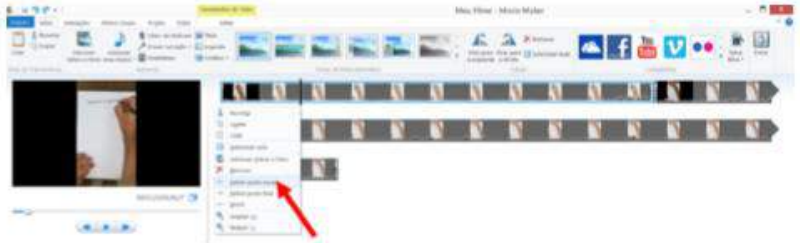
16. Na aba "**Início**", clique em "**Adicionar uma música**", procure a pasta onde está a música que você deseja inserir, clique no arquivo e depois em "**Abrir**".

6

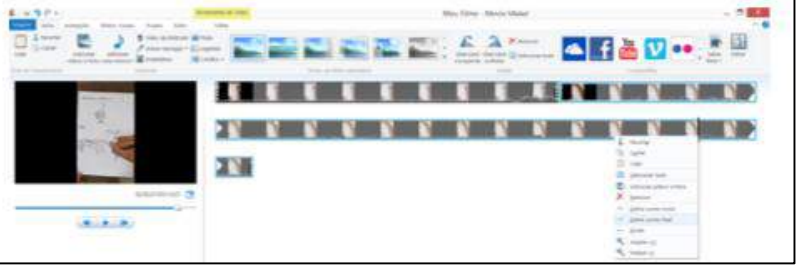
3. Se você gravou vários pequenos vídeos, basta inserir os trechos os vídeos na sequência que desejar. Caso tenha gravado de uma única vez, já pode partir para os cortes



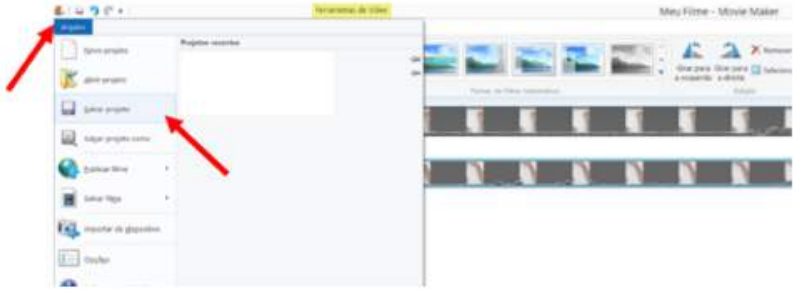
4. Para cortar trechos do vídeo, basta localizar um traço preto inicialmente posicionado no início do vídeo que você inseriu;
5. Mova o traço até o ponto em que você quer que o vídeo inicie;
6. Clique nele com o botão direito do mouse e, no menu que aparece, clique em "**Definir ponto inicial**";



7. Mova o traço preto até o ponto que você quer que o vídeo termine, clique com o botão direito e aperte em "**Definir ponto final**";

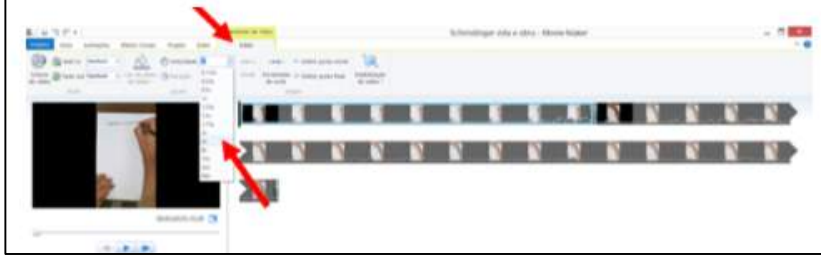


8. Salve o arquivo até esse ponto. Para isso, clique na aba "**Arquivo**" e depois em "**Salvar Projeto**". Escolha a pasta onde deseja salvar o projeto e dê um nome a ele. **Atenção:** Você ainda não salvou o projeto em um formato de vídeo compatível para rodar em uma TV, por exemplo (formatos AVI, MP4, RMVB ou outro). Por enquanto temos um projeto que vai rodar apenas no seu computador. Mais adiante você verá como finalizar essa produção, deixando-a no formato próprio para exibição;

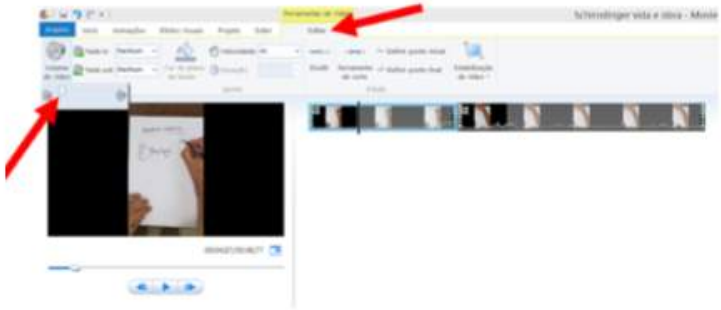


Até agora temos o filme com a mesma velocidade da gravação (velocidade real), mas como você já viu nos vídeos Draw My Life, as cenas estão **aceleradas**. Portanto, veja como acelerar as cenas:

9. Clique em um vídeo que você inseriu no projeto. Clique na aba "**Editar**" e em seguida selecione a velocidade. O efeito com velocidade "**4x**" é bem legal, pois possibilita uma boa visualização dos desenhos, mas você pode selecionar a velocidade que achar mais interessante.



10. Ao clicar para reproduzir, você poderá ver como ficou a velocidade de seu vídeo e vai notar que o áudio também ficou acelerado (tipo a voz de Alvin e os Esquilos). Vamos então retirar o áudio do vídeo (que é o áudio da gravação). Para isso, na mesma aba "**Editar**" vá em "**Volume do vídeo**", clique e mova o cursor para a esquerda para que fique sem áudio. Isso é importante para não atrapalhar a narração ou a trilha musical.

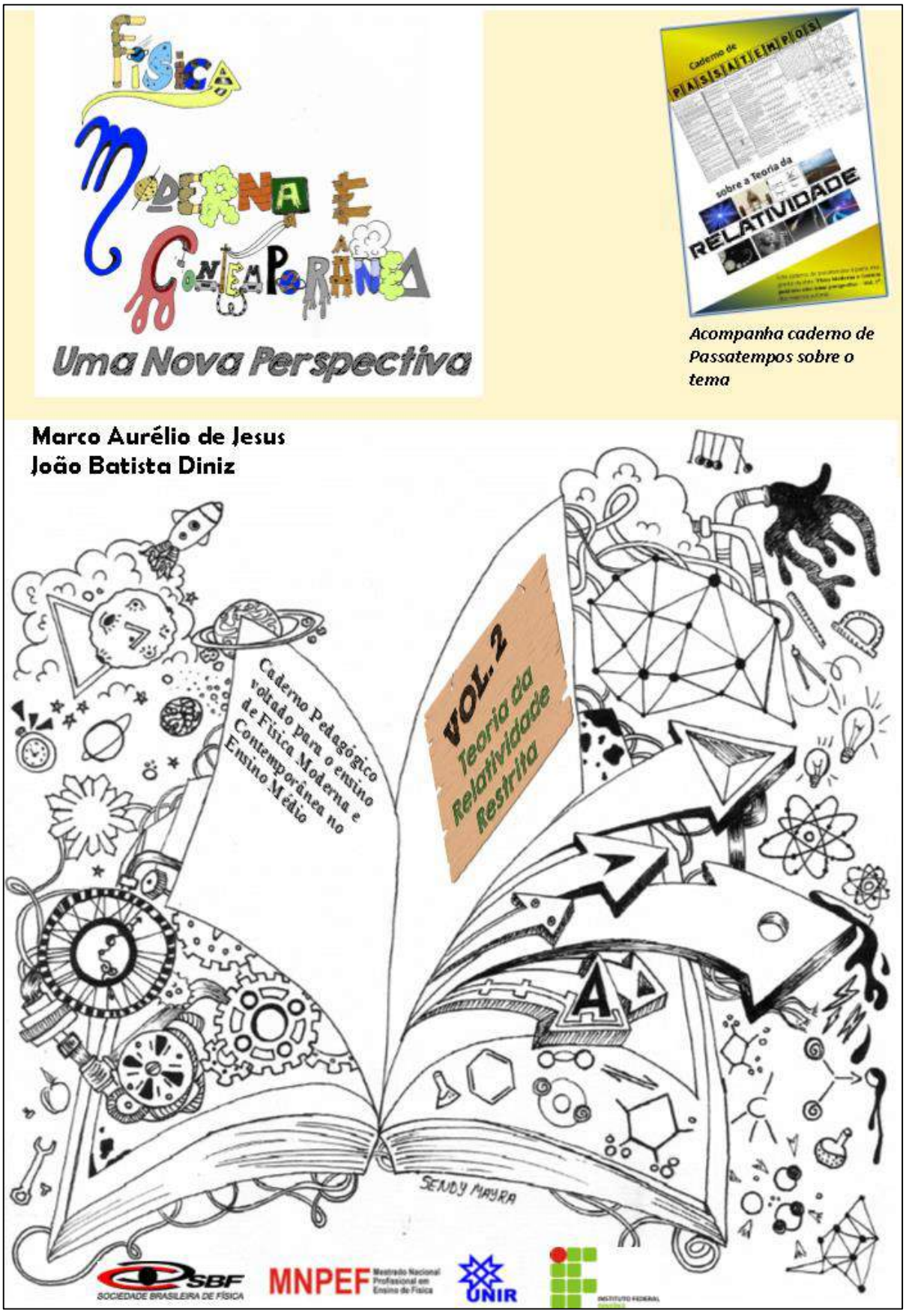


11. Salve seu projeto.

Inserindo Narração e outros sons:

12. Agora vamos inserir a narração. Você pode usar seu celular para isso, o importante é estar em um ambiente sem ruídos. Dê o *Play* no vídeo e enquanto isso vá gravando o áudio com a narração. Se necessário, aumente ou diminua a velocidade do vídeo, mas sobretudo cuide para que a sua narração tenha relação com o que está sendo desenhado naquele momento.
13. Salve o arquivo de áudio no computador de preferência na mesma pasta do arquivo do projeto do vídeo.
14. Na aba "**Início**", clique em uma minúscula seta posicionada à direita do comando "**Gravar narração**" e selecione "**Adicionar som**". Procure a pasta onde está sua narração, clique no arquivo da narração e depois em "**Abrir**". Pronto, sua narração foi inserida. Teste dando o *play* para verificar o vídeo.

APÊNDICE D – FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOL 2



Sobre os autores

MARCO AURÉLIO DE JESUS

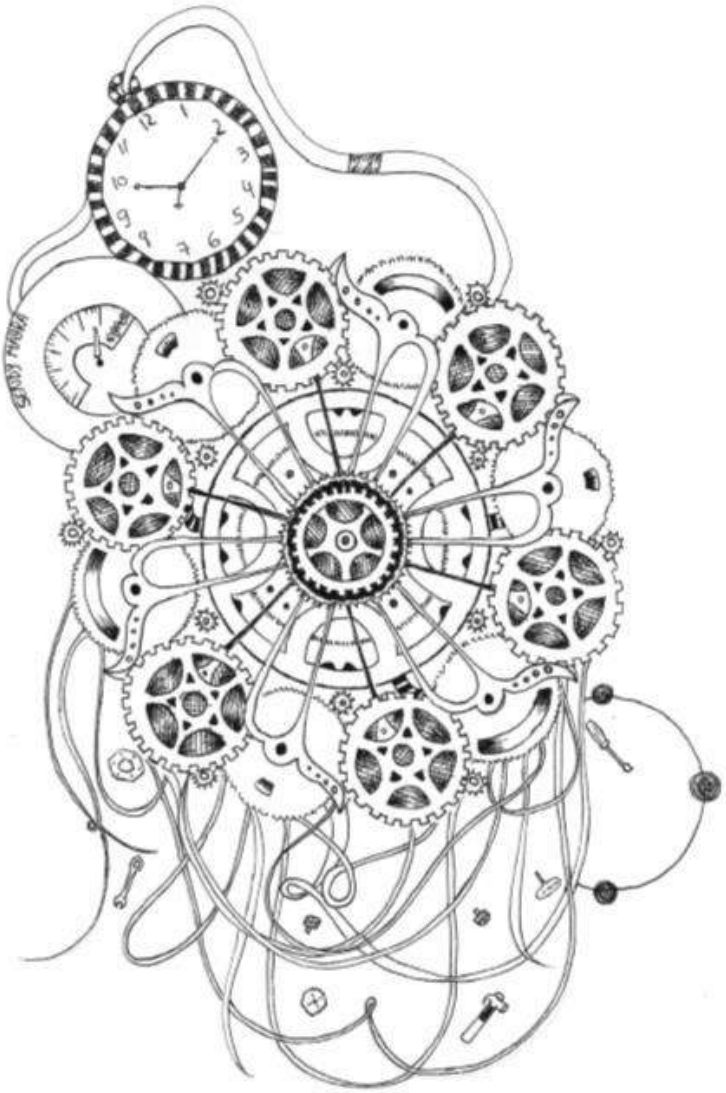
Professor desde 1998, lecionou do Ensino Fundamental ao Ensino Superior. Atualmente é professor de Física do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Rondônia - IFRO/ Campus Ji-Paraná. Possui graduação em Física; Especialização Latu Senso em Metodologia do Ensino Superior; Especialização Latu Senso em Ensino de Ciências e Matemática. Mestrando em Física pela Universidade de Rondônia (UNIR) / Sociedade Brasileira de Física (SBF), cujo orientador é coautor dessa obra.

Contato: ***marco.aurelio@ifro.edu.br***

JOÃO BATISTA DINIZ

Professor Adjunto da Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Possui Graduação em Licenciatura em Física, Graduação em Engenharia Elétrica, Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Especialização em Física, Mestrado em Física pela Universidade de Brasília-UnB, Doutor em Física pela Universidade de Brasília-UnB e Pós-Doutor em Física pela Universidade de Barcelona-Espanha. Orientador de Mestrado do coautor desta obra.

Contato: ***batistasoft@gmail.com***



Física Moderna e Contemporânea - Uma Nova Perspectiva, Vol. 2 é parte do produto educacional da Dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF, de autoria de **Marco Aurélio de Jesus**, sob orientação do Profº Dr. **João Batista Diniz**.

Capa: Sendy Mayra

Velocidade Relativa

Imagine dois pilotos de corrida de automóveis disputando o primeiro lugar do pódio. Na reta dos boxes, o piloto **A** está em primeiro lugar, se deslocando com uma velocidade constante de 230 km/h. Em um determinado instante o piloto **B**, que estava em segundo lugar, ultrapassa o piloto **A** com velocidade constante de 250 km/h, assumindo a "ponta" da corrida.

A velocidade do carro **B** é um caso a parte: Para o fiscal de prova, ele ultrapassou o carro **A** com velocidade de 250 km/h. Mas em relação ao carro **A**, será que o carro **B** também estava a essa velocidade? Será que ele se distancia de seu rival na corrida com uma proporção de 250 km a cada hora? A resposta é **NÃO**. Para o carro **A** é como se o carro **B** se afastasse a uma proporção de 20 km a cada hora. Isso porque o primeiro carro também apresenta movimento, então é um **referencial** diferente do o fiscal de prova. Daí recordamos um famoso princípio da Cinemática:

Para os casos como o citado acima temos um tipo de velocidade denominada **velocidade relativa.**

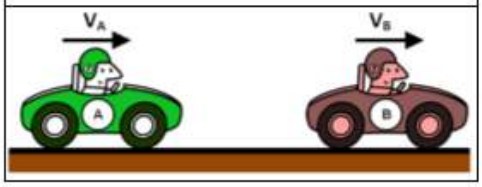
O estado de movimento de um corpo depende do referencial no qual um observador se encontra em relação aos corpos em movimento.

Dados dois móveis A e B deslocando-se em uma mesma trajetória com velocidades escalares constantes respectivamente iguais a V_A e V_B, a velocidade relativa de A em relação a B (V_{rel}) é dada pela diferença entre as velocidades escalares, de modo que um deles é tomado como referência e comporta-se como se estivesse em repouso, enquanto o outro se aproxima ou se afasta com a velocidade relativa em questão.

Para fins de cálculo, existem duas regras práticas:

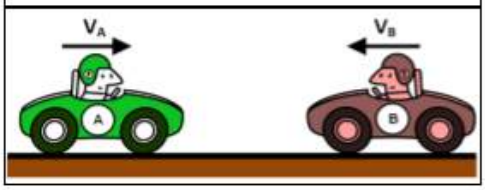
1ª) Móveis na mesma direção e sentido e sendo $V_A > V_B$: A velocidade relativa será igual à diferença entre os módulos das duas velocidades.

$$V_{rel} = |V_A| - |V_B|$$



2ª) Móveis em sentidos opostos: A velocidade relativa será igual à soma entre os módulos das duas velocidades.

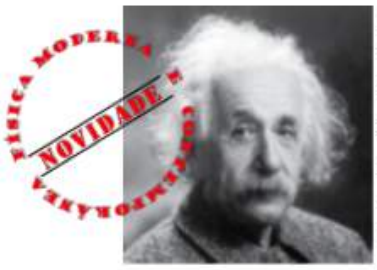
$$V_{rel} = |V_A| + |V_B|$$



Considerando as velocidades A e B constantes, a velocidade relativa e o espaço entre os móveis A e B serão igualmente relativos:

$$V_{rel} = \frac{\Delta S_{rel}}{\Delta t}$$

Ah, então quer dizer que somente o tempo pode ser considerado absoluto? **NÃO!** Nem o tempo escapou da relatividade... Leia nas próximas páginas a **Teoria da Relatividade Restrita** de Einstein e veja que o tempo também depende de um referencial.



ELE É O CARA!

Albert Einstein (1879 – 1955), físico alemão considerado por muitos o maior gênio da humanidade de todos os tempos e reconhecidamente o cientista mais célebre do século XX. Foi o principal responsável descobertas que revolucionaram o mundo científico e consequen-

Einstein ficou popularmente famoso pela Teoria da Relatividade e sobretudo pela famosa equação **E = mc²**, entretanto o que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física em 1921 foi seu notável trabalho sobre o **Efeito Fotoelétrico.**

Prêmio Nobel

A TEORIA DA RELATIVIDADE

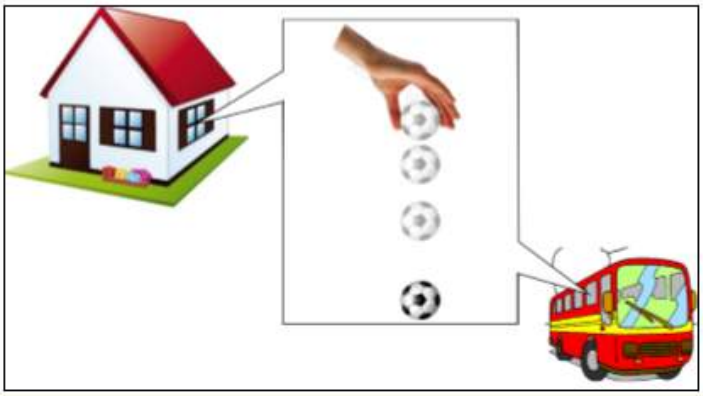
Einstein formulou sua teoria baseado na ideia de que os fenômenos físicos devem ser analisados em relação a um determinado referencial. Por exemplo, o tempo, o espaço e a massa eram considerados absolutos pela Física Clássica, mas à velocidades próximas à da luz são sujeitos a efeitos que dependem do referencial adotado. A Teoria da Relatividade se divide em Relatividade Geral e **Relatividade Restrita** (ou Especial). A primeira adota referenciais denominados *não-inerciais*, enquanto a segunda precisa considerar os referenciais *inerciais*. A seguir, trataremos da Teoria da Relatividade Restrita e os efeitos da velocidade da luz no tempo, espaço, massa e energia.

TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA (OU ESPECIAL)

Essa teoria só é válida para os chamados **referenciais inerciais**, caracterizados por não sofrerem os efeitos da aceleração. Desse modo, vamos considerar que o **observador** se encontra em repouso ou em movimento uniforme.
A Teoria da Relatividade Restrita está baseada em dois importantes **postulados**:

1º Postulado:

"As leis da Física são as mesmas para todos os referenciais inerciais"



Analise as duas situações a seguir:
1) Você está em sua casa, em repouso, e solta uma bola de uma certa altura e observa a trajetória do objeto;

2) Agora você está em um ônibus que trafega rumo à escola com velocidade constante, solta a mesma bola dentro do veículo de uma certa altura e observa a trajetória.

Em ambos os casos, a trajetória será vertical, pois você é um referencial inercial.

Outro aspecto importante desse postulado é o fato de não haver um **referencial inercial "privilegiado"** nem tampouco um estado de "repouso absoluto".
Para ilustrar isso, vamos analisar uma cena do filme *Gravidade* (Gravity, 2013):

A astronauta norte-americana Dra. Ryan Stone (interpretada pela atriz Sandra Bullock) está no que restou de uma nave espacial atingida por fragmentos de um satélite destruído. A olhar pela janela ela avista um dos destroços vindo em sua direção.

Considerando que no espaço os corpos se movem em velocidade constante, em uma situação real a Dra. Stone não conseguiria determinar se o objeto estava vindo em sua direção, ou se a sua nave estava indo de encontro ao objeto, ou ainda se ambos estavam se deslocando um ao encontro do outro.
Isso porque **é impossível determinar o estado de movimento de qualquer referencial inercial**.

2º Postulado:

"O módulo da velocidade da luz no vácuo é sempre o mesmo, independente do referencial inercial adotado."

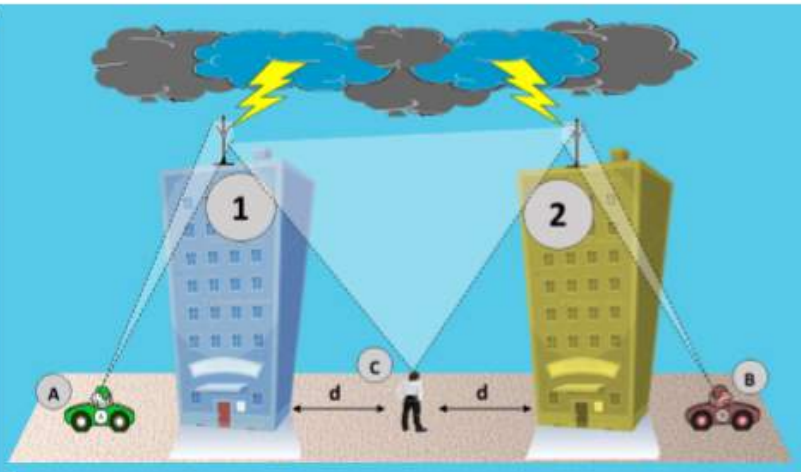
Independente do movimento da fonte luminosa ou do observador, a velocidade da luz será sempre ***c*** (no vácuo, $c = 3 \times 10^8$ m/s).

Apesar de o primeiro postulado enfatizar as leis de Newton, o "pai" da Mecânica Clássica errou ao considerar o tempo como absoluto e independente de referencial, ou seja, a **simultaneidade** de Newton foi suplantada pela **relatividade** de Einstein.

Veja esse exemplo de **simultaneidade**:

*Os para-raios de dois prédios (**1** e **2**) são atingidos "no mesmo instante" por dois raios. Os observadores **A** e **B** (conforme a figura ao lado) estão respectivamente em seus carros, deslocando-se a uma velocidade constante e a uma mesma distância do observador **C**. Este, por sua vez está exatamente no ponto médio entre os dois prédios.*

O **observador A** dirá que o raio que caiu primeiro foi o que atingiu o **prédio 1**;
O **observador B** dirá que o raio que caiu primeiro foi o que atingiu o **prédio 2**;
O **observador C** dirá que os dois raios atingiram os prédios **ao mesmo tempo**.
Portanto, o conceito de simultaneidade do observador C é diferente dos outros dois observadores.

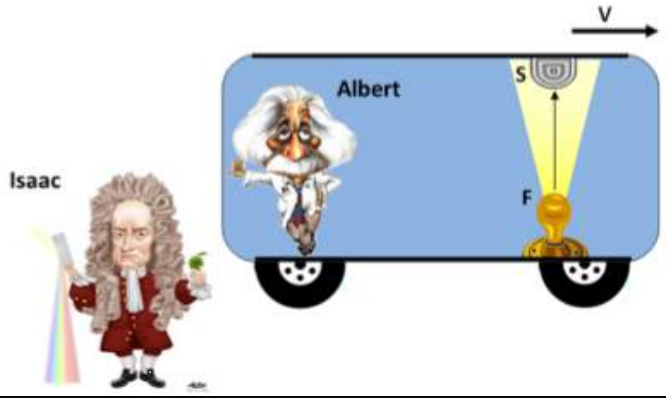


Dois observadores movendo-se a uma velocidade relativa um em relação ao outro não observarão da mesma forma dois eventos que acontecem ao mesmo tempo, pois a **simultaneidade é um conceito relativo.**

Voltando ao aspecto relativo do tempo:

Como a velocidade da luz no vácuo é constante, o tempo necessariamente precisa ser relativo ao referencial.

Tal consideração a respeito da relatividade temporal está condicionada ao fato de que a velocidade da luz no vácuo é constante.
Partindo de uma situação hipotética, vamos demonstrar matematicamente essa teoria. Observe a figura a seguir:

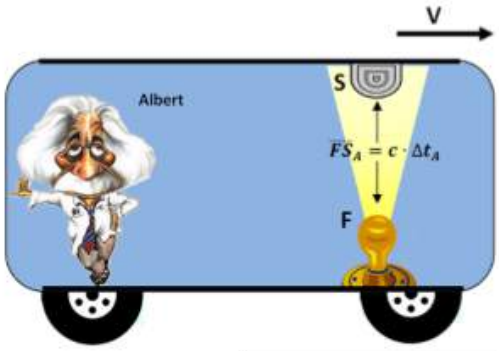


A figura representa um vagão de um trem, deslocando-se em alta velocidade. Dentro do trem está o observador Albert, uma fonte de luz F e um sensor de luz S. Fora do trem o observador Isaac. É o ponto de partida para compreendermos a **Dilatação do Tempo.**

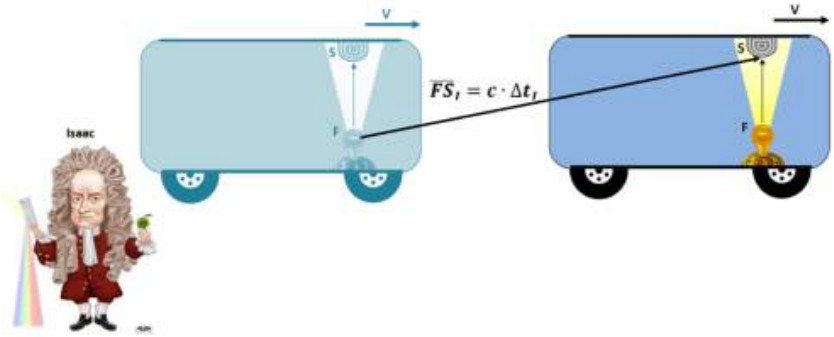
DILATAÇÃO DO TEMPO

Considerando um trem viajando a uma velocidade constante em relação ao solo. Nesse trem, há um passageiro que será chamado de "Albert", apenas para fins de comparação. No assoalho do trem há uma fonte de luminosa *F* que emite um feixe vertical detectado por um sensor *S* no teto do trem. A luz percorre uma distância $\overline{FS_A}$ até o teto em um intervalo de tempo Δt_A. Sendo *c* a velocidade da luz no vácuo, é obtida a seguinte relação:

$$\Delta t_A = \frac{\overline{FS_A}}{c}$$



Para outro observador identificado como "Isaac", parado em relação ao solo, a luz faz o seguinte percurso:



De acordo com o Segundo Postulado de Einstein, a luz percorreu a distância *FS* com a velocidade constante *c*, em um intervalo de tempo Δt_I, cuja relação é:

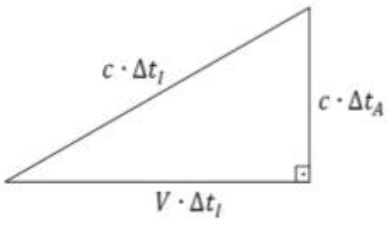
$$\Delta t_I = \frac{\overline{FS_I}}{c}$$

O deslocamento do trem em relação ao solo é dado por:

$$\Delta S_I = V \cdot \Delta t_I$$

Contudo o mais espantoso é a constatação de que a distância $\overline{FS_I}$ (referencial do solo) é maior que a distância $\overline{FS_A}$ (em relação ao trem) e como a velocidade da luz é constante, o intervalo de tempo Δt_I é maior que Δt_A. Portanto, o intervalo de tempo não é absoluto, mas relativo ao referencial em que se encontra.

Os deslocamentos da luz em relação ao solo e ao trem, bem como o deslocamento do trem em relação ao solo, formam o triângulo retângulo representado abaixo:



Utilizando o Teorema de Pitágoras:

$$(c \cdot \Delta t_I)^2 = (V \cdot \Delta t_I)^2 + (c \cdot \Delta t_A)^2$$
$$c^2 \cdot \Delta t_I^{\,2} = V^2 \cdot \Delta t_I^{\,2} + c^2 \cdot \Delta t_A^{\,2}$$
$$c^2 \cdot \Delta t_I^{\,2} - V^2 \cdot \Delta t_I^{\,2} = c^2 \cdot \Delta t_A^{\,2}$$
$$(c^2 - V^2) \cdot \Delta t_I^{\,2} = c^2 \cdot \Delta t_A^{\,2}$$

Multiplicando ambos os membros por $\frac{1}{c^2}$

$$\left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right) \cdot \Delta t_I^{\,2} = \Delta t_A^{\,2}$$
$$\Delta t_I^{\,2} = \frac{\Delta t_A^{\,2}}{1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2}$$

Extraindo a raiz quadrada dos dois membros:

$$\Delta t_I = \frac{\Delta t_A}{\sqrt{1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2}}$$

Para facilitar a representação, a expressão abaixo é

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2}}$$

Onde γ é chamado Fator de Lorentz, que é uma das bases matemáticas para o estudo da relatividade. Como o fator de Lorentz é sempre maior que 1 ($\gamma > 1$), tem-se a garantia de que $\Delta t_I > \Delta t_A$, logo, o intervalo de tempo dentro do trem é menor que o intervalo de tempo fora. Esse fenômeno recebe o nome de **dilatação do tempo** e só ocorre em velocidades próximas a da luz.

O intervalo de tempo dentro do trem, aqui representado por Δt_A é chamado de *intervalo de tempo próprio* e doravante será representado pelo símbolo Δt_0.

$$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t_0$$

Como exemplo, veremos uma adaptação do clássico problema do ***Paradoxo dos Irmãos Gêmeos***, proposto pelo físico francês Paul Langevin (1872-1946)

"Dois irmãos gêmeos, Isaac e Albert, crescem juntos até a idade de 25 anos, quando Albert é escolhido para realizar uma viagem a uma estrela a bordo de um foguete que atinge a velocidade de 99% da velocidade da luz (0,99 c). Para Isaac, na Terra, o tempo de viagem de Albert será de 30,30 anos. Para Albert, que viajou, o tempo transcorrido (tempo próprio) será menor."

É possível calcular o tempo próprio de Albert (irmão que está na nave), adotando Isaac como referencial inercial.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{0{,}99c}{c}\right)^2}} \Rightarrow \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-0{,}9801}} \Rightarrow \gamma = \frac{1}{\sqrt{0{,}0199}}$$

$$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t_0 \Rightarrow 30{,}30 = 7{,}08881205 \cdot \Delta t_0$$

$$\Delta t_0 = 4{,}27 \text{ anos}$$

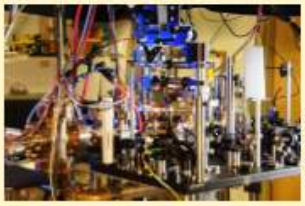
Portanto, para Albert o tempo transcorrido será de apenas 4,27 anos, de modo que ao retornar a Terra com uma idade de 29,27 anos encontrará seu irmão com 55,30 anos, ou seja, mais velho que ele.

Se invertermos o referencial, agora adotando Albert, este verá seu irmão Isaac se afastando da nave e isso implica em que o tempo próprio será registrado por Isaac. É nesse ponto que ocorre o paradoxo: apenas mudando o referencial a idade dos irmãos varia? A resposta ao paradoxo está no fato de que o **irmão que permaneceu em Terra é que deve ser tomado como referencial inercial** e não o foguete, visto que este sofre processos de aceleração.

Desde que foi formulada por Albert Einstein, a Teoria da Relatividade foi alvo de pesquisa de outros cientistas, seja para refutá-la ou para prová-la. Foram realizados muitos experimentos em laboratório que comprovaram a dilatação temporal, contudo um experimento externo, em escala macroscópica ficou muito famoso:

*No ano de 1972 foi realizado o mundialmente famoso **experimento de Hafele-Keating**, coordenado por seus idealizadores, o físico Joseph Hafele e o astrônomo Richard Keating.*
*Os cientistas colocaram dois **relógios atômicos** (criteriosamente sincronizados em todas as subdivisões de segundos possíveis) dentro de dois aviões a jato supersônicos. Um terceiro relógio atômico (igualmente sincronizado aos demais) ficou em terra, na cidade de Washington, de onde os aviões partiram em sentidos opostos, dando a volta ao redor do planeta e retornando a Washington.*
A comprovação da dilatação temporal (e consequentemente do Paradoxo dos Gêmeos) se deu ao conferirem os relógios e notarem uma diferença na ordem de centenas de nano segundos.

Joseph Hafele e Richard Keating com o relógio atômico a bordo de um avião.

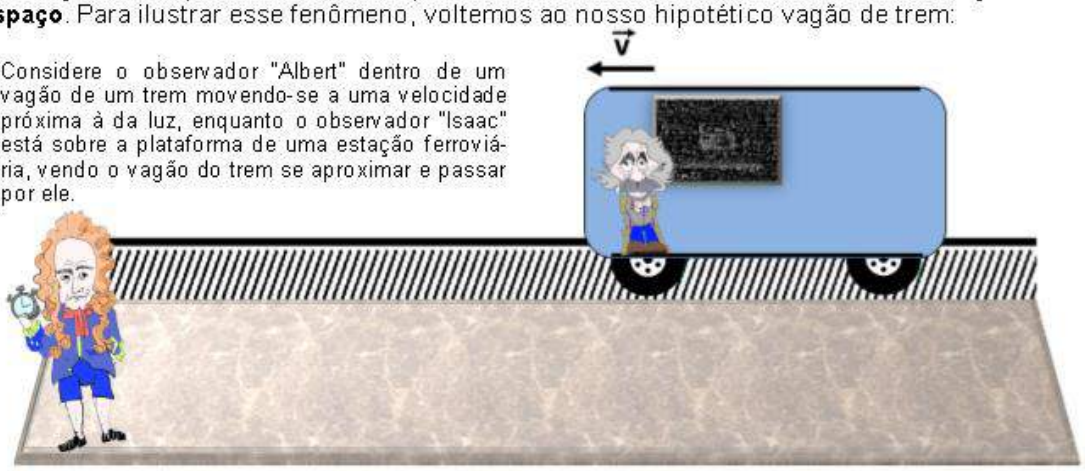


Relógio atômico moderno, que incrivelmente atrasa apenas 1 segundo a cada 13,8 bilhões de anos!

CONTRAÇÃO DO ESPAÇO

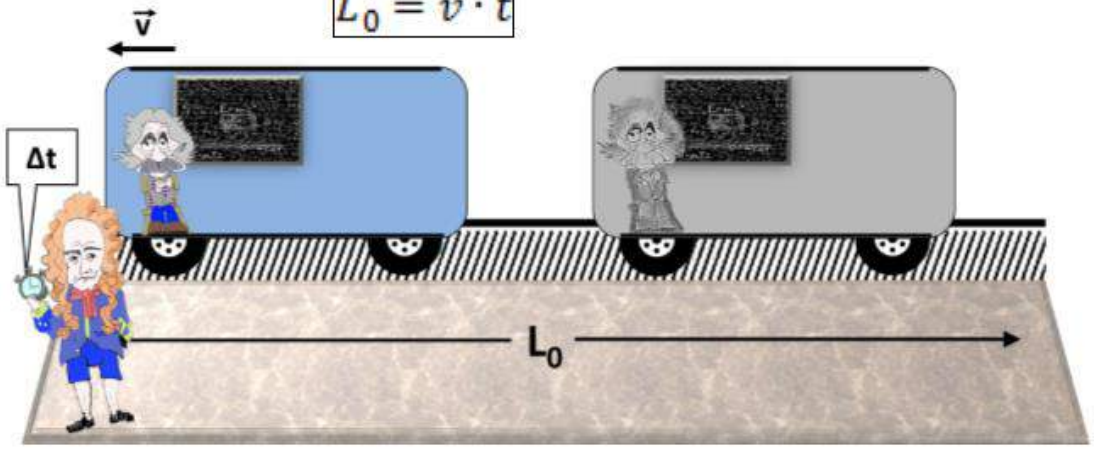
A dilatação do tempo tem como consequência outro efeito relativístico denominado **contração do espaço**. Para ilustrar esse fenômeno, voltemos ao nosso hipotético vagão de trem:

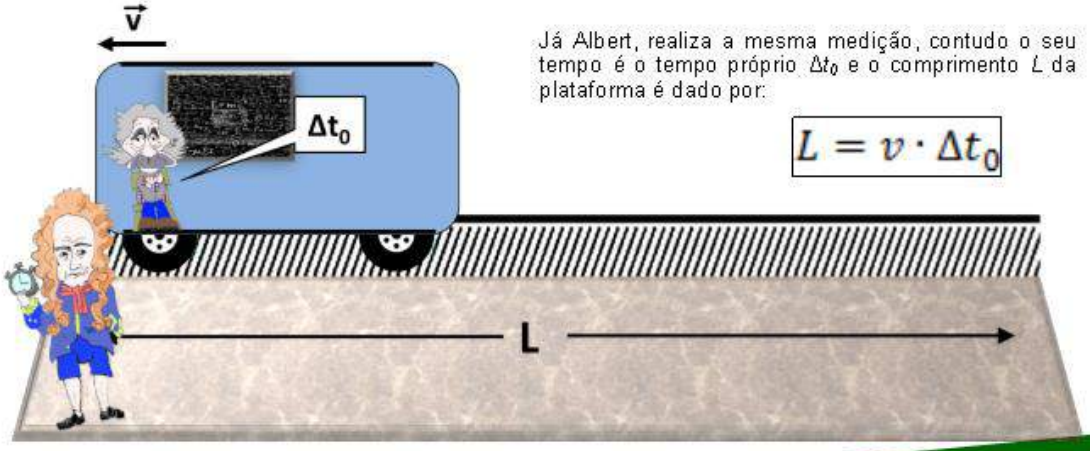
Considere o observador "Albert" dentro de um vagão de um trem movendo-se a uma velocidade próxima à da luz, enquanto o observador "Isaac" está sobre a plataforma de uma estação ferroviária, vendo o vagão do trem se aproximar e passar por ele.



Isaac (que está em repouso em relação à plataforma) resolve calcular o comprimento da plataforma de um jeito "nerd": sabendo que o vagão viaja com velocidade constante v, ele mede o tempo t necessário para percorrer toda a plataforma.

$$L_0 = v \cdot t$$





Já Albert, realiza a mesma medição, contudo o seu tempo é o tempo próprio Δt_0 e o comprimento L da plataforma é dado por:

$$L = v \cdot \Delta t_0$$

A razão entre os dois comprimentos é

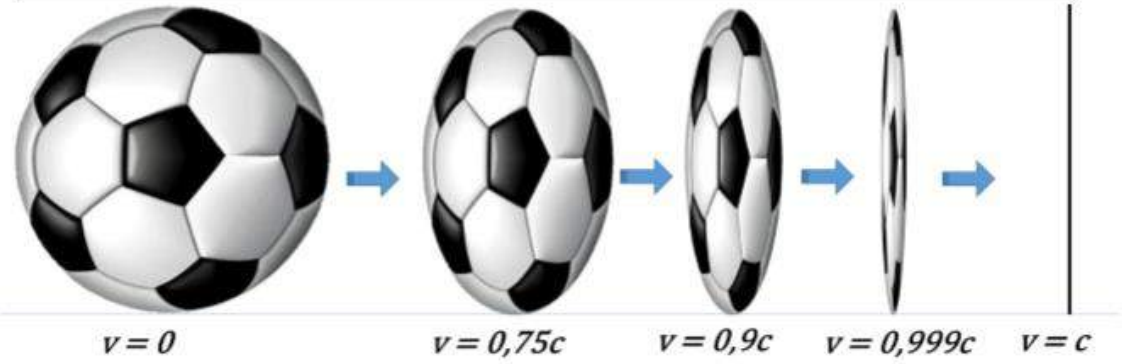
$$\frac{L_0}{L} = \frac{v \cdot \Delta t}{v \cdot \Delta t_0} \longrightarrow \frac{L_0}{L} = \frac{\Delta t}{\Delta t_0}$$

Conforme já vimos na dilatação do tempo, a relação a seguir (fator de Lorentz) pode ser usada:

$$\gamma = \frac{\Delta t}{\Delta t_0}$$

Portanto: $\frac{L_0}{L} = \gamma \longrightarrow L = \frac{L_0}{\gamma}$

Um corpo viajando a uma velocidade próxima à da luz em relação a um referencial apresenta comprimentos menores do que se medido a partir de um referencial em repouso.



Para rir um pouco: EFEITOS RELATIVÍSTICOS NO ESTUDO

O ESPAÇO – TEMPO

Ah... o amor é lindo! Um casal de namorados está sentado, admirando o céu estrelado. De repente o namorado diz para sua amada: "Está vendo aquela estrela ali? Ela representa o nosso amor. Enquanto ela brilhar nosso amor existirá! "

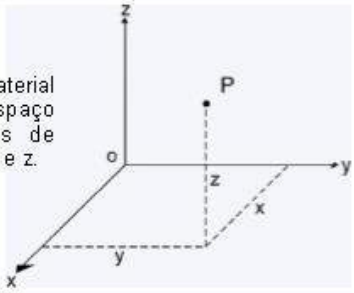
O que o jovem apaixonado talvez não saiba é que aquela estrela está a uma distância extremamente grande (medida em anos-luz) da Terra e sua luz viaja pelo **espaço** à medida que o **tempo** passa. Pode até ser que a estrela nem exista mais

ANO-LUZ:
Unidade de medida astronômica para distâncias. Representa 1 ano viajando à velocidade de 3×10^5 km/s (velocidade da luz no vácuo), o que representa aproximadamente $9,4 \times 10^{12}$ km

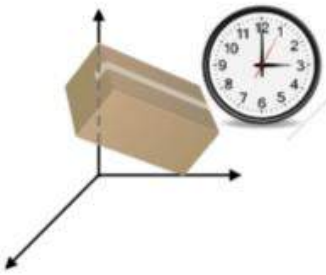
DESLIGARAM O SOL
Para se ter uma ideia, se o nosso Sol se extinguisse de repente, só notaríamos 8 minutos depois, tempo aproximado que a luz desse astro demora para chegar até a Terra

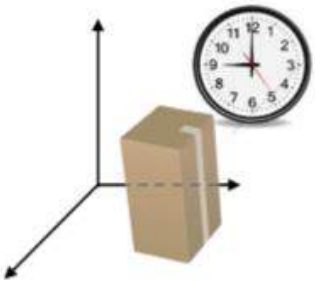
Então, vamos analisar essa relação entre espaço e tempo.
Você deve notar ao seu redor que a maiorias das coisas têm três dimensões.

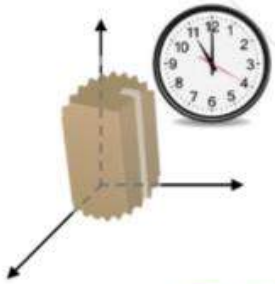
Até mesmo um ponto material pode ser localizado no espaço por meio das coordenadas de referência de três eixos: x, y e z.



Porém, tanto a caixa quanto o ponto não estiveram sempre naquela posição e podem ser que não permaneçam lá por muito tempo, variando no decorrer do **tempo**. No caso da caixa, além de variar a posição, pode ainda sofrer alterações em suas dimensões em determinados intervalos de tempo, como ser cortadas, dobrada, amassada, etc.







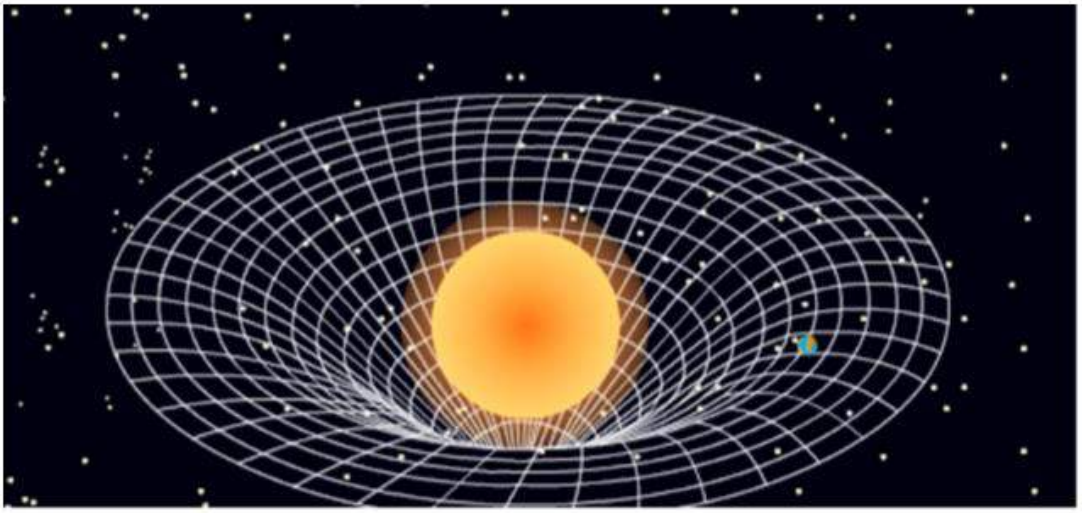
Portanto, as dimensões ou posições da caixa **variam com o tempo**. Esse é um exemplo simples para ilustrar a relação entre esses dois entes físicos denominado **espaço-tempo**. Tudo mo universo está situado no espaço-tempo, formando uma geometria quadridimensional.

DEFORMAÇÕES NO ESPAÇO-TEMPO

Imagine um travesseiro bem macio e plano. Se você rolar uma bolinha bem leve, como uma de isopor, sobre ele, praticamente não vai enruga-lo e a bolinha vai percorre-lo em uma trajetória retilínea.

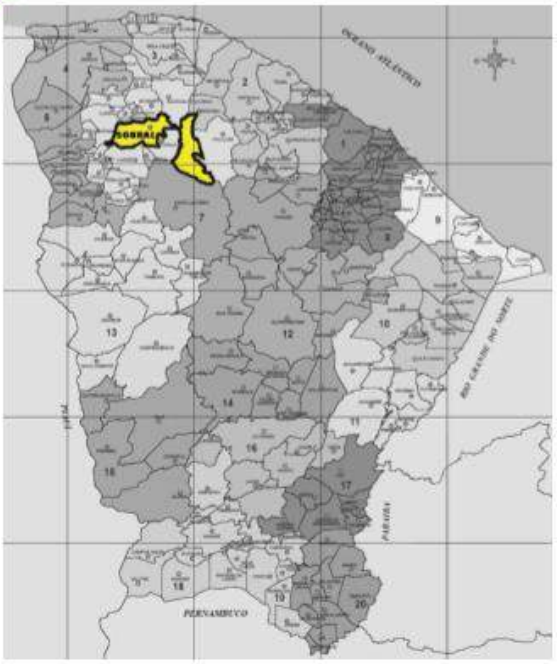
Mas, se você colocar uma bola relativamente pesada sobre o travesseiro, como uma bola de boliche, notará que a bola vai afundar aquela região e se tentar rolar de novo uma bolinha de isopor, verá que sua trajetória não será mais retilínea, sendo desviada pela deformação provocada pela bola de boliche.

Efeito semelhante acontece no espaço-tempo. O Sol (e outros astros) provoca uma deformação no espaço-tempo e provoca uma mudança na trajetória de qualquer coisa que se desloca por esse meio, inclusive a luz.

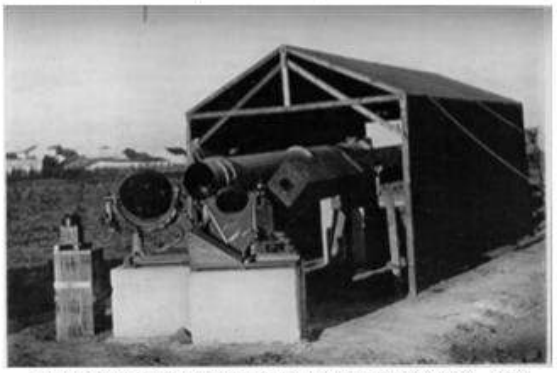


ÉÉÉÉÉ... DO BRASIL!!!

Einstein afirmou em sua Teoria da Relatividade Geral publicada em 1916 que a luz das estrelas ao passar perto do Sol sofria leves desvios em função da deformação do espaço-tempo. Seria impossível para os astrônomos verificarem a veracidade dessa teoria, pois durante o dia não se pode visualizar outras estrelas além do Sol. Contudo, em 1919, o astrônomo britânico Arthur Eddington chefiou duas expedições para regiões onde um eclipse total do Sol pudesse ser visualizado. O próprio Eddington foi para a Ilha de Príncipe, na África, junto com seu assistente, Edwin Cottingham, enquanto seu outro assistente, Andrew Crommelin veio ao Brasil para a cidade de **Sobral, no Ceará**.



No dia 29 de maio de 1919, dia do eclipse, choveu muito na Ilha de Príncipe, o que resultou em poucas fotos astronômicas e ainda de baixa qualidade do fenômeno. Entretanto, em **Sobral**, Cottingham obteve mais sorte com um céu limpo durante o eclipse e a observação das estrelas foi excelente. Reunindo os dados da Ilha de Príncipe e principalmente de **Sobral**, Eddington e sua equipe comprovaram que Albert Einstein estava novamente certo.

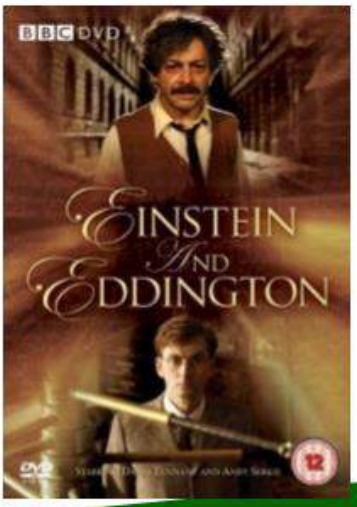


Telescópio usado pela equipe inglesa em Sobral - CE

Foto do eclipse tirada em 29/05/1919, em Sobral - CE

Sugestão de Filme:

O filme "***Einstein e Eddington***" (Einstein and Eddington, 2008), conta um pouco da história dos dois cientistas e dá ênfase a essa comprovação da teoria de Einstein pelo astrônomo britânico.



MASSA E ENERGIA RELATIVISTICAS

A teoria de Einstein apresenta ainda as alterações que a massa de um corpo sofre ao se aproximara da velocidade da luz.
Um corpo em repouso possui o que Einstein denominou de *massa de repouso* (m_0), enquanto sua massa a uma velocidade *v* é chamada *m*. A expressão matemática para a relação entre essas massas nos leva novamente ao Fator de Lorentz (γ), pois:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Como

Temos: $\boldsymbol{m = \gamma \cdot m_0}$

Como já foi visto anteriormente, sempre γ > 1, portanto a massa de um corpo deslocando-se a uma velocidade *v* é maior do que sua massa em repouso. Claro que esse aumento da massa só é perfeitamente observável em velocidades próximas a da luz.

A relação entre massa (m) e energia (E) pode ser expressa matematicamente pela provavelmente equação mais famosa de todos os tempos:

$$\boldsymbol{E = m \cdot c^2}$$

O fator c^2 (quadrado da velocidade da luz) representa um valor extremamente alto, de modo que uma minúscula quantidade de massa pode

---

Agora que você já conhece um pouco sobre a Teoria da Relatividade, que tal testar seu conhecimento? Preparamos um **caderno de passatempos** pra você se divertir ao mesmo tempo em que reforça seus conhecimentos sobre o tema.
Esperamos que goste.

Boa diversão e bom aprendizado!

APOIO

Ji-Paraná, RO

APÊNDICE E – CADERNO DE PASSATEMPOS

Sobre os autores

MARCO AURÉLIO DE JESUS

Professor desde 1998, lecionou do Ensino Fundamental ao Ensino Superior. Atualmente é professor de Física do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Rondônia - IFRO/ Campus Ji-Paraná. Possui graduação em Física; Especialização Latu Senso em Metodologia do Ensino Superior; Especialização Latu Senso em Ensino de Ciências e Matemática. Mestrando em Física pela Universidade de Rondônia (UNIR) / Sociedade Brasileira de Física (SBF), cujo orientador é coautor dessa obra.

Contato: ***marco.aurelio@ifro.edu.br***

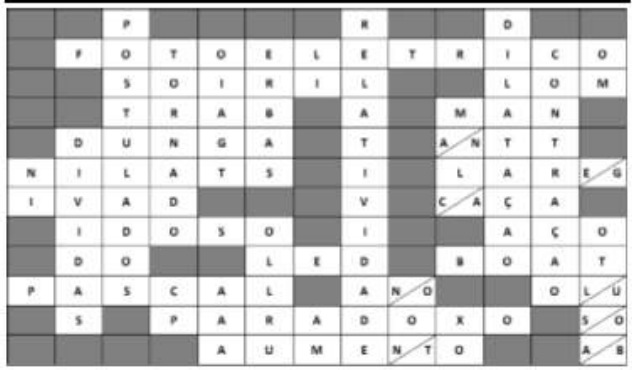
JOÃO BATISTA DINIZ

Professor Adjunto da Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Possui Graduação em Licenciatura em Física, Graduação em Engenharia Elétrica, Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Especialização em Física, Mestrado em Física pela Universidade de Brasília-UnB, Doutor em Física pela Universidade de Brasília-UnB e Pós-Doutor em Física pela Universidade de Barcelona-Espanha. Orientador de Mestrado do coautor desta obra.

Contato: ***batistasoft@gmail.com***

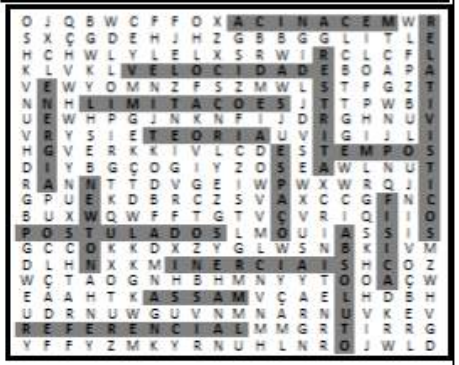
RESPOSTAS

Pág 7 e 8 - Cruzadas Diretas



Pág 9 - Jogo dos 7 Erros

Pág 10 – Caça-Palavras



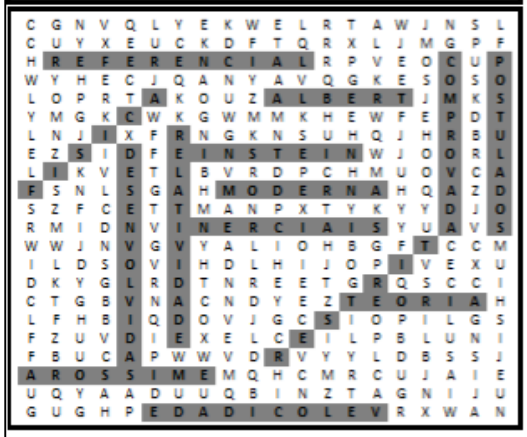
Pág 11 e 12 Sudoku

nº	Resposta	Valores
1)	Efeito Fotoelétrico	8
2)	Albert Einstein	6
3)	Postulados	2
4)	Lorentz	5
5)	3 anos	3
6)	Paradoxo	4

1	4	3	1	2	9	5	6	7	8
2	7	6	5	3	4	8	1	9	2
3	9	2	8	6	1	7	5	4	3
4	8	1	7	5	6	9	3	2	4
5	3	9	4	1	8	2	7	5	6
6	2	5	6	4	7	3	8	1	9
7	5	7	9	8	3	4	2	6	1
8	6	4	3	7	2	1	9	8	5
9	1	8	2	9	5	6	4	3	7

RESPOSTAS

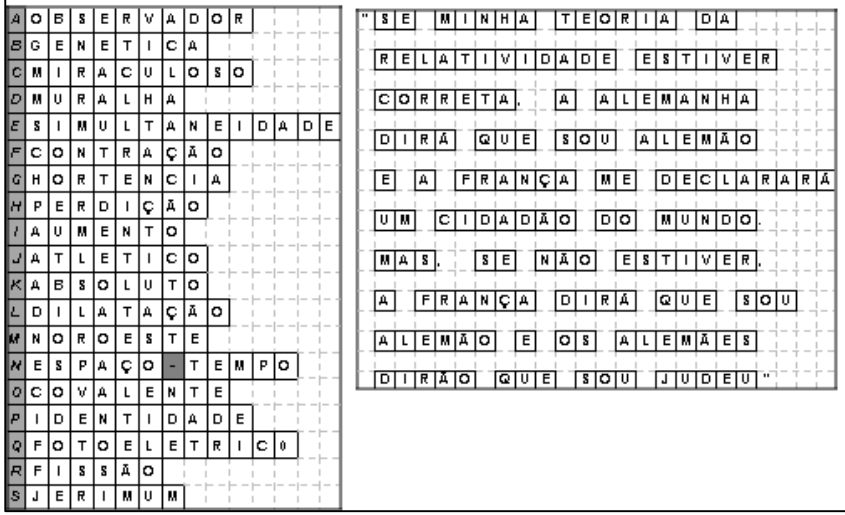
Pág 3 - Caça-Palavras



Pág 4 - Cripto-Relatividade

I	N	E	R	C	I	A	I	S	
B	E	L	F	O	R	T			
Z	O	R	R	O					
D	I	L	A	T	A	Ç	Ã	O	
C	A	R	B	O	N	O			
L	O	R	E	N	T	Z			
V	I	S	T	A					
P	O	S	T	U	L	A	D	O	S
A	T	O	M	I	C	O			
G	U	G	A						
P	R	O	P	R	I	O			
C	O	N	T	R	A	Ç	Ã	O	
I	M	P	E	R	I	O			

Pág 5 e 6 - Cruzada Dupla



BEM VINDOS!

Se você chegou a este caderno de passatempos, provavelmente teve acesso à obra "***Física Moderna e Contemporânea – uma nova perspectiva - Vol. 2***" e pôde entender a importância desse tema para o avanço científico e tecnológico. Provavelmente também se espantou com algumas coisas, mas toda ciência "nova" tem alguns aspectos intrigantes. E é exatamente isso que queremos desmistificar. Longe de ser um bicho de sete cabeças, a Física Moderna e Contemporânea deve ser estudada no Ensino Médio para que alunos e professores possam conhecer, argumentar e chegar a conclusões juntos. E nossa proposta não é isolar o assunto em capítulos finais dos livros e sim tratar o tema em paralelo com a Física Clássica. Neste caderno de passatempos você terá a oportunidade de verificar sua aprendizagem ao mesmo tempo em que se diverte. Esperamos que você goste. Outras obras como esta logo estarão a caminho.

Os autores

3 CAÇA-PALAVRAS

A Teoria da **RELATIVIDADE** Restrita foi formulada por **ALBERT** Einstein e foi a primeira parte da **FÍSICA MODERNA** a ser considerada como uma **TEORIA** totalmente **DESENVOLVIDA** e **COMPROVADA**. Parte do princípio de que a **VELOCIDADE** da luz é a mesma, independente do **REFERENCIAL** inercial adotado ou das velocidades da fonte **EMISSORA** ou do observador. **EINSTEIN** ainda se baseou na ideia que as leis da Física são as mesmas para todos os referenciais **INERCIAIS**. Esses dois princípios são chamados de **POSTULADOS** da Teoria da Relatividade **RESTRITA**.

C	G	N	V	Q	L	Y	E	K	W	E	L	R	T	A	W	J	N	S	L
C	U	Y	X	E	U	C	K	D	F	T	Q	R	X	L	J	M	G	P	F
H	R	E	F	E	R	E	N	C	I	A	L	R	P	V	E	O	C	U	P
W	Y	H	E	C	J	Q	A	N	Y	A	V	Q	G	K	E	S	O	S	O
L	O	P	R	T	A	K	O	U	Z	A	L	B	E	R	T	J	M	K	S
Y	M	G	K	C	W	K	G	W	M	M	K	H	E	W	F	E	P	D	T
L	N	J	I	X	F	R	N	G	K	N	S	U	H	Q	J	H	R	B	U
E	Z	S	I	D	F	E	I	N	S	T	E	I	N	W	J	O	O	R	L
L	I	K	V	E	T	L	B	V	R	D	P	C	H	M	U	O	V	C	A
F	S	N	L	S	G	A	H	M	O	D	E	R	N	A	H	Q	A	Z	D
S	Z	F	C	E	T	T	M	A	N	P	X	T	Y	K	Y	Y	D	J	O
R	M	I	D	N	V	I	N	E	R	C	I	A	I	S	Y	U	A	V	S
W	W	J	N	V	G	V	Y	A	L	I	O	H	B	G	F	T	C	C	M
I	L	D	S	O	V	I	H	D	L	H	I	J	O	P	I	V	E	X	U
D	K	Y	G	L	R	D	T	N	R	E	E	T	G	R	Q	S	C	C	I
C	T	G	B	V	N	A	C	N	D	Y	E	Z	T	E	O	R	I	A	H
L	F	H	B	I	Q	D	O	V	J	G	C	S	I	O	P	I	L	G	S
F	Z	U	V	D	I	E	X	E	L	C	E	I	L	P	B	L	U	N	I
F	B	U	C	A	P	W	W	V	D	R	V	Y	Y	L	D	B	S	S	J
A	R	O	S	S	I	M	E	M	Q	H	C	M	R	C	U	J	A	I	E
U	Q	Y	A	A	D	U	U	Q	B	I	N	Z	T	A	G	N	I	J	U
G	U	G	H	P	E	D	A	D	I	C	O	L	E	V	R	X	W	A	N

SUDOKU 12

Veja o exemplo em destaque. Depois responda as perguntas e escreva os valores encontrados nas respectivas casas do Sudoku ao lado.

nº	Pergunta	Resposta	Dica	Valores	Preencher as casas:
1)	**As Teorias da Relatividade (Restrita ou Especial e a Geral) deram grande notoriedade a Albert Einstein. Contudo, o estudo que lhe rendeu o prêmio No-**	**Efeito Fotoelétrico**	**Quantidade de consoantes contidas na resposta**	**8**	**I1, F2, C3, A4, E5, G6, D7, H8 e B9**
2)	Nome completo do cientista que desenvolveu a Teoria da Relatividade	?	Número de vogais da resposta	?	G1, B2, D3, E4, I5, C6, H7, A8 e F9
3)	Como são conhecidos os princípios que são a base para a teoria da Relatividade Restrita (ou Especial)	?	Quantidade desses princípios	?	D1, I2, B3, H4, F5, A6, G7, E8 e C9
4)	Fator de (?): Parâmetro matemático utilizado nos cálculos relativísticos, representado pela letra	?	Número de consoantes da resposta	?	F1, C2, G3, D4, H5, B6, A7, I8, E9
5)	Em uma situação hipotética, baseada no Paradoxo dos Irmão Gêmeos: O irmão A fica na Terra e o irmão B, viaja em uma nave com uma velocidade constante de 98% a velocidade da luz. Para o irmão A, o tempo de viagem de seu irmão foi de 15 anos. Calculando o efeito relativístico temos que: $\gamma = 5{,}02$ Sendo $t = \gamma . t_0$ o tempo próprio (t_0) do irmão B é aproximadamente igual a:	?	Valor aproximado do cálculo	?	B1, D2, I3, G4, A5, F6, E7, C8 e H9
6)	(?) dos Irmão Gêmeos: Situação hipotética que ilustra a dilatação temporal	?	Número de sílabas da resposta	?	A1, E2, H3, I4, C5, D6, F7, B8 e G9

11

SUDOKU

O Sudoku é um jogo de lógica que surgiu no Japão e tornou-se popular no mundo todo. Consiste em preencher os espaços em branco de um quadro de 81 casas, subdividido em quadrados menores de tamanho 3x3 casas. As regras para o preenchimento são:

- Preencher as casas com algarismos de 1 a 9, de modo que cada número apareça apenas uma vez em cada linha e coluna;
- Em cada quadrado 3x3 todos os números (1 a 9) devem aparecer, mas também sem repeti-los.

Geralmente os quadros do Sudoku já vêm preenchidos com alguns números, mas você não acha que iríamos facilitar tanto pra você, né? O nosso Sudoku é um pouco diferente:

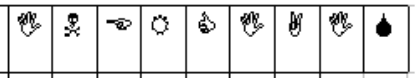
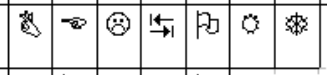
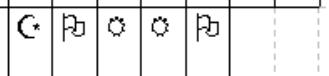
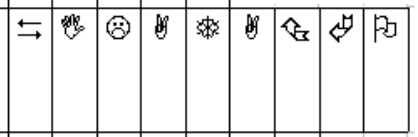
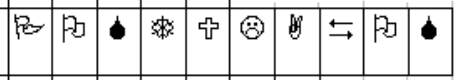
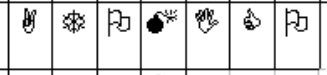
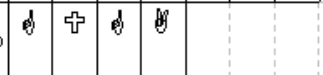
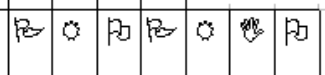
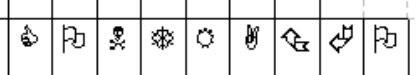
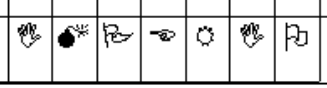
Para você preencher o quadro abaixo, responda as questões da próxima página, com base nas respostas você encontrará as dicas pra ir preenchendo o Sudoku. Veja o exemplo e divirta-se!

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									8
2						8			
3			8						
4	8								
5					8				
6							8		
7				8					
8								8	
9		8							

CRIPTO-RELATIVIDADE

4

Cada símbolo corresponde a uma letra

Referenciais (?): Área de abordagem da Teoria da Relatividade Restita	
Vitor (?): Brasileiro lutador de MMA	
Personagem mascarado do cinema. Muito habilidoso com a espada, geralmente marca seus inimigos com um "Z"	
(?) dos tempos: Conforme a Teoria da Relatividade, fenômeno do aumento do intervalo de tempo medido em consequência do movimento do referencial utilizado.	
O elemento não-metálico tetravalente localizado na família 4A da tabela periódica e indispensável à existência da vida.	
Fator de (?): Parâmetro matemático utilizado nos cálculos relativísticos, representado pela letra grega gama	
Versão do sistema operacional Windows (Microsoft) posterior ao XP e anterior ao Windows 7	
As bases para a Teoria da Relatividade de Einstein	
Tipo de relógio utilizado em demonstrações da dilatação temporal	
Apelido do maior tenista brasileiro de todos os tempos, tricampeão do Torneio de Roland Garros	
Tempo (?): Intervalo de tempo entre dois eventos que ocorrem no mesmo ponto de um referencial inercial	
Efeito relativístico para as distâncias	
O (?) Contra-Ataca: segundo filme da primeira trilogia de Star Wars	

5 CRUZADA DUPLA

Segundo Einstein, todo movimento é relativo ao (?)	A	O	B	1	27	70	22	48	163	132	53								
"O Pai da (?)": o cientista Gregor Mendel	B	G	9	121	45	T	23	35	7										
1905, o Ano (?): Einstein publicou cinco trabalhos extraordinários que mudariam para sempre a ciência.	C	3	21	16	61	88	98	62	154	131	109								
Da série de livros Crônicas de Gelo e Fogo, de George R. R. Martin, o destino de foras da lei arrependidos, traidores que foram poupados da morte e jovens a procura de aventura, honra ou redenção. Vigiada pela Patrulha da Noite	D	75	162	82	15	44	48	41											
Dois observadores movendo-se a uma velocidade relativa um em relação ao outro não observarão da mesma forma dois eventos que acontecem ao mesmo tempo, pois a (?) é um conceito relativo	E	29	89	64	129	135	T	68	99	17	I	51	85	77	39				
Efeito relativístico para as distâncias	F	79	O	N	8	34	25	Ç	65	36									
Jogadora brasileira conhecida como "a Rainha do Basquete Brasileiro"	G	6	139	119	30	63	N	C	52	13									
Montanha da (?): nos livros de J. R. R. Tolkien e nos filmes da trilogia O Senhor dos Anéis, é o único lugar onde o Um Anel poderia ser destruído	H	P	106	11	24	31	122	108	66										
Ocorre com a massa de um corpo em movimento (medido pelo observador), segundo Eisntein	I	19	165	87	67	5	T	141											
Nome comum de clubes de futebol. Os mais conhecidos no Brasil são o Mineiro, o Paranaense e o Goianiense	J	54	20	144	78	T	12	C	101										
O conceito de tempo, para Isaac Newton	K	50	B	104	O	80	133	T	159										
Observados por referenciais inerciais, para corpos que se deslocam em velocidades próximas à da luz ocorre a (?) do tempo	L	26	4	18	47	T	42	73	93	94									
Ponto colateral situado entre o Norte e o Oeste	M	48	O	84	O	33	142	T	76										
Termo utilizado nas considerações relativísticas da geometria quadridimensional	N	2	111	P	71	Ç	10	-	40	28	46	P	O						
Ligação química caracterizada pelo compartilhamento de pares de elétrons	O	C	O	114	91	L	110	72	T	164									
(?) Bourne: lançado em 2002, foi o primeiro de uma sequência de filmes de ação, cujo personagem principal é o agente secreto Jason Bourne.	P	125	90	145	107	T	I	100	108	124	148								
Efeito (?): Rendeu a Albert Einstein o Prêmio Nobel de Física	Q	69	O	T	59	130	L	136	112	116	I	C	96						
(?) Nuclear: processo de separação do núcleo do átomo	R	118	113	105	158	138	O												
Nome pelo qual é conhecida a abóbora em alguns estados do Nordeste brasileiro	S	161	115	126	151	97	160	137											

CAÇA-PALAVRAS 10

A **TEORIA** da Relatividade **RESTRITA** está baseada em dois importantes **POSTULADOS**:

1º) As leis da **FÍSICA** são as mesmas para todos os referenciais **INERCIAIS**.

2º) O módulo da **VELOCIDADE** da luz no vácuo é sempre o mesmo, independente do **REFERENCIAL** inercial adotado.

Apesar de o primeiro postulado enfatizar as leis de **NEWTON**, o "pai" da **MECÂNICA** Clássica não tinha conhecimento das **LIMITAÇÕES** de suas descobertas ao considerar o tempo como **ABSOLUTO** e independente de referencial. Sabe-se hoje que o **TEMPO**, o **ESPAÇO**, a **MASSA** e até mesmo a **ENERGIA** de corpos a velocidades próxima à da luz sofrem efeitos **RELATIVÍSTICOS** e, consequentemente dependem do referencial.

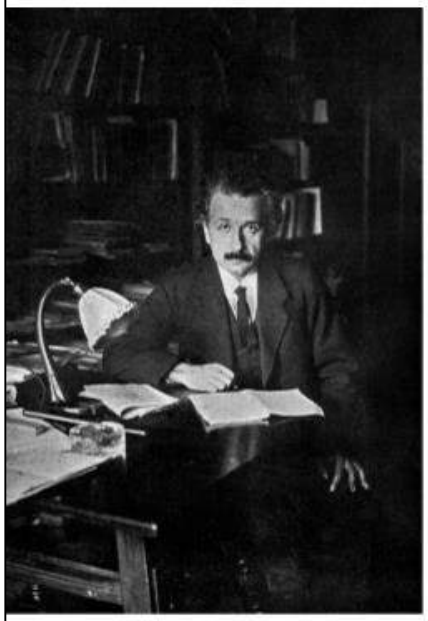
O	J	Q	B	W	C	F	F	O	X	A	C	I	N	A	C	E	M	W	R
S	X	Ç	G	D	E	H	J	H	Z	G	B	B	G	G	L	I	T	L	E
H	C	H	W	L	Y	L	E	L	X	S	R	W	I	R	C	L	C	F	L
K	L	V	K	L	V	E	L	O	C	I	D	A	D	E	B	O	A	P	A
V	E	W	Y	O	M	N	Z	F	S	Z	M	W	L	S	T	F	G	Z	T
N	N	H	L	I	M	I	T	A	Ç	O	E	S	J	T	T	P	W	B	I
U	E	W	H	P	G	J	N	K	N	F	I	J	D	R	G	H	N	U	V
V	R	Y	S	I	E	T	E	O	R	I	A	U	V	I	G	I	J	L	I
H	G	V	E	R	K	K	I	V	L	C	D	E	S	T	E	M	P	O	S
D	I	Y	B	G	Ç	O	G	I	Y	Z	O	S	E	A	W	L	N	U	T
R	A	N	N	T	T	D	V	G	E	I	W	P	W	X	W	R	Q	J	I
G	P	U	E	K	D	B	R	C	Z	S	V	A	X	C	C	G	F	N	C
B	U	X	W	Q	W	F	F	T	G	T	V	Ç	V	R	I	Q	I	I	O
P	O	S	T	U	L	A	D	O	S	L	M	O	U	I	A	S	S	I	S
G	C	C	O	K	K	D	X	Z	Y	G	L	W	S	N	B	K	I	V	M
D	L	H	N	X	K	M	I	N	E	R	C	I	A	I	S	H	C	O	Z
W	Ç	T	A	O	G	N	H	B	H	M	N	Y	Y	T	O	O	A	Ç	W
E	A	A	H	T	K	A	S	S	A	M	V	Ç	A	E	L	H	D	B	H
U	D	R	N	U	W	G	U	V	N	M	N	A	R	N	U	V	K	E	V
R	E	F	E	R	E	N	C	I	A	L	M	M	G	R	T	I	R	R	G
Y	F	F	Y	Z	M	K	Y	R	N	U	H	L	N	R	O	J	W	L	D

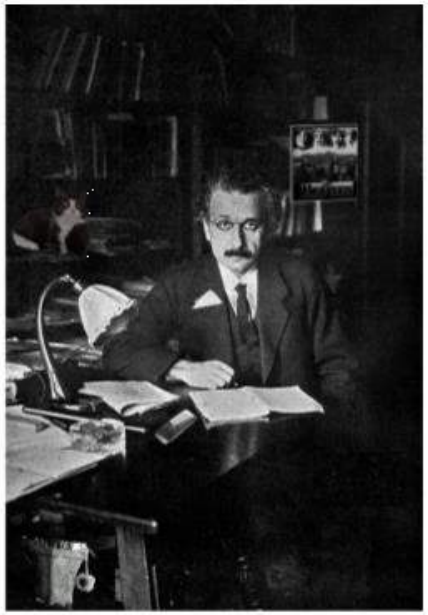
9 JOGO DOS 7 ERROS

*Ele se tornou um mito sem similar: o **Einstein** das roupas amarrotadas, da cabeça grande, do cabelo desgrenhado; o Einstein ingênuo e distraído, e, no entanto obviamente dotado de uma mente superior.[...] Para compreender Einstein verdadeiramente temos fazer uma tentativa de compreender sua ciência*

BRENNAN, 2003

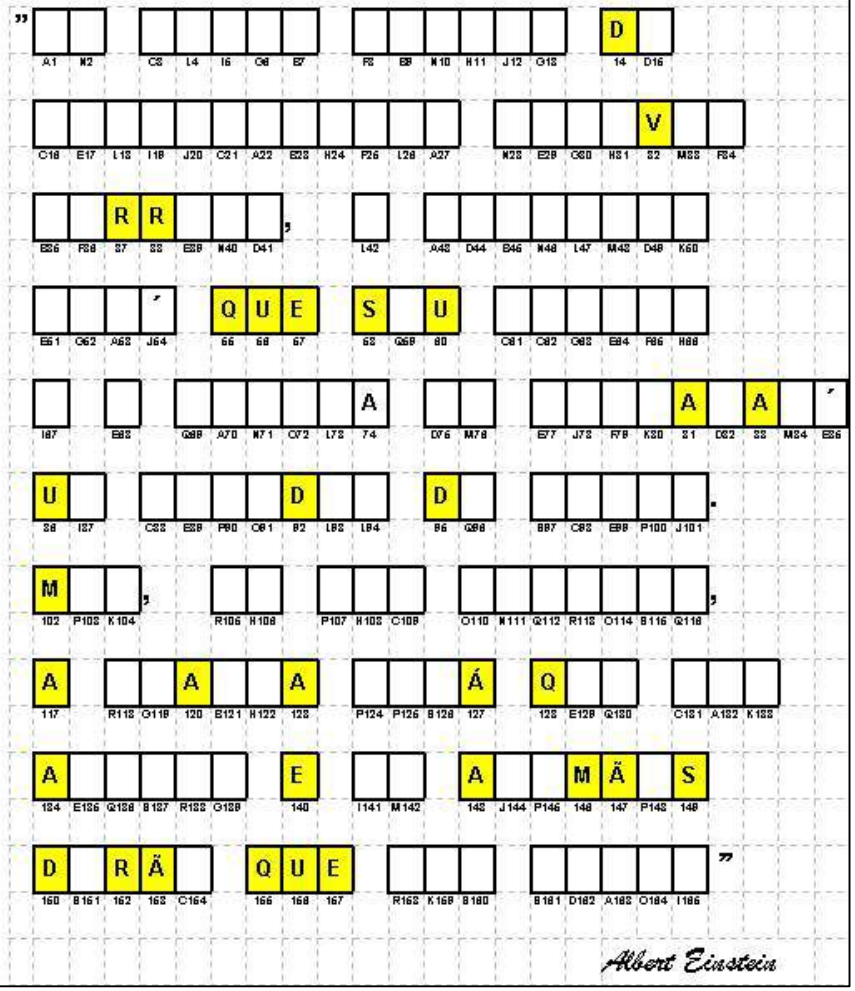
Compare a imagem da direita com a da esquerda e encontre 7 diferenças





CRUZADA DUPLA 6

Responda às perguntas do quadro ao lado e passe as letras para o diagrama, de acordo com as coordenadas. Ao preencher o diagrama, surgirá uma frase de Albert Einstein sobre sua Teoria da Relatividade:

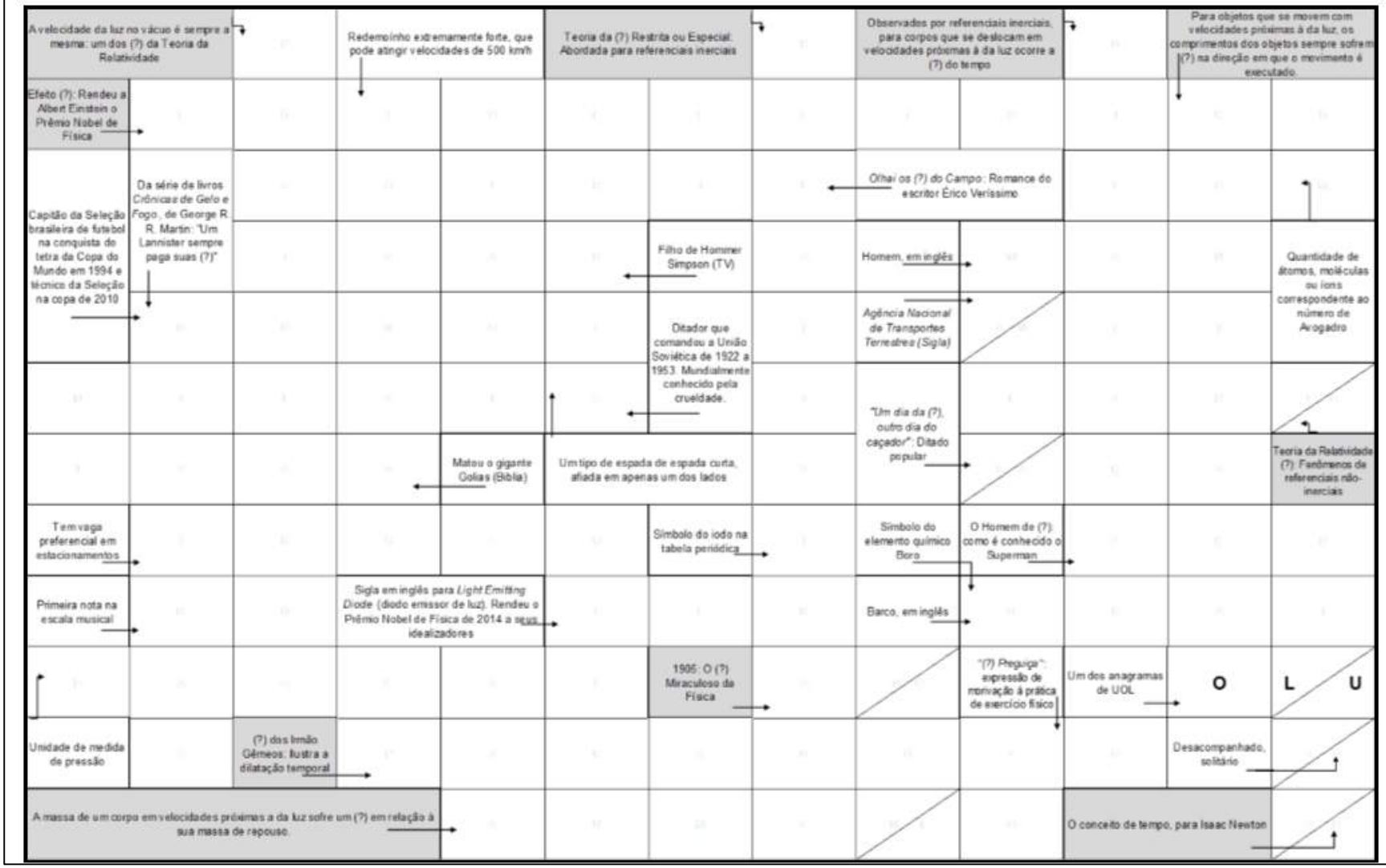


7

CRUZADAS

DIRETAS

8



APÊNDICE F – FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOL 3

Isso você já estudou! RECORDANDO Isso

Choques Mecânicos

Durante os anos 80 e início dos anos 90, um brasileiro encantou um mundo com jogadas fantásticas e tornou-se sinônimo de bom jogador de sinuca (ou snooker) em nosso país. Seu nome: ***Rui Chapéu****. Em um jogo memorável contra o inglês Steve Davis, então campeão do mundo, Rui Chapéu mostrou toda a sua categoria vencendo seu oponente e entrando definitivamente para o rol dos maiores atletas mundiais de todos os tempos.*

Com jogadas específicas para cada situação, o "craque do taco" podia fazer com que o bolão acompanhasse até a caçapa a bola a ser matada, bem como conseguia matar uma bola fazendo com que o bolão ocupasse o espaço deixado pela bola encaçapada.

Talvez sem saber, o grande Rui Chapéu nos deu aulas e mais aulas de Física, principalmente sobre conservação de momento linear e sobre choques mecânicos. Vamos estudar as características físicas de choques mecânicos, seja em colisões de veículos, jogos de sinuca e até partículas subatômicas.

Rui Chapéu em ação contra Steve Davis, em 1981

O cientista e filósofo francês **René Descartes** (1596-1650), tentando determinar o motivo pelo qual o movimento do Universo permanecia constante apesar da interação entre os corpos, chegou a uma grandeza que denominou de Quantidade de Movimento (p), mais tarde conhecida como **Momento Linear**.
O momento linear corresponde ao produto da massa de um corpo (m) por sua velocidade (v):

$$p = m.v$$

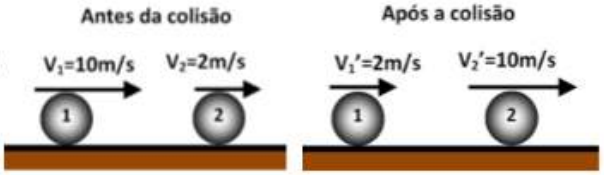
Um sistema mecanicamente isolado é um sistema que não sofre nenhuma ação de forças externas ou a resultante dessas forças é nula ou ainda as mesmas têm intensidades desprezíveis em relação às forças do sistema. Nesse tipo de sistema o momento linear é conservado, como por exemplo, na colisão entre duas bolas de sinuca. O momento linear do sistema imediatamente antes da colisão (p_{antes}) é igual ao momento linear imediatamente após a colisão (p_{depois}):

$$p_{antes} = p_{depois}$$
$$m_1.v_1 + m_2.v_2 = m_1.v_1' + m_2.v_2'$$

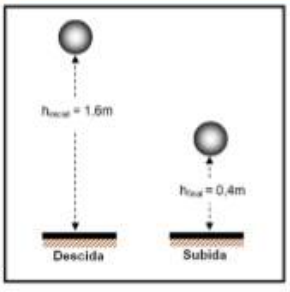
Entretanto movimento das esferas após a colisão depende do material que as compõe e da relação entre as velocidades de aproximação (antes da colisão: v_1 e v_2) e afastamento (após a colisão: v_1' e v_2'). A relação entre a velocidade relativa de aproximação (V_{aprox}) e a velocidade relativa de afastamento (V_{afast}) recebe o nome de **Coeficiente de Restituição (e)**:

$$e = \frac{V_{afast}}{V_{aprox}}$$

Se o coeficiente de restituição for igual a 1 (e = 1) significa que ocorreu 100% de restituição do módulo de velocidade, ou seja, toda a energia mecânica foi conservada, ou seja, não foi transformada em outro tipo de energia. Esse tipo de choque é conhecido como **choque perfeitamente elástico.**



Outro tipo de choque é o que ocorre com mais frequência no cotidiano, o **parcialmente elástico**, onde parte da energia cinética é preservada enquanto outra parte é convertida em outro tipo de energia, como calor e som. Nesse tipo de choque, o coeficiente de restituição é um valor entre zero e 1 ($0<e<1$).



Na situação representada na figura ao lado, uma bola de borracha de massa 0,2 kg é abandonada de uma altura de 1,6 m, bate no solo e retorna a uma altura de 0,4 m. É possível verificar que a bola de borracha perde Energia Mecânica em virtude da perca de Energia Potencial Gravitacional

Por fim há um tipo de choque denominado **perfeitamente inelástico** quando não há restituição (e = 0), ou seja, toda a energia mecânica é transformada em outro tipo de energia após o impacto. Nesse caso, após o impacto os corpos seguem unidos, unidos e consequentemente na mesma velocidade ou ocorre absorção

Semelhante ao fenômeno em escala macroscópica são as interações de partículas, como as presentes no efeito fotoelétrico, que será exposto a seguir.

EFEITO FOTOELÉTRICO

Novamente as atenções são voltadas para Albert Einstein e dessa vez para o estudo que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física em 1921, **o efeito fotoelétrico.**

Existem algumas grandezas físicas que só podem ser representadas por números inteiros e por isso são chamadas de **grandezas quantizadas** e o *quantum* é a quantidade elementar para essa grandeza.

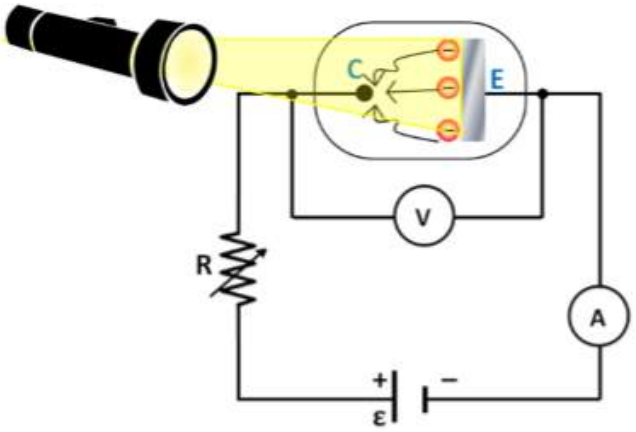
Um exemplo de quantização é o nosso sistema monetário, cuja menor unidade é o centavo. Um produto pode custar 10 centavos de real ou até 100 centavos (que corresponde a 1 real), mas não é possível pagar com as moedas correntes um produto que custa 0,5 centavos. Como os centavos de real só podem ser representados por números inteiros, dizemos que é uma unidade quantizada.

O termo latino *quantum*, cujo plural é *quanta*, deu origem a uma parte da Física Moderna que estuda a interação de partículas atômicas e subatômicas, a **Mecânica Quântica**.

Em 1905, Albert Einstein propôs que a luz é quantizada e sua menor unidade é o **fóton**, cuja energia é emitida em pacotes discretos de energia E igual a:

$$E = h.f$$

Sendo h a constante de Planck ($h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s) e é o fator primordial na divisão entre a Física Clássica e a Quântica, enquanto f é a frequência da luz.
Einstein identificou que o processo de emissão ou absorção da luz ocorre no interior do átomo que a absorção implicava na aniquilação do fóton, enquanto na emissão ocorria a criação do fóton. Entretanto, a mais notável constatação a respeito da luz foi determinar que a luz com comprimento de onda suficientemente pequena incidindo em um determinado metal pode provocar a emissão de elétrons desse metal, o que caracteriza o efeito fotoelétrico.
A figura ao lado representa uma montagem experimental que comprova o efeito fotoelétrico:



Trata-se de um tubo de vidro fechado a vácuo e uma placa de metal fotossensível. Em ***E*** há um eletrodo positivo, denominado emissor, enquanto em ***C***, o coletor, o eletrodo é positivo. Quando não há luz incidindo na placa de metal, o amperímetro ***A*** não registra corrente elétrica. Mas, na presença de uma luz com determinado comprimento de onda é detectado uma corrente elétrica entre ***E*** e ***C***, em virtude do fluxo de elétrons saindo do emissor e indo para o coletor. Usando o reostato ***R*** é possível variar a diferença de potencial entre ***C*** e ***E*** de modo a gerar uma corrente elétrica de intensidade máxima. Entretanto, se a polaridade da fonte elétrica ε for invertida, a intensidade da corrente elétrica é reduzida até se tornar nula. O potencial elétrico nessa etapa é chamado de **potencial de corte (V_{corte})** e os elétrons de maior energia são freados antes de chegarem a *C*, de modo que sua energia cinética máxima (K_{max}) depende desse potencial de corte e da carga elementar do elétron (*e*)é dada por:

$$K_{max} = e.V_{corte}$$

Por meio desse experimento foi possível determinar que a energia cinética máxima não depende da intensidade da luz e sim de sua frequência, que se for maior que um valor específico de cada material, chamado **frequência de corte (f_0)** poderá emitir um fóton.

Para Einstein os fótons são pacotes de energia transportados por um energia E = hf e cada fóton cede toda essa energia a um único elétron. Parte dessa energia é transformada em energia cinética da partícula, enquanto outra parte realiza a **Função Trabalho (Φ)**, que é a energia mínima para que um elétron possa se desprender do metal ao qual está preso por forças elétricas. Dessa forma, a energia cinética do elétron é o que sobra após a função trabalho ser realizada:

$$K_{max} = hf - \Phi$$

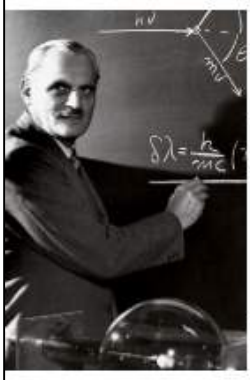
A energia cinética máxima não depende da intensidade da luz e sim de sua frequência.

Einstein propôs ainda que os fótons possuem **momento linear**, matematicamente obtido pela equação

$$p = \frac{hf}{c}$$

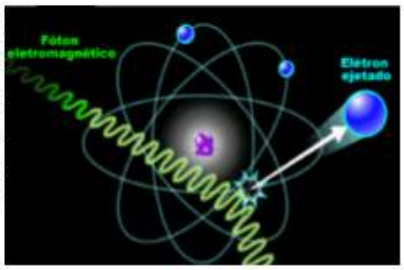
Como $c = \lambda f$, a equação acima também pode ser escrita da seguinte forma:

$$p = \frac{h}{\lambda}$$



Em 1935, o físico norte-americano **Arthur Compton** (1892-1962) realizou um experimento em que constatou que o espalhamento de raios X com elétrons é fruto de uma colisão entre um fóton e um elétron, de modo que há transferência de parte da energia do primeiro para o segundo, o que caracteriza uma **colisão parcialmente elástica**, semelhante á da Física Clássica. Todavia, por processos quânticos, os raios X espalhados têm comprimento de onda maior que o comprimento de onda dos raios incidentes, o que caracteriza o **Espalhamento Compton**.

O espalhamento Compton tem diversas aplicações, sobretudo na área da saúde, como no diagnóstico de câncer, por exemplo.



Fonte: http://fisicasimples2.blogspot.com/2011/04/importancia-do-efeito-compton.html

Mas antes dos revolucionários estudos de Einstein sobre esse fenômeno, um outro notável físico já realizava experimentos com o efeito fotoelétrico. O húngaro **Philippe Lenard** (1862-1947) descreveu em 1899 o efeito, ainda que de maneira incompleta. Seus estudos com raios catódicos também fora notáveis e lhe renderam o Prêmio Nobel de Física em 1905. Mas quando Roentgen descobriu os Raios-X por e J. J. Thompson provou que os raios catódicos eram partículas (os elétrons), Lenard declaradamente tornou-se desafeto dos dois cientistas, afirmando que eles meramente se apropriaram de seus estudos.

Por fim, o controverso cientista ainda apoiou ativamente o regime nazista, chegando a escrever livros refutando o que ele chamou de "física de judeus" (leia-se Relatividade, dentre outras teorias).

PESQUISA

As aplicações do efeito fotoelétrico *em nosso cotidiano são inúmeras. Escolha dois dos itens abaixo e pesquise sobre seu funcionamento e sua importância para a nossa vida:*

Placas solares

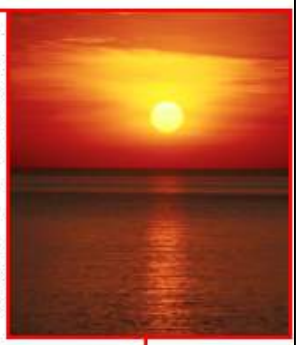
Controle remoto

Óculos de visão noturna

portas automáticas

Sensores de Movimento

Muito se tem comentado e discutido sobre formas eficientes de geração de energia elétrica e sobretudo que causem menos degradação ambiental. Pesquise e produza um texto sobre os pontos favoráveis e as desvantagens da energia solar ser utilizada para a geração de energia elétrica. Se necessário, peça aos seus professores de Biologia e Geografia para auxiliá-lo nessa pesquisa, pois certamente eles enriquecerão ainda mais seu trabalho.



Sobre os autores

MARCO AURÉLIO DE JESUS

Professor desde 1998, lecionou do Ensino Fundamental ao Ensino Superior. Atualmente é professor de Física do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Rondônia - IFRO/ Campus Ji-Paraná. Possui graduação em Física; Especialização Latu Senso em Metodologia do Ensino Superior; Especialização Latu Senso em Ensino de Ciências e Matemática. Mestrando em Física pela Universidade de Rondônia (UNIR) / Sociedade Brasileira de Física (SBF), cujo orientador é coautor dessa obra.

Contato: ***marco.aurelio@ifro.edu.br***

JOÃO BATISTA DINIZ

Professor Adjunto da Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Possui Graduação em Licenciatura em Física, Graduação em Engenharia Elétrica, Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Especialização em Física, Mestrado em Física pela Universidade de Brasília-UnB, Doutor em Física pela Universidade de Brasília-UnB e Pós-Doutor em Física pela Universidade de Barcelona-Espanha. Orientador de Mestrado do coautor desta obra.

Contato: ***batistasoft@gmail.com***

AUTORES

Marco Aurélio de Jesus (IFRO, Ji-Paraná)

João Batista Diniz (UNIR, Ji-Paraná)

APOIO

SBF Sociedade Brasileira de Física

MNPEF Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

UNIR

Instituto Federal Rondônia

Ji-Paraná, RO

ROLETA

FOTOELÉTRICA

Marco Aurélio de Jesus
João Batista Diniz

Este jogo é parte integrante da obra "Física Moderna e Contemporânea: uma nova perspectiva - Vol.3", dos mesmos autores

BEM VINDOS!

Se você chegou a este jogo, provavelmente teve acesso à obra ***"Física Moderna e Contemporânea – uma nova perspectiva - Vol. 3"*** e pôde entender a importância desse tema para o avanço científico e tecnológico. Provavelmente também se espantou com algumas coisas, mas toda ciência "nova" tem alguns aspectos intrigantes. E é exatamente isso que queremos desmistificar. Longe de ser um bicho de sete cabeças, a Física Moderna e Contemporânea deve ser estudada no Ensino Médio para que alunos e professores possam conhecer, argumentar e chegar a conclusões juntos. E nossa proposta não é isolar o assunto em capítulos finais dos livros e sim tratar o tema em paralelo com a Física Clássica. Neste jogo você terá a oportunidade de verificar sua aprendizagem ao mesmo tempo em que se diverte. Gire a roleta e bom jogo!

Os autores

ROLETA
FOTOELÉTRICA

Um jogo para você se divertir, com base no que você estudou sobre **Efeito Fotoelétrico.**

Composição do jogo:
1 Roleta
1 base da roleta
32 "cédulas" de $ 2,00 fótons
32 "cédulas" de $ 5,00 fótons
16 "cédulas" de $ 10,00 fótons
16 "cédulas" de $ 20,00 fótons
8 "cédulas" de $ 50,00 fótons
8 "cédulas" de $ 100,00 fótons
12 fichas com "Palavra Secreta"
12 cartões com respostas e dicas

Roleta: Um círculo dividido em 22 partes, contendo valores (2, 5, 10, 20, 50 e 100 fótons), punições ("*Passou a VEZ*" e "*PERDE TUDO*") e um desafio ("*DOBRO OU NADA*")

Fichas com "Palavra Secreta": 12 fichas identificadas com números no canto superior esquerdo. Contém os espaços em branco devidamente enumerados que deverão ser preenchidos pelos jogadores com as letras da palavra secreta. A ficha também indica o número de dicas que aquela palavra pode ter, bem como seu preço. **Atenção:** A dica é uma **por ficha** e não por jogador. A ficha também indica após quantas letras um jogador poderá arriscar a palavra secreta.

Cartões com respostas e dicas: Numerados de 1 a 12, ficam o tempo todo em posse do participante que conduz o jogo ("BANCA"). Nelas constam as respostas e dicas correspondentes às fichas com "Palavra Secreta".

REGRAS DO JOGO

Número de participantes: de 2 a 4 jogadores e mais a "BANCA", que é um participante responsável por conduzir o jogo, pagar e penalizar os jogadores. O jogo pode ser **individual ou em dupla;**

Tempo de jogo: Não estipulado. Os jogadores podem jogar as 12 fichas com a "Palavra Secreta" no intervalo de tempo que desejarem.

1) A "BANCA" pede que cada jogador gire a roleta uma vez. Quem obtiver o maior valor começa o jogo; o segundo maior valor é o próximo a jogar e assim sucessivamente. Em caso de empate, roda-se a roleta novamente até o desempate. **O valor obtido nesse primeiro giro NÃO SERÁ PAGO AOS JOGADORES.** É apenas para determinar a ordem de jogada;
2) O jogador 1 escolhe um número de 1 a 12, que correspondem ao número de uma ficha com a "Palavra Secreta" e a coloca em um local visível a todos os demais jogadores. A "BANCA" terá em suas mãos os cartões com respostas e dicas identificadas com o número da "Palavra Secreta" correspondente.
3) O jogador 1 roda a roleta.

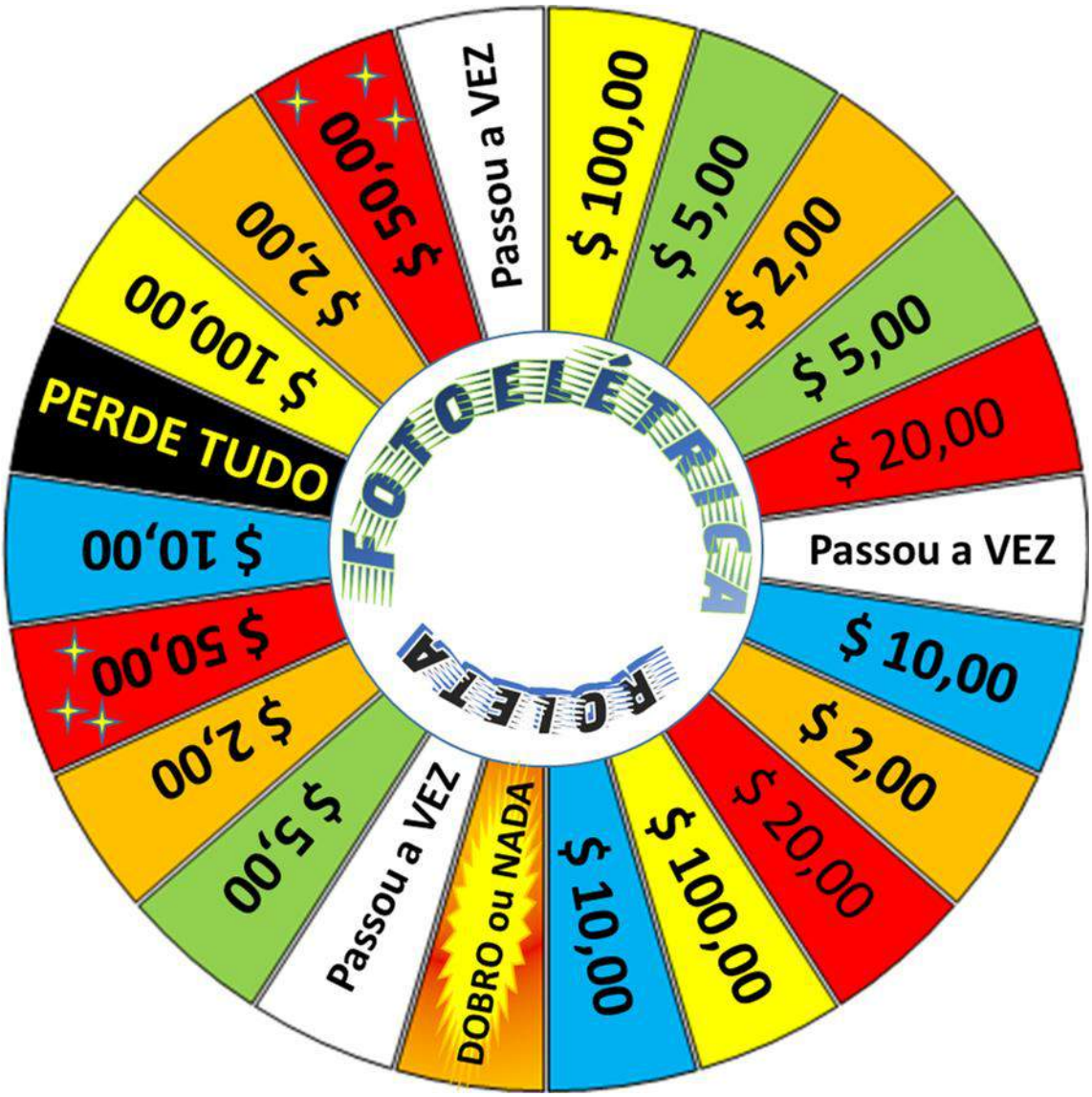
- Se parar em um valor ele deve escolher uma letra que acredite que faça parte da "Palavra Secreta". Se acertar, a "BANCA" escreve a letra na ficha e paga o valor correspondente a cada letra acertada (por exemplo, se a roleta parou em $ 5,00 e o jogador escolheu a letra "A", caso a "Palavra Secreta" tenha 3 "A" o jogador recebe $5,00 + $5,00 + $5,00 = $15,00).
- Se acertar a letra, o Jogador 1 roda a roleta de novo, até o limite de **3 acertos consecutivos**. Depois disso ou se errar, passa a vez para o próximo jogador;
- Se parar em "Passou a VEZ" não ganha ou perde nada, mas passa a vez para o próximo jogador;
- Se parar em "PERDE TUDO" o jogador deve devolver à "BANCA" todos os fótons que tem;
- Se parar em "DOBRO OU NADA" o jogador deve **arriscar a palavra secreta**. Se acertar dobra os valores dos fótons que já tem, se errar perde tudo. Caindo em "DOBRO OU NADA" o jogador **não poderá pedir a "DICA"**;

4) Se um jogador demorar demais para continuar o jogo, a "Banca" estipula um tempo de **1 minuto** para que o jogador prossiga com sua jogada, aplicando punições de $ 100,00 fótons em caso de descumprimento da regra;
5) Se ao rodar a roleta esta parar em um valor, o jogador poderá pedir a "DICA" pagando o valor correspondente informado na ficha com "Palavra Secreta". Os jogadores podem entrar em consenso entre si e dividirem o valor da "DICA" se assim preferirem;
6) Só é possível arriscar a palavra após o limite de letras estipulado na ficha com "Palavra Secreta". O jogador que não seguir essa regra perderá todos os fótons e caso não tenha nada ficara devendo $ 300,00 fótons para a próxima partida.
7) Se o jogador ariscar e **errar** a palavra secreta **perde tudo!**
8) Quando um jogador acertar a palavra, tem início outra partida com uma nova "Palavra Secreta", com cada jogador mantendo seus respectivos fótons. O vencedor da partida anterior inicia o jogo. Os próximos obedecem a ordem do que tiver mais fótons para o que tiver menos.

Ao final vence quem tiver mais fótons

UM BOM JOGO PRA VOCÊS!

APÊNDICE H – MATERIAL PARA IMPRESSÃO DA ROLETA



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
2
2
FÓTONS

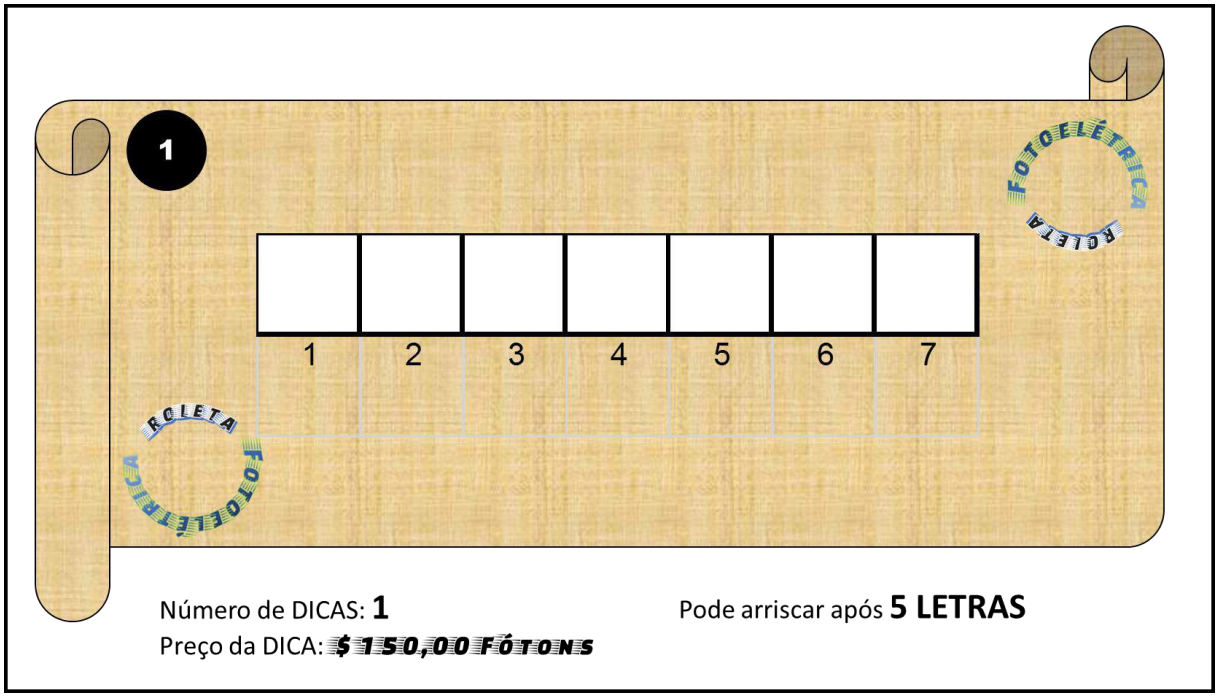
REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
5
5
FÓTONS

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
10
10
FÓTONS

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
20
20
FÓTONS

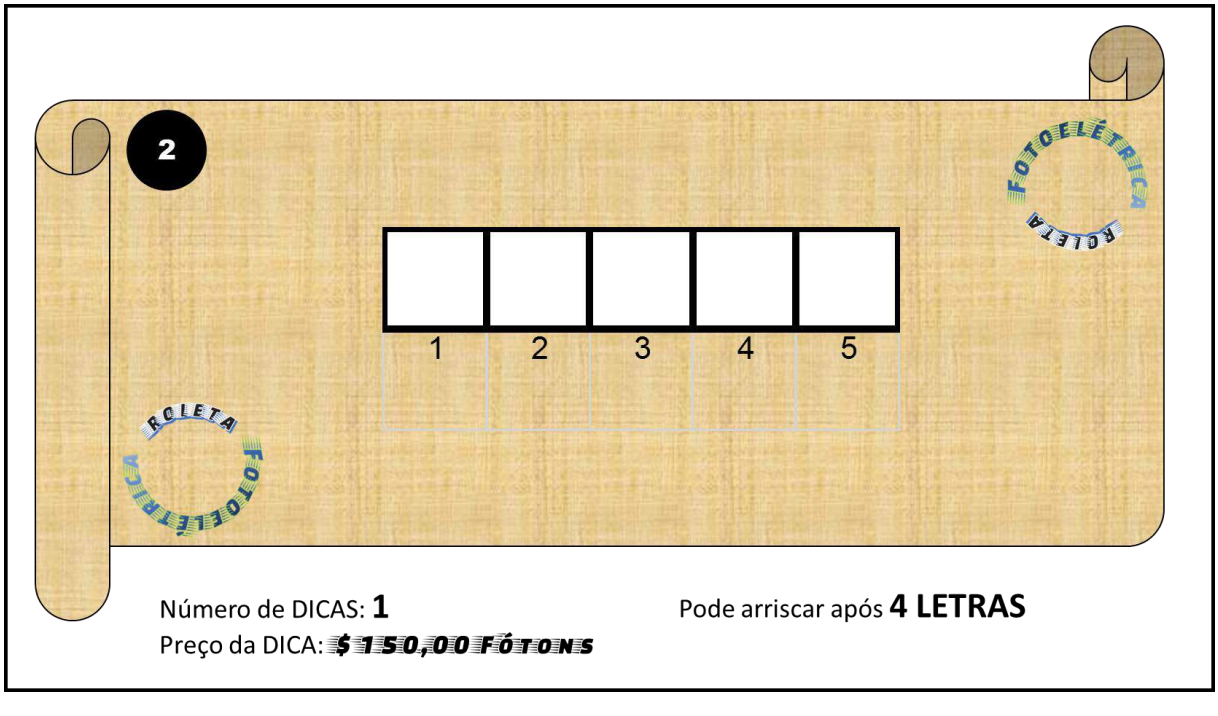
REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
50
50
FÓTONS

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
100
100
FÓTONS



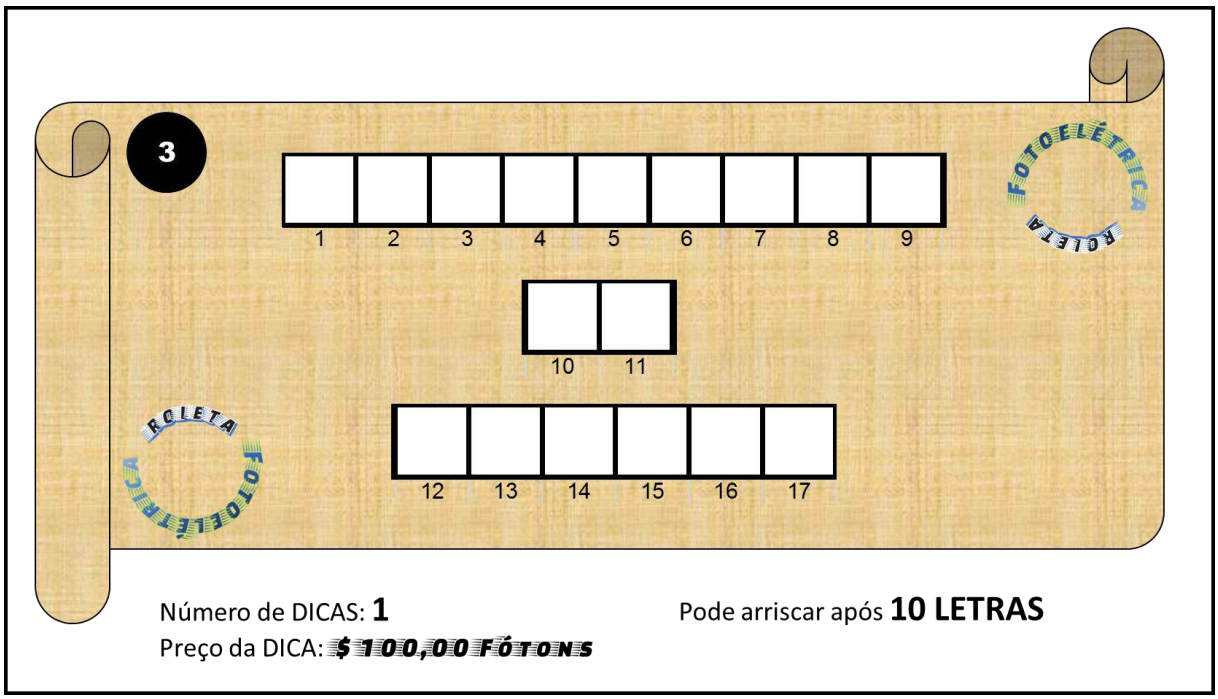
Número de DICAS: **1**
Preço da DICA: ***$ 150,00 FÓTONS***

Pode arriscar após **5 LETRAS**



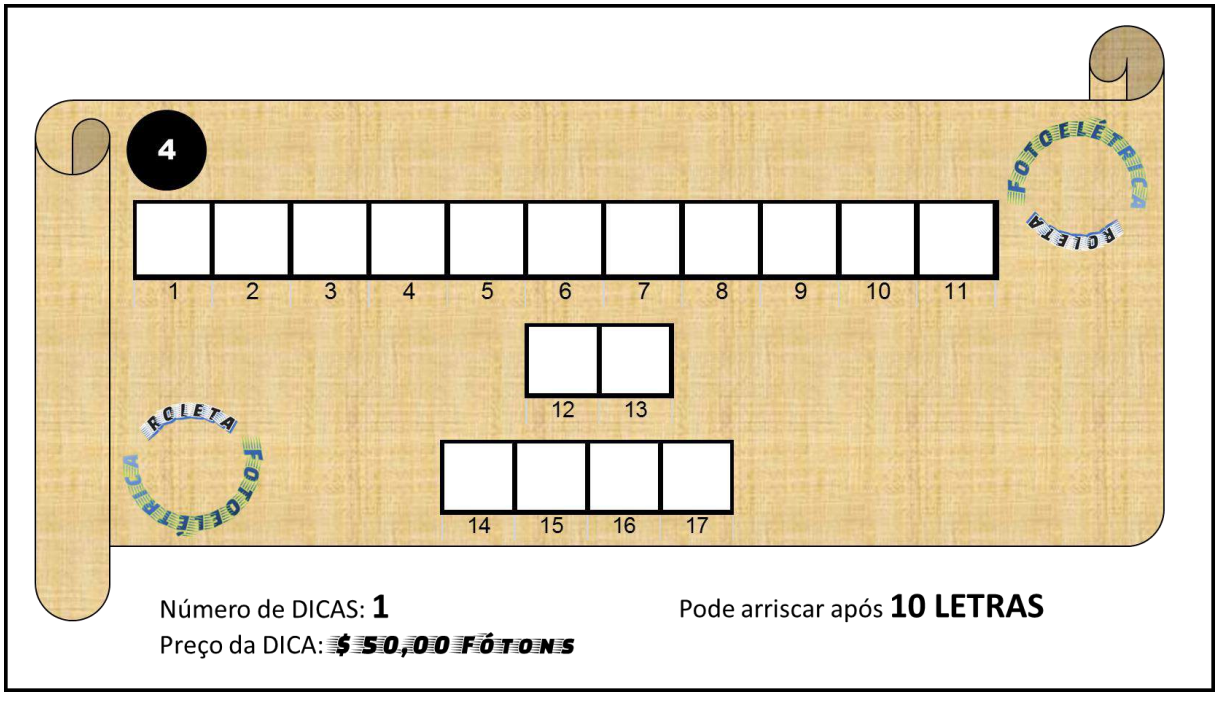
Número de DICAS: **1**
Preço da DICA: ***$ 150,00 FÓTONS***

Pode arriscar após **4 LETRAS**



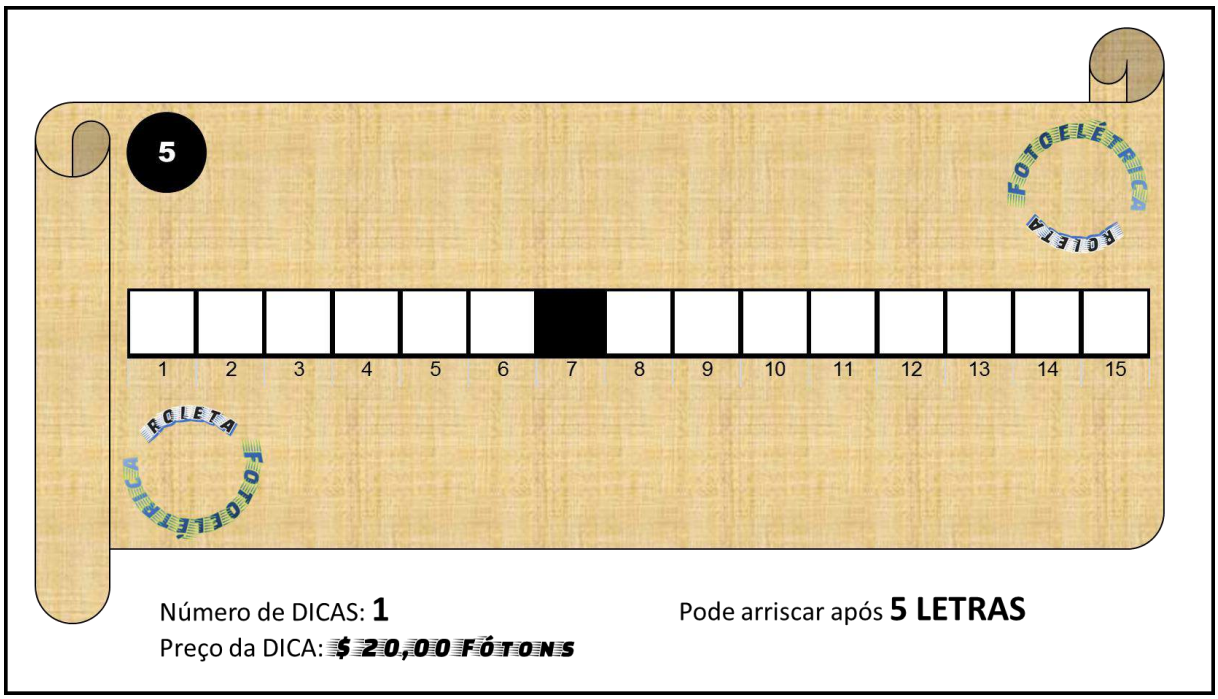
Número de DICAS: **1**
Preço da DICA: ***$ 100,00 FÓTONS***

Pode arriscar após **10 LETRAS**



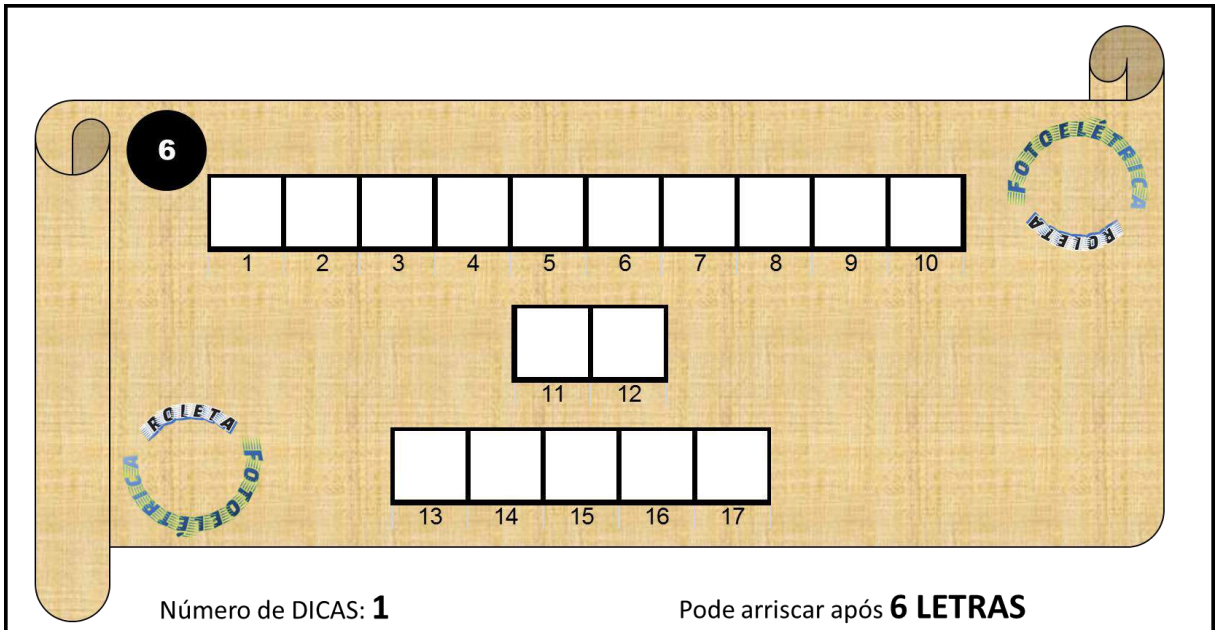
Número de DICAS: **1**
Preço da DICA: ***$ 50,00 FÓTONS***

Pode arriscar após **10 LETRAS**



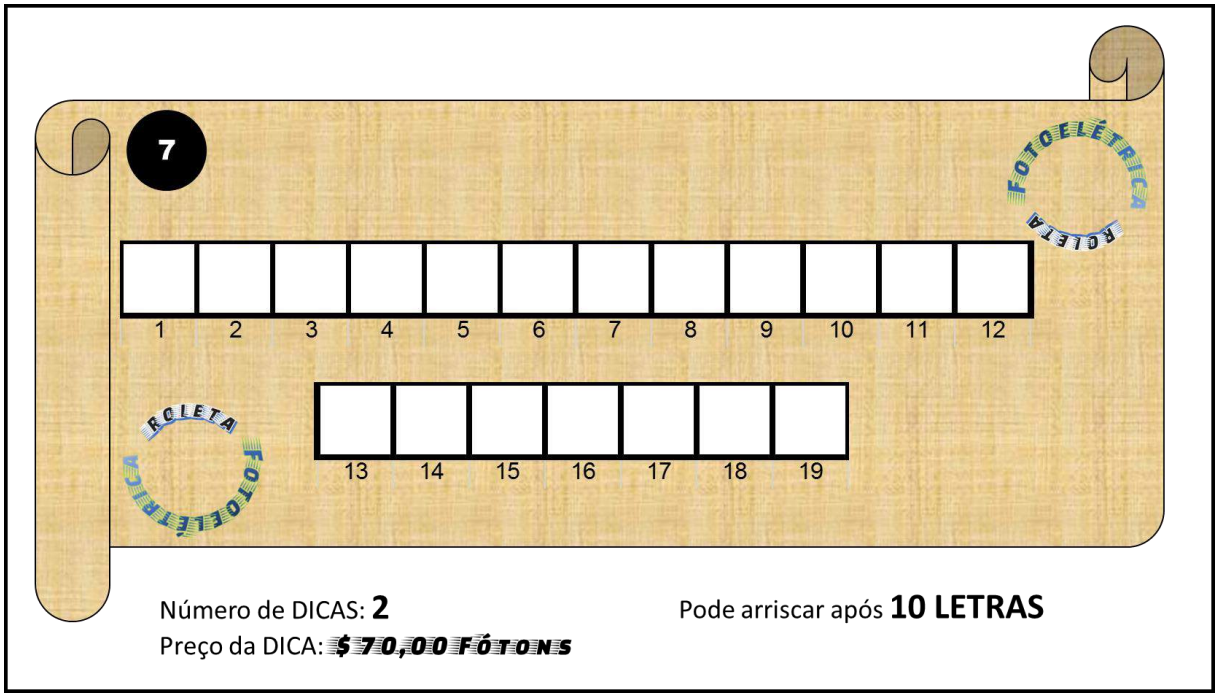
Número de DICAS: **1**
Preço da DICA: ***$ 20,00 FÓTONS***

Pode arriscar após **5 LETRAS**



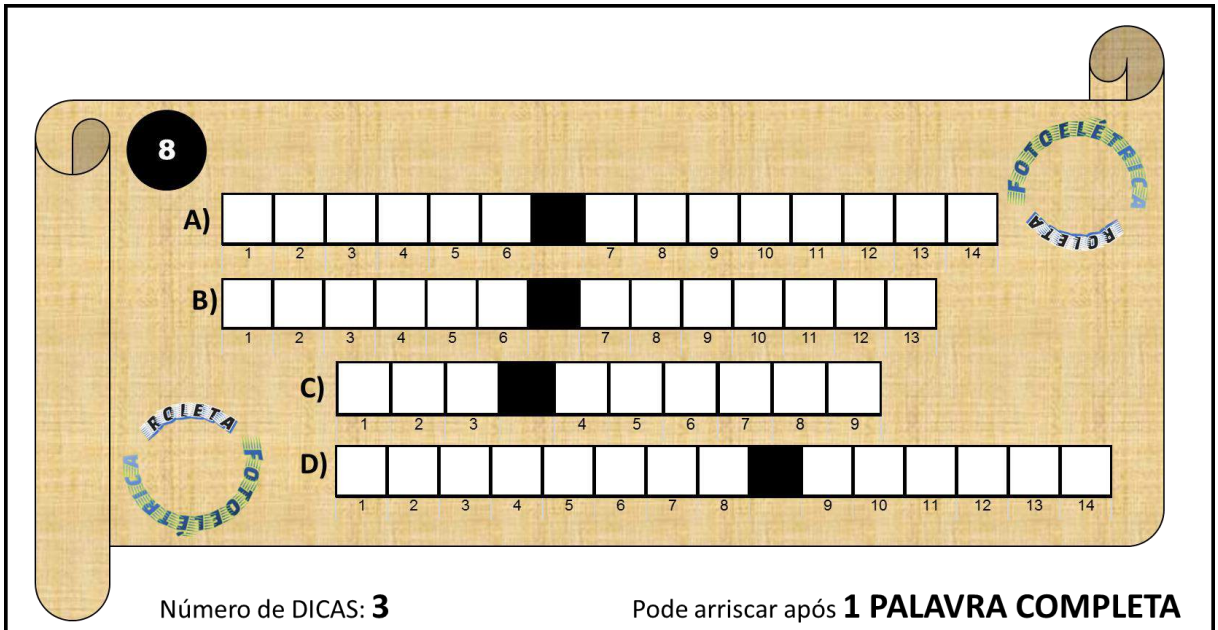
Número de DICAS: **1**
Preço da DICA: ***$ 30,00 FÓTONS***

Pode arriscar após **6 LETRAS**



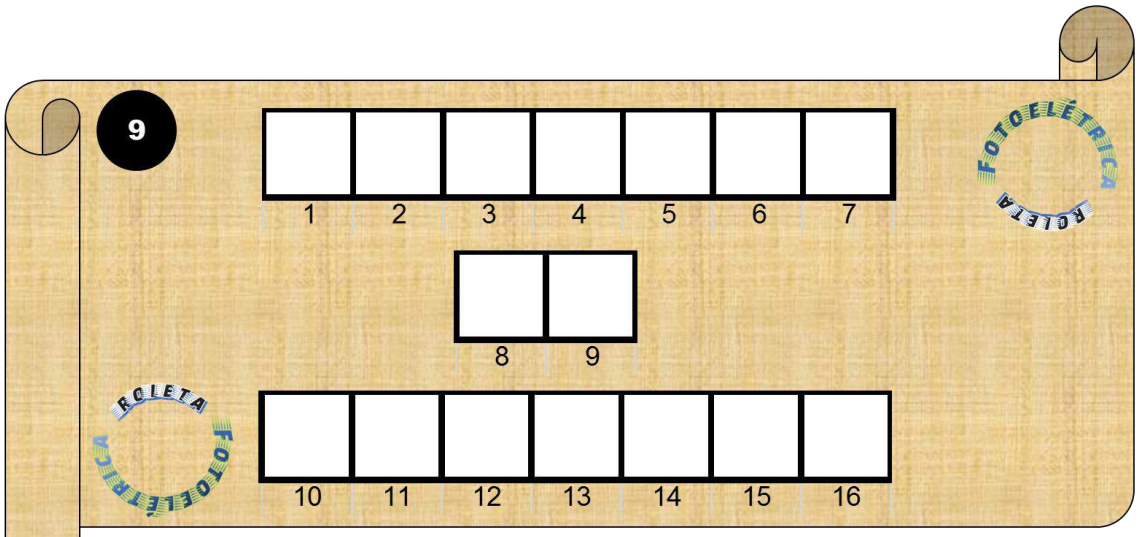
Número de DICAS: **2**
Preço da DICA: ***$ 70,00 FÓTONS***

Pode arriscar após **10 LETRAS**



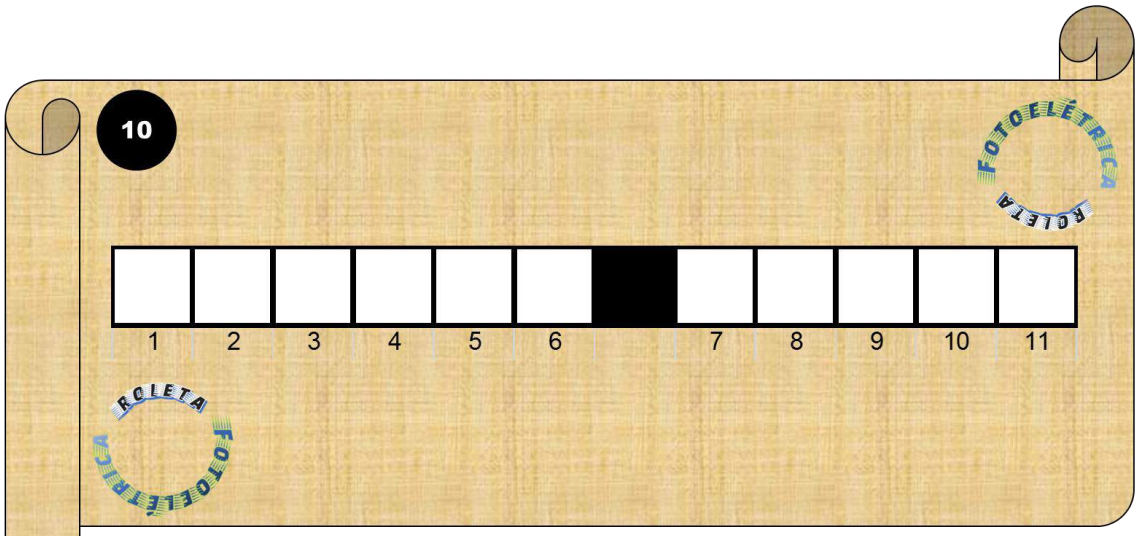
Número de DICAS: **3**
Preço da DICA: ***$ 50,00 FÓTONS***

Pode arriscar após **1 PALAVRA COMPLETA**
Preço de uma consoante: ***$ 400,00 FÓTONS***



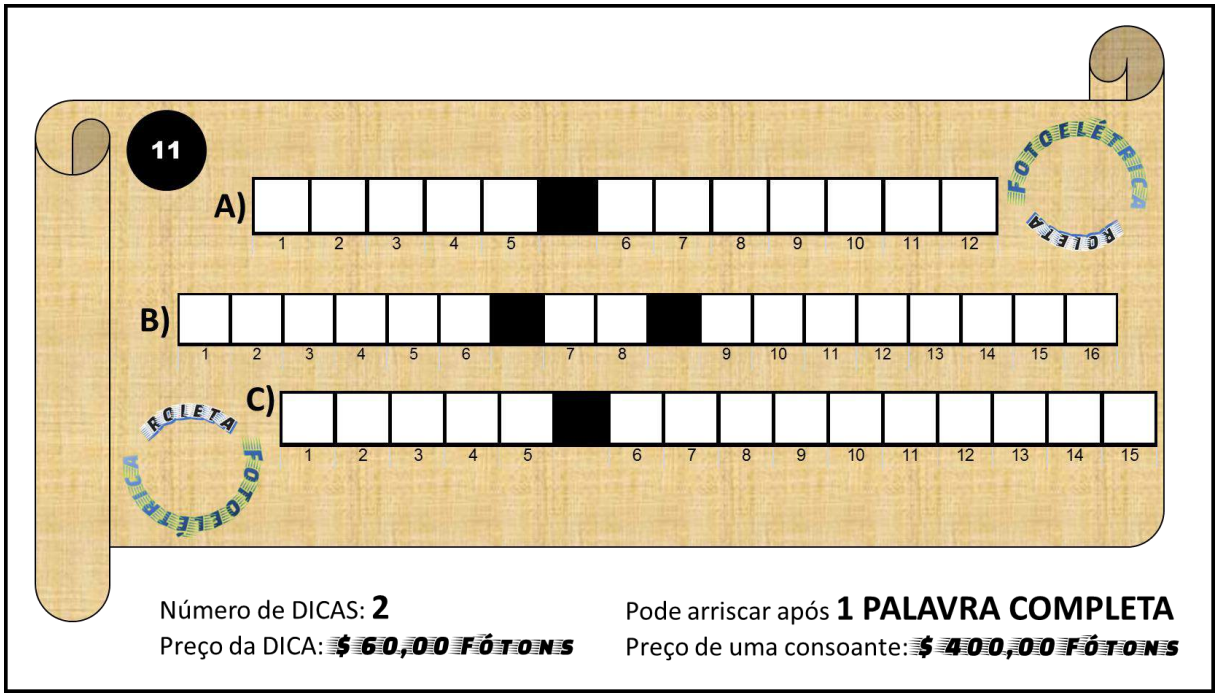
Número de DICAS: **1**
Preço da DICA: ***$ 80,00 FÓTONS***

Pode arriscar após **8 LETRAS**



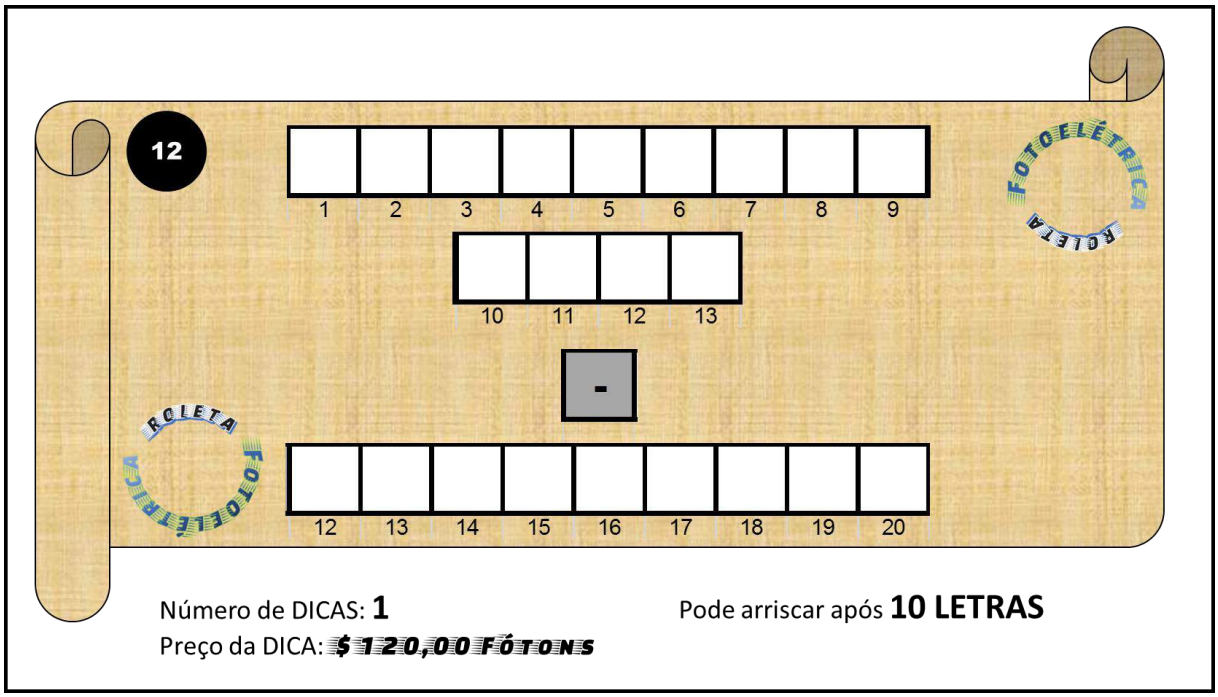
Número de DICAS: **1**
Preço da DICA: ***$ 150,00 FÓTONS***

Pode arriscar após **5 LETRAS**



Número de DICAS: **2**
Preço da DICA: ***$ 60,00 FÓTONS***

Pode arriscar após **1 PALAVRA COMPLETA**
Preço de uma consoante: ***$ 400,00 FÓTONS***



Número de DICAS: **1**
Preço da DICA: ***$ 120,00 FÓTONS***

Pode arriscar após **10 LETRAS**

FOTOELÉTRICA ROLETA

1

Q	U	A	N	T	U	M
1	2	3	4	5	6	7

Dica: *menor quantidade de alguma coisa*

FOTOELÉTRICA ROLETA

2

F	Ó	T	O	N
1	2	3	4	5

Dica: *partículas de luz*

FOTOELÉTRICA ROLETA

3

C	O	N	S	T	A	N	T	E
1	2	3	4	5	6	7	8	9

D	E
10	11

P	L	A	N	C	K
12	13	14	15	16	17

Dica: *diferencia valores clássicos de quânticos*

FOTOELÉTRICA ROLETA

4

C	O	M	P	R	I	M	E	N	T	O
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

D	E	■	O	N	D	A
12	13		14	15	16	17

Dica: Em um feixe de luz, *se esse elemento for menor, os elétrons são mais energéticos, pois a frequência é maior*

FOTOELÉTRICA ROLETA

5

F	U	N	Ç	Ã	O
1	2	3	4	5	6

T	R	A	B	A	L	H	O
8	9	10	11	12	13	14	15

Dica: energia mínima para que um elétron possa se desprender do metal ao qual está preso por forças elétricas

FOTOELÉTRICA ROLETA

6

F	R	E	Q	U	Ê	N	C	I	A
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

D	E	■	C	O	R	T	E
11	12		13	14	15	16	17

Dica: Se a frequência da luz for maior que _____ o material poderá emitir um fóton

FOTOELÉTRICA ROLETA

7

E	S	P	A	L	H	A	M	E	N	T	O
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

C	O	M	P	T	O	N
13	14	15	16	17	18	19

Dica: Raios X espalhados têm comprimento de onda maior que o comprimento de onda dos raios incidentes

FOTOELÉTRICA ROLETA

8

A)

A	L	B	E	R	T	■	E	I	N	S	T	E	I	N
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14

B)

A	R	T	H	U	R	■	C	O	M	P	T	O	N
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13

C)

M	A	X	■	P	L	A	N	C	K
1	2	3		4	5	6	7	8	9

D)

P	H	I	L	I	P	P	E	■	L	E	N	A	R	D
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14

Dica 1: Grandes cientistas relacionados ao efeito fotoelétrico
Dica 2: constante famosa na Mecânica Quântica
Dica 3: espalhamento

FOTOELÉTRICA ROLETA

9

P	A	C	O	T	E	S	■	D	E	■	E	N	E	R	G	I	A
1	2	3	4	5	6	7		8	9		10	11	12	13	14	15	16

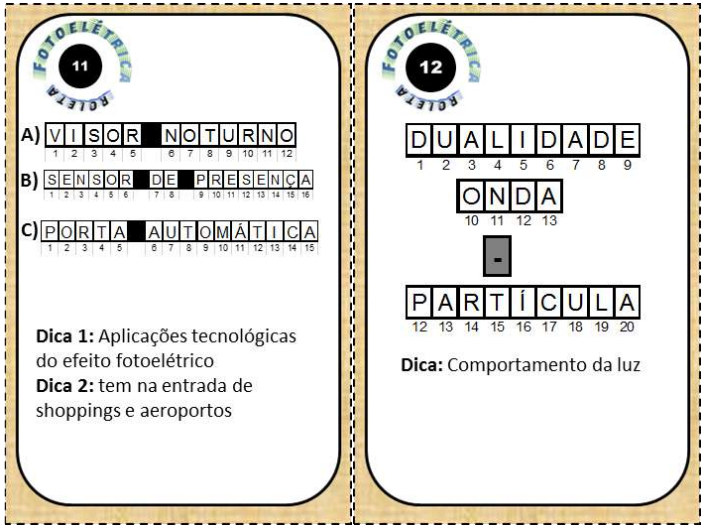
Dica: Como a luz de determinadas frequências está constituída

FOTOELÉTRICA ROLETA

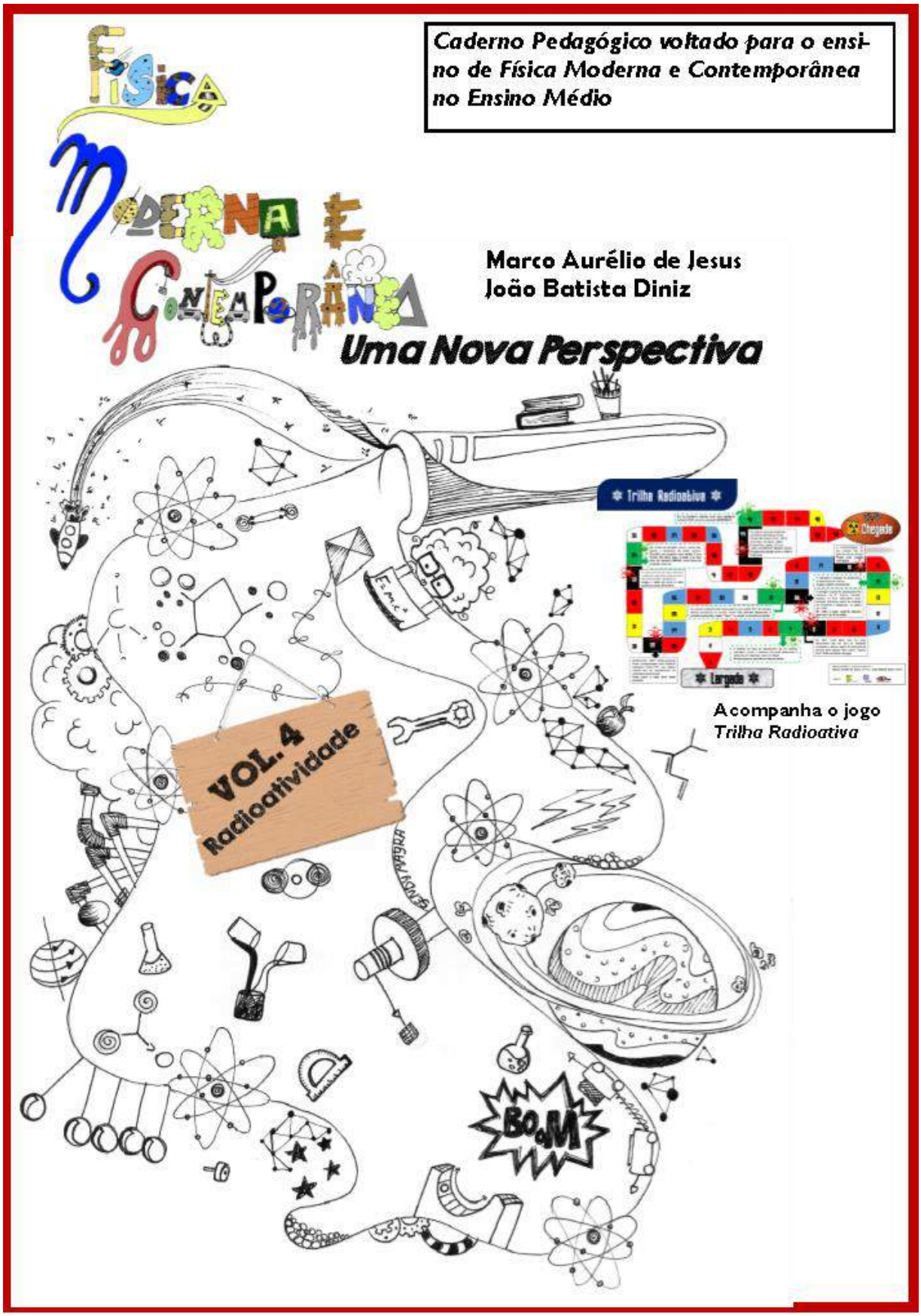
10

P	R	Ê	M	I	O	■	N	O	B	E	L
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11

Dica: Albert Einstein


FOTOELÉTRICA ROLETA
11
A) VISOR NOTURNO
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
B) SENSOR DE PRESENÇA
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
C) PORTA AUTOMÁTICA
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
Dica 1: Aplicações tecnológicas do efeito fotoelétrico
Dica 2: tem na entrada de shoppings e aeroportos
FOTOELÉTRICA ROLETA
12
DUALIDADE
1 2 3 4 5 6 7 8 9
ONDA
10 11 12 13
-
PARTÍCULA
12 13 14 15 16 17 18 19 20
Dica: Comportamento da luz

APÊNDICE I – FMC: UMA NOVA PERSPECTIVA, VOL 4



Transmissão de Calor

Isso você já estudou! RECORDANDO Isso você já estudou!

Como já vimos anteriormente, calor é uma forma de energia associada ao estado de agitação das partículas que compõem um determinado corpo e pode ser transmitida de um corpo de maior temperatura para outro de menor temperatura por três processos diferentes:

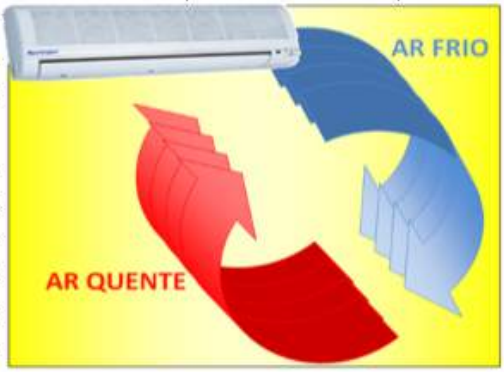
a **condução**, a **convecção** e a **radiação**.

CONDUÇÃO

Para que ocorra o processo de condução é necessário o contato entre os corpos, quando o corpo de menor temperatura recebe energia térmica de um corpo de maior temperatura fazendo com que seus átomos vibrem com maior intensidade, passando essa energia de uma molécula para outra. É o que ocorre, por exemplo, ao levar uma panela de alumínio ao fogo. Inicialmente o fundo da panela se aquece, o calor se espalha por todo o objeto e depois de algum tempo exposta à chama, toda a panela fica aquecida devido ao contato direto com o fogo.

CONVECÇÃO

A convecção ocorre somente em **fluídos** (líquidos e gases) e a energia térmica se propaga pelos movimentos das camadas dos fluidos ao serem aquecidas ou resfriadas. Supondo um líquido contido em um recipiente e aquecido por uma chama posicionada abaixo do recipiente. Uma massa do líquido ao ser aquecida sofre expansão, diminui sua densidade e sobe, enquanto uma massa fria (mais densa que a primeira) desce para ocupar o lugar deixado pela massa quente. Ao descer, essa ultima é igualmente aquecida e também sobe, obrigando outra massa do líquido a descer, gerando um ciclo denominado corrente de convecção. Para aproveitar corretamente as correntes de convecção em um cômodo de uma casa, os aparelhos condicionadores de ar devem ser instalados no alto, enquanto os aquecedores devem ser instalados próximos ao chão.



RADIAÇÃO

O calor, é uma onda eletromagnética (o infravermelho, cuja frequência se encontra entre 10^{11} e 4×10^{14} hertz), logo não precisa de um meio material para se propagar, o que explica como a radiação solar chega até a Terra, viajando através do vácuo. Na radiação, uma fonte emite calor a um corpo que reflete parte da energia térmica e absorve a outra parte dessa energia, ocasionando o aumento da agitação das partículas do corpo e, consequentemente elevando a sua temperatura.

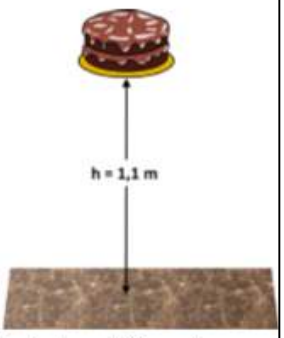
Radioatividade

Você provavelmente já ouviu falar em radiação, sobretudo em sua parte nociva à saúde humana. Agora você vai estudar um pouco sobre os processos de radioatividade, semelhantes aos da propagação de calor.

Da mesma forma que o calor, outras formas de energia podem se propagar de uma fonte emissora para um receptor seja por meio de ondas ou por meio de partículas. A fonte emissora pode ser natural como o Sol ou artificial como tubos de imagem de aparelhos televisores e monitores de computadores antigos, contudo, em ambos os casos, tal emissão se dá devido a fenômenos nucleares. A ocorrência de desintegração espontânea do núcleo do átomo de um determinado elemento e consequentemente a emissão de partículas ou ondas eletromagnéticas decorrentes desse processo caracteriza o fenômeno da **radioatividade**. Mas vamos por partes...

Imagine um bolo de chocolate...
É um terror para quem está de dieta, tentando perder alguns quilinhos indesejáveis, isso porque esse tipo de alimento tem um alto valor energético, cuja medição é dada nas famigeradas calorias. Ou seja, o bolo de chocolate pode proporcionar ao seu consumidor uma grande quantidade de energia... além de uma barriguinha saliente!

Podemos analisar também, do ponto de vista da Física Clássica a Energia Potencial Gravitacional desse mesmo bolo quando ele está em cima de uma mesa: como sabemos o valor da aceleração da gravidade, se soubermos a massa do bolo e a altura da mesa em relação ao solo, poderemos determinar sua Energia Potencial Gravitacional.

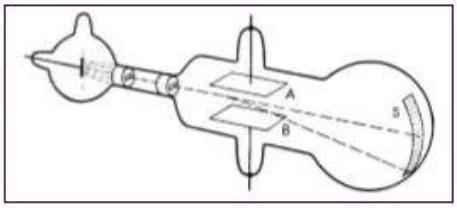


Exemplo:
Massa do bolo: 500 g = 0,5 kg
Altura da mesa: 1,1 m
Aceleração da gravidade: 9,8 m/s²
Epg = m.g.h = 0,5 . 9,8 . 1,1 = ***5,39 J***

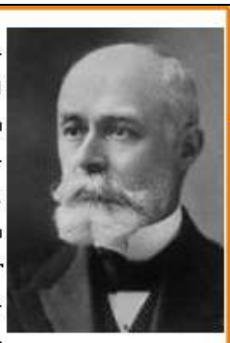
Mas, você sabia que esse bolo poderia fornecer muito mais energia do que simplesmente os valores nutricionais e energia potencial citados anteriormente?

Albert Einstein mostrou na teoria da relatividade restrita que até mesmo uma pequena quantidade de matéria pode ser convertida em uma energia muito intensa. Contudo, esse processo não é fácil de ser visualizado em nosso dia-a-dia, portanto não espere utilizar um bolo de chocolate para abastecer sua casa de energia elétrica.
Fenômenos como esse só ocorrem nos núcleos dos átomos de alguns elementos químicos bem específicos e são determinados pelas características do núcleo dos átomos que veremos mais adiante. Agora vamos ver um pouco de **história da radioatividade:**

No final do século XIX alguns cientistas descobriram que havia materiais que liberavam espontaneamente partículas ou ondas eletromagnéticas, sem que fossem perceptíveis as alterações em suas estruturas.
Tal constatação começou a ser sistematizada durante um experiência com um **tubo de raios catódicos**, que é um dispositivo basicamente composto de um tubo de vidro fechado à vácuo, em cujo interior há dois condutores metálicos; o primeiro, ao ser aquecido emite elétrons denominados raios catódicos e o segundo condutor capta os elétrons e os direciona para uma tela luminescente (o mesmo ocorre em tubos de imagem de televiso-



Em 1895, o físico alemão **Wilhelm Röntgen** (1845-1923) estava realizando um estudo com um tubo de raios catódicos e cobriu o dispositivo de modo que o mesmo não podia emitir nenhuma luminosidade. Ao acionar o tubo notou que uma placa coberta de platinocianeto de bário (detalhe: a barra não fazia parte do experimento) **emitiu uma luz fluorescente** que se manteve enquanto o tubo esteve ligado. Acidentalmente Röntgen descobriu um tipo de radiação invisível, com uma grande **capacidade de atravessar a matéria e capaz de ionizar o ar**. Usando sua esposa Bertha como "cobaia", o cientista pôs a mão da mesma sobre uma chapa fotográfica e incidiu a radiação nela, de modo que na chapa foi possível visualizar os ossos da mãe de Bertha e até mesmo o anel que ela usava. Estava criada a radiografia e a essa radiação Röentgen deu o nome de **Raios-X** por não saber do que se tratava, mas rendeu-lhe o Prêmio Nobel de Física em 1901.



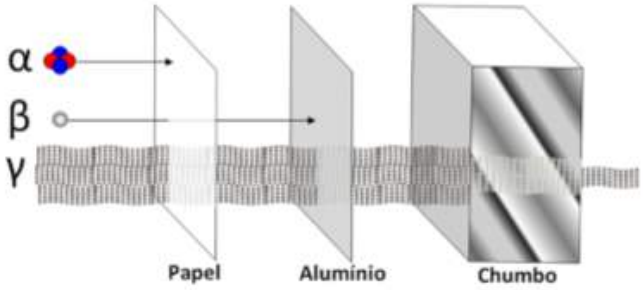
Em 1896, o físico francês **Henri Becquerel** (1852-1908) realizou um experimento com sulfato duplo de urânio, cujos cristais emitiram radiação detectada por placas de filmes fotográficos. Entretanto, diferente do experimento de Röntgen, os cristais de Becquerel não eram luminescentes nem precisavam ser excitados por um emissor de radiação, o que o levou a concluir que o **urânio**, assim como outros elementos, **possui radiação espontânea**. Seus feitos lhe proporcionaram a honra de dividir o Prêmio Nobel de Física de 1903 com o famoso casal Curie.

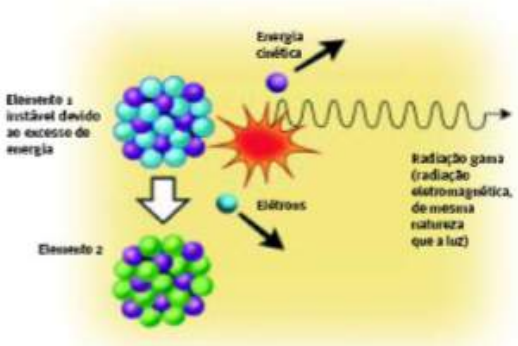
Os célebres **Pierre** (1859-1906) e **Marie Curie** (1867-1934), expoentes da Física no estudo da radiação, descobriram em 1898 o **polônio** e o **rádio**, dois outros elementos que são espontaneamente radioativos. Como já fora citado, dividiram Prêmio Nobel de Física de 1903 com Becquerel, mas após a morte de Pierre, Marie prosseguiu com as pesquisas e em 1911, foi-lhe concedido o Prêmio Nobel de Química:

"O Prêmio Nobel de Química de 1911 foi atribuído a Marie Curie, 'em reconhecimento pelos seus serviços para o avanço da Química pela descoberta dos elementos rádio e polônio, pelo isolamento do rádio e o estudo da natureza dos compostos deste elemento'."
Texto da entrega do Nobel de Química de 1911

O físico neozelandês **Ernest Rutherford** (1871-1937) em 1899 realizou um estudo do urânio radioativo e detectou dois tipos de radiação: as **partículas alfa (α)**, constituídas de núcleos de hélio e as **partículas beta (β)**, formadas por feixes de elétrons ou pósitrons, sendo ambas dotadas de massa e carga elétrica e emitidas para que o átomo se torne estável. Um ano depois, Rutherford descobriu os **raios gama (γ)**, um tipo de radiação sem massa ou carga elétrica, mas cujo poder de penetração na matéria é tão intenso que é necessária uma grossa camada de chumbo para contê-la. Por sua vez, as partículas alfa mal atravessam uma folha de papel, enquanto as partículas beta podem ser contidas até por uma folha de alumínio.

Contudo, em cada emissão de partículas alfa e beta de um elemento ocorre uma variação no número de prótons do núcleo atômico e isso implica na **transformação desse elemento em outro**, com características químicas distintas, também conhecida como transmutação. O processo pelo qual esse elemento tem sua massa e atividade nucleares reduzidas em virtude de ter "perdido" partículas dotadas de massa é conhecido como **decaimento radioativo.**





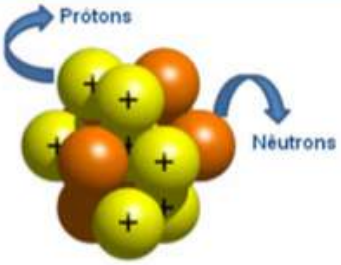
O decaimento radioativo de um átomo pode inclusive revelar a idade de um determinado objeto, de rochas, artefatos ou outras descobertas arqueológicas, geológicas e antropológicas. Ao tempo necessário para que uma substância tenha a sua quantidade de átomos radioativos reduzida pela metade, é dado o nome de **meia-vida**. Conhecendo o decaimento de um isótopo do carbono, o carbono-14 e sua meia-vida, é possível estimar a idade do objeto da pesquisa.

Entretanto, o decaimento radioativo pode ser extremamente perigoso à saúde, visto que pode causar mutações celulares, câncer e outras enfermidades, podendo ser mortal se a exposição for prolongada ou se o nível de radiação for muito intenso.

Em 1987, na cidade de Goiânia – GO, pessoas foram contaminadas (inclusive quatro morreram) por um material radioativo que estava contido em um equipamento de radiologia abandonado e encontrado num ferro velho. O material é um isótopo radioativo denominado Césio - 137 e provocou o maior acidente radioativo mundial fora de uma usina nuclear

O instrumento geralmente utilizado para medir níveis de radiação é denominado **Contador Geiger** e foi inventado por Hans Geiger em 1908. O aparelho é composto de um tubo de argônio que ao ser atravessado por partículas alfa e beta se ioniza e permite a passagem de corrente elétrica, acionando o contador.

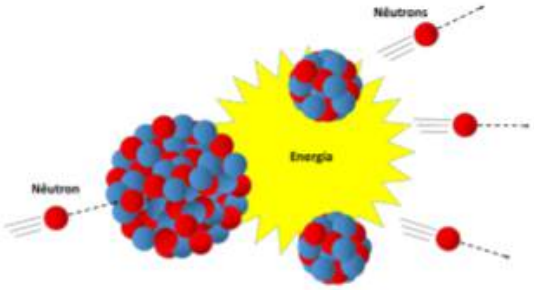
Energia Nuclear

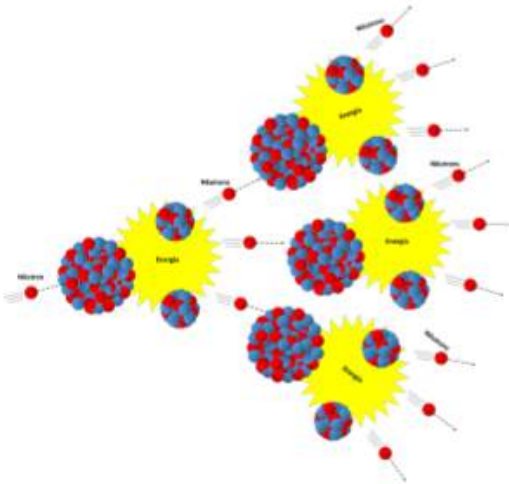


O núcleo do átomo é constituído de prótons (carga positiva) e nêutrons (sem carga). Como os prótons possuem a mesma carga, sua tendência é se repelir fortemente.

Mas então, por que os prótons continuam juntos no núcleo atômico? É por causa de uma das forças fundamentais denominada **interação nuclear forte**. É simplesmente a maior força da natureza, responsável por manter o núcleo do átomo estável, resultando em uma intensa energia de ligação dos núcleos ou simplesmente **energia nuclear**.

Essa energia pode ser liberada por um processo chamado de **fissão nuclear**, no qual o núcleo de um átomo "pesado" (muitos prótons e nêutrons) é dividido em dois núcleos mais leves. Para isso é necessário que esse átomo sofra o impacto de um nêutron, o que libera duas coisas: a energia que mantinha o núcleo estável (e consequentemente muito calor) e mais alguns nêutrons.



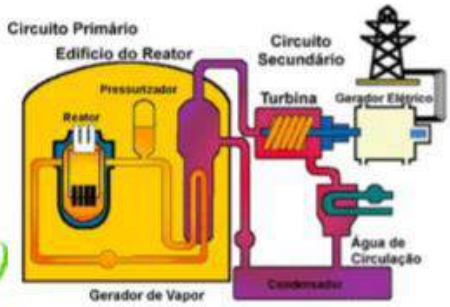


Esses nêutrons atingem outros núcleos e o processo se repete, gerando a conhecida **reação em cadeia.**

Uma das formas de interromper a reação em cadeia é absorver os nêutrons, tarefa que nas usinas nucleares cabe ao cádmio, cujas barras são imersas nos reatores para interromper a fissão nuclear.

Essa energia pode ser utilizada de maneira benéfica na produção de energia elétrica. É o que ocorre em uma usina nuclear. Um reator nuclear evapora uma grande quantidade de água, que por sua vez faz girar um turbina, gerando assim energia elétrica.

O Brasil possui um complexo nuclear localizado no estado do Rio de Janeiro: as usinas de Angra dos Reis, que suprem um terço do consumo de energia elétrica do estado e 3% do consumo nacional.



A radioatividade é utilizada no diagnóstico e tratamento de doenças, como o câncer.

Mas também pode causar problemas, sobretudo quando usada para outros fins que não sejam pacíficos. Em 1945, os EUA lançaram duas bombas nucleares sobre as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki, forçando a rendição do Japão na 2ª Guerra Mundial.

Ao longo da história, os três maiores acidentes nucleares foram:
Three Mile Island (EUA, 1979);
Chernobyl (Ucrânia, 1986);
Fukushima (Japão, 2011)

Há ainda um sério problema que é o lixo radioativo, resultado de processos nucleares. Atualmente a medida mais utilizada é o seu depósito em tonéis feitos de materiais resistentes e posteriormente seu confinamento em galerias rochosas, longe de lençóis de água.

APÊNDICE J – REGRAS DA TRILHA RADIOATIVA

BEM VINDOS!

Se você chegou a este jogo, provavelmente teve acesso à obra "***Física Moderna e Contemporânea – uma nova perspectiva - Vol. 4***" e pôde entender a importância desse tema para o avanço científico e tecnológico. Provavelmente também se espantou com algumas coisas, mas toda ciência "nova" tem alguns aspectos intrigantes. E é exatamente isso que queremos desmistificar. Longe de ser um bicho de sete cabeças, a Física Moderna e Contemporânea deve ser estudada no Ensino Médio para que alunos e professores possam conhecer, argumentar e chegar a conclusões juntos. E nossa proposta não é isolar o assunto em capítulos finais dos livros e sim tratar o tema em paralelo com a Física Clássica. Neste jogo você terá a oportunidade de verificar sua aprendizagem ao mesmo tempo em que se diverte. Siga a TRILHA e bom jogo!

Os autores

Trilha Radioativa

Agora que você já estudou sobre a Radioatividade, que tal se divertir com nossa **TRILHA RADIOATIVA**?

Composição do jogo:
1 Trilha
5 pinos de cores diferentes
1 dado comum
27 cartas vermelhas contendo perguntas específicas sobre Radioatividade
14 cartas azuis contendo perguntas de conhecimentos gerais
8 cartas amarelas contendo "mico"

Trilha: Uma sequência que vai da "Largada" à "Chegada", percorrendo 50 casas enumeradas e coloridas. Cada cor das casas indica uma ação:

BRANCA: Casa livre – não há desafio, "mico", penalidade ou bônus;

AMARELA: "Mico" – representa algum tipo de desafio engraçado, que o jogador deve realizar. Para isso, retira uma carta amarela do monte de cartas;

VERMELHA: Desafio – Perguntas específicas sobre Radioatividade. Para isso, retira uma carta vermelha do monte de cartas;

AZUL: Desafio – Perguntas de conhecimentos gerais. Para isso, retira uma carta azul do monte de cartas;

VERDE: Bônus – O jogador recebe alguma bonificação no jogo. Em cada casa está escrita a respectiva bonificação, além de um pequeno texto sobre os aspectos positivos da radioatividade;

PRETA: Penalidade – O jogador recebe alguma penalidade no jogo. Em cada casa está escrita a respectiva penalidade, além de um pequeno texto sobre os malefícios e problemas da radioatividade;

REGRAS DO JOGO

Número de participantes: de 2 a 5 jogadores

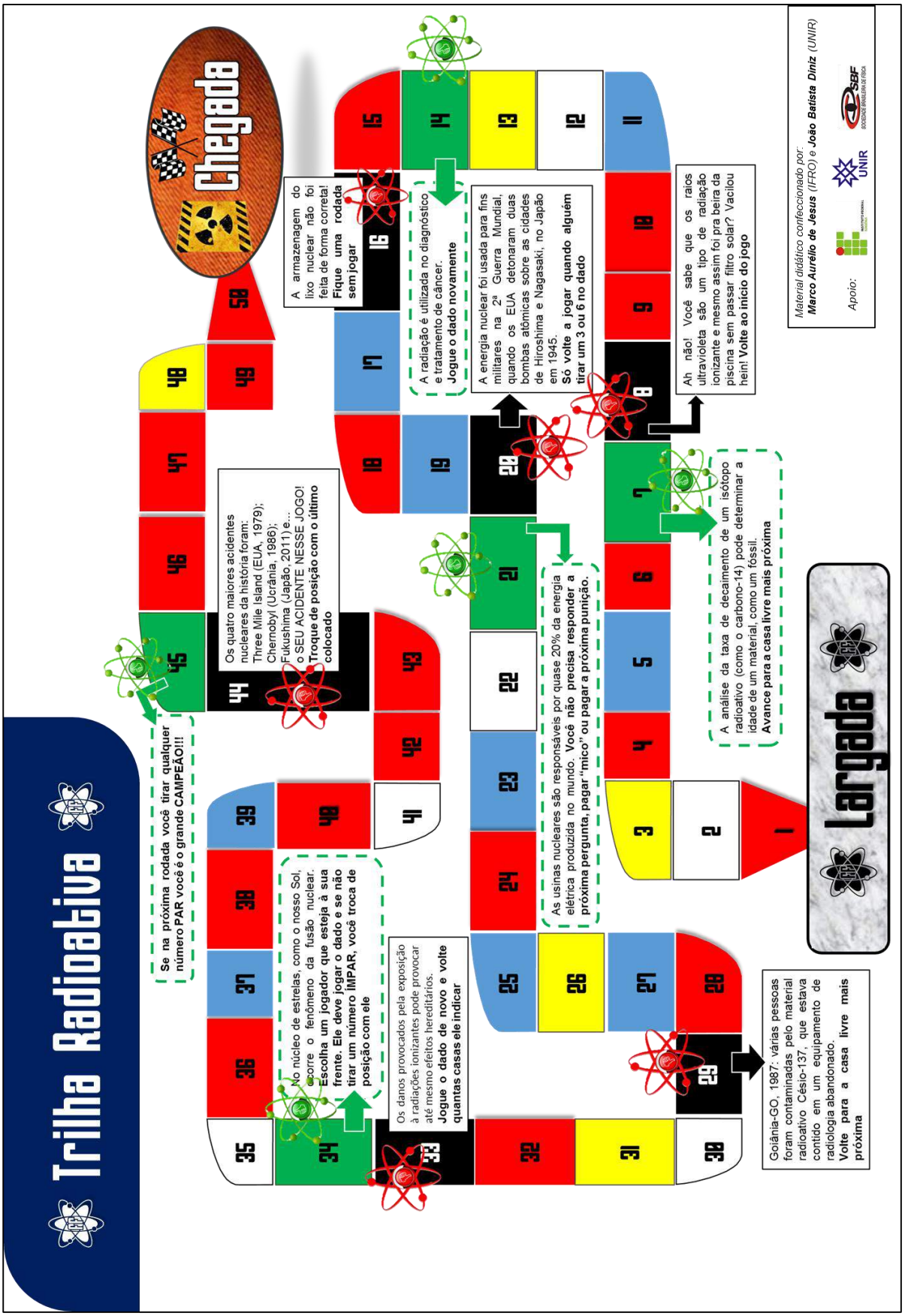
Tempo de jogo: Não estipulado. Os jogadores devem jogar até um deles alcançar a "Chegada"

1) Todos os jogadores jogam o dado. Quem obtiver o maior valor escolhe a cor de seu pino e começa o jogo; o segundo maior valor é o próximo a jogar e assim sucessivamente. Em caso de empate, joga-se o dado novamente até o desempate. Essa rodada é apenas para definir a **ordem de jogadas**, portanto os jogadores ainda **não vão correr as casas**.
2) Agora o jogo realmente começa! O jogador 1 lança o dado e corre a quantidade de casas que o dado indicar.
   - Se cair em uma casa BRANCA nada ocorre e o próximo jogador lança o dado;
   - Se cair em uma casa AMARELA, um outro jogador retira do monte de cartas amarelas um "mico", que o jogador da vez deve executar. Se ele não executar o "mico" da forma que está especificada na carta, não joga a próxima rodada;
   - Se cair em uma casa VERMELHA, um outro jogador retira do monte de cartas vermelhas (na ordem em que está, sem escolher a carta) uma pergunta específica sobre Radioatividade e, sem deixar o jogador da vez ver a parte interna da carta, lê a pergunta e as opções de respostas. Se o Jogador da vez acertar, tem o direito de permanecer na casa onde está, mas se errar, volta para casa em que estava antes de jogar o dado;
   - Se cair em uma casa AZUL, um outro jogador retira do monte de cartas azuis (na ordem em que está, sem escolher a carta) uma pergunta de conhecimentos gerais e, sem deixar o jogador da vez ver a parte interna da carta, lê a pergunta e as opções de respostas. Se o Jogador da vez acertar, tem o direito de permanecer na casa onde está, mas se errar, volta para casa em que estava antes de jogar o dado;
   - A carta retirada vai para o fundo do monte, passando a ser a última;
   - Se cair em uma casa VERDE, deve ler a informação e executar a ação correspondente à sua bonificação. Se o bônus é de avançar casas ou jogar novamente, o jogador **não precisa executar as tarefas da casa em que cair**;
   - Se cair em uma casa PRETA, deve ler a informação e sofrer a penalidade correspondente. Se a penalidade é de voltar casas o jogador **não precisa executar as tarefas da casa em que cair**;
3) Para GANHAR o jogo, um jogador deve lançar o dado e obter o valor exatamente igual ao necessário para alcançar a "Chegada", caso contrário, volta o número de casas que excederam esse valor.

Por exemplo: Um jogador que está na casa 47, para vencer deve obter no dado o número 4 (seria contado assim: "48, 49, 50 e Chegada"). Se o tirar um 6, vai parar na casa 49 (contando: "48, 49, 50, Chegada, 50 e 49). Nesse caso, se já tiver passado pela "Chegada" **não precisa executar as tarefas da casa em que cair.**

BOM DIVERTIMENTO E BOM APRENDIZADO A TODOS!

APÊNDICE K – MATERIAL DE IMPRESSÃO DA TRILHA



CARTA VERMELHA – PERGUNTAS ESPECÍFICAS SOBRE RADIOATIVIDADE

1. Quando um elemento X emite partícula beta, transforma-se em Y. Os elementos X e Y são: a) isótopos b) isóbaros c) isótonos d) isoeletrônicos	**2.** A bomba de hidrogênio é um exemplo de reação nuclear: a) do tipo fissão; b) onde ocorre apenas emissão de raios alfa; c) onde ocorre apenas emissão de raios beta; d) do tipo fusão;	**3.** Qual dos cientistas citado abaixo não está diretamente relacionado à radioatividade? a) Ernest Rutherford b) Marie Curie c) Henri Becquerel d) Galileu Galilei
4. Os valores da massa e carga de uma partícula beta negativa (b-) indicam que esta é idêntica ao: a) átomo de hidrogênio b) átomo de hélio c) próton d) elétron	**5.** Quem descobriu a radioatividade, em 1896? a) Isaac Newton b) Antoine Becquerel c) Albert Einstein d) Santos Dumont	**6.** Atualmente, qual o método mais utilizado para resolver o problema do lixo nuclear proveniente das usinas? a) reciclagem b) descarte no mar c) armazenagem em contêineres e depósitos de concreto ou rocha d) envio para estações espaciais
7. Uma das mais célebres cientistas do mundo foi a polonesa Marie Curie (1867-1934). Dentre as opções abaixo, qual **NÃO** foi uma realização dessa cientista? a) Descoberta do elemento químico Polônio b) Descoberta do elemento químico Rádio c) Dois Prêmios Nobel de Física d) Desenvolvimento da fissão nuclear	**8.** Em 1895, o físico alemão Wilhelm Röntgen descobriu um tipo de radiação capaz de atravessar a matéria, que ele denominou "Raios-X". Ele inclusive fez a primeira radiografia da história, e usou como "cobaia": a) seu cachorro, Svent b) sua esposa, Bertha c) um rato que ele chamou de Radius d) ele mesmo	**9.** O tempo necessário para que uma substância tenha a sua quantidade de átomos radioativos reduzida pela metade é denominado: a) meia-vida b) tempo médio c) meia incidência d) velocidade média nuclear

10. Entre as alternativas abaixo, relacionadas à Radioatividade, qual a afirmação **INCORRETA**? a) o poder de penetração na matéria das partículas alfa é menor que o das partículas beta. b) quando um núcleo radioativo emite uma partícula beta, seu número de massa aumenta de uma unidade e o seu número atômico não se altera. c) a radioatividade é a propriedade que os núcleos atômicos instáveis possuem de emitirem partículas e radiações eletromagnéticas para se transformarem em outros núcleos mais estáveis. d) a velocidade de desintegração radioativa é proporcional ao número de átomos radioativos presentes na amostra.	**11.** Considere os seguintes materiais: I – Artefato de bronze (confeccionado pela civilização inca). II – Mangueira centenária (que ainda produz frutos nas ruas de Belém do Pará). III – Corpo humano mumificado (encontrado em tumbas do Egito antigo). O processo de datação, por carbono-14, é adequado para estimar a idade apenas: a) do material I b) do material II c) do material III d) dos materiais I e II	**12.** Wilhelm Röntgen (1845-1923) estava realizando um estudo com um tubo de raios catódicos e descobriu um tipo de radiação invisível, com uma grande capacidade de atravessar a matéria e capaz de ionizar o ar. Ele denominou essa radiação de: a) raios – X b) raios Gama c) micro-ondas d) radiofrequência
13. Qual o nome dado à partícula que possui a mesma carga, massa e spin do elétron, mas com sinal positivo? a) próton b) nêutron c) pósitron d) neutrino	**14.** Qual a função do contador Geiger? a) determinar a idade de materiais orgânicos. b) detectar radiações ionizantes. c) parar um processo de fissão nuclear. d) iniciar um processo de fusão nuclear.	**15.** O núcleo de urânio sofre decaimento e emite uma partícula α, transformando-se em um núcleo de tório. Esse processo se chama: a) fusão b) convecção c) transmutação d) eletrização
16. Sobre a energia irradiada pelo Sol, como resultado de uma transformação nuclear, aponte a alternativa **INCORRETA**: a) Ocorre uma fusão nuclear, na qual quatro átomos de hidrogênio formam um átomo de hélio. b) A propagação da energia do Sol para a Terra ocorre pelo processo de condução de calor. c) Com a ocorrência de reações nucleares, o Sol perde massa, convertida em energia, a qual pode ser calculada pela equação relativística $E = mc^2$. d) Essas reações nucleares transformam elementos leves em elementos mais pesados.	**17.** Sobre a energia nuclear no Brasil é correto afirmar: a) Mais de 60% da energia elétrica produzida no Brasil vem de usinas nucleares. b) A usina de Itaipu possui um reator nuclear do tipo PWR, que usa água pressurizada. c) As usinas nucleares de Angra 1 e Angra 2, localizadas no Rio de Janeiro, suprem um considerável percentual do consumo energético do estado. d) Apesar de dominar a tecnologia, o Brasil nunca pôs em funcionamento nenhuma usina nuclear por questões de preservação ambiental.	**18.** Os raios catódicos são: a) constituídos de prótons b) constituídos de elétrons c) constituídos de nêutrons d) constituídos de prótons, nêutrons e elétrons

19. Sobre os decaimentos radioativos é CORRETO afirmar:

a) os decaimentos α e β produzem novos elementos e o decaimento γ não
b) somente o decaimento α produz um novo elemento.
c) somente o decaimento β produz um novo elemento.
d) somente o decaimento γ produz um novo elemento

20. Sobre a penetração das radiações na matéria é **INCORRETO** afirmar que:

a) as partículas alfa (α) podem ser contidas por uma folha de papel
b) para conter as partículas beta (β) precisaria de pelo menos uma folha de alumínio
c) a radiação gama (γ) não pode ser contida por nenhum material, apenas desviada por um campo magnético
d) uma placa de chumbo poderia conter uma certa quantidade de radiação gama (γ)

21. O Sol é a grande fonte de energia para toda a vida na Terra. Durante muito tempo, a origem da energia irradiada pelo Sol foi um mistério pra a humanidade. Hoje, as modernas teorias de evolução das estrelas nos dizem que a energia irradiada pelo Sol provém de processos de _____ que ocorrem no seu interior, envolvendo núcleos de elementos leves.

a) espalhamento
b) fusão nuclear
c) fissão nuclear
d) fotossíntese
e) combustão

22. O *Incrível Hulk* é um famoso personagem criado pelo desenhista Stam Lee. As histórias do pacato cientista Dr. Bruce Banner que sofre um acidente radioativo com raios gama e se transforma em gigantesco e feroz monstro verde já foi contada nos quadrinhos, seriados de TV e no cinema.
Na realidade, o que a exposição demasiada a raios gama poderia ter causado no Dr. Banner?

a) leve aumento da resistência muscular
b) leve aumento da massa corporal
c) câncer e/ou morte
d) aumento moderado da imunidade

23. Num reator nuclear, núcleos de U^{235} capturam nêutrons e então sofrem um processo de fragmentação em núcleos mais leves, liberam energia e emitem nêutrons.
Esse processo é conhecido como:

a) fusão
b) aniquilação
c) espalhamentos
d) fissão

24. É exemplo de radiação **ionizante**:

a) luz
b) raios gama
c) micro-ondas
d) radiofrequências

25. Das seguintes tragédias relacionadas a energia nuclear, a única que foi deliberadamente proposital foi a que ocorreu em:

a) Three Mile Island (EUA, 1979)
b) Hiroshima (Japão, 1945)
c) Chernobyl (Ucrânia, 1986)
d) Fukushima (Japão, 2011)

26. No ano de 1987, na cidade de Goiânia – GO, pessoas foram contaminadas (inclusive quatro morreram) por um material radioativo que estava contido em um equipamento de radiologia abandonado. O material é um isótopo radioativo denominado:

a) Urânio 235
b) Césio 137
c) Plutônio 237
d) Mercúrio 666

27. O Brasil possui uma central de usinas nucleares localizado no Rio de Janeiro que supre um terço do consumo de energia elétrica do estado e 3% do consumo nacional. O nome da central nuclear é:

a) Guanabara
b) Itaipu
c) Carajás
d) Angra dos Reis

CARTA AZUL – PERGUNTAS DE CONHECIMENTO GERAL

1. No sistema operacional Windows, quais são as teclas que devem ser apertadas juntas para acessar o "Gerenciador de Tarefas" e assim poder fechar um programa travado, por exemplo? a) Ctrl+C b) Ctrl+V c) Alt+ Ctrl+End d) Ctrl+Alt+Del	**2.** Qual dos programas abaixo não é um navegador de internet? a) Adobe Acrobat b) Mozilla Firefox c) Google Chrome d) Internet Explorer	**3.** A principal arma de um cavaleiro Jedi, na saga "Star Wars" é: a) Lança de Prata b) Espada Justiceira c) Sabre de Luz d) Pistola Laser
4. Qual das equipes esportivas abaixo é um time de basquete? a) Manchester United b) Los Angeles Galaxy c) Chicago Bulls d) The Strongest	**5.** Que episódio marcou a final da Copa do Mundo de 1998 entre Brasil e França? a) Denúncias de suborno da arbitragem b) Convulsão do jogador Ronaldo horas antes do jogo c) Cabeçada do jogador francês Zidane no técnico brasileiro Zagallo d) Queda de parte do alambrado do Stade de France	**6.** Qual desses não é um sistema operacional para smartphones e tablets? a) Windows Phone b) Java c) Android d) iOS
7. No Brasil, se tanto o Presidente quanto seu Vice estiverem fora do pais, quem assume provisoriamente a presidência da República? a) O presidente da Câmara dos Deputados b) O presidente do Senado c) O Ministro da Casa Civil d) Qualquer assessor que o presidente nomear	**8.** Que eleições ocorreram em 2008 e 2012? a) Governadores e Senadores b) Presidentes e Governadores c) Prefeitos e Vereadores d) Prefeitos e Deputados Estaduais	**9.** A grande revelação feita por Morpheus a Neo no filme "Matrix" (1999) foi que: a) Morpheus é pai de Neo b) O mundo em que vivem é uma realidade virtual criada por máquinas com inteligência artificial c) O inimigo de Neo, Agente Smith, é na verdade o próprio Neo, vindo do futuro d) Todos estão mortos, mas suas almas travam uma batalha pela imortalidade

10. São festas populares brasileiras: a) Círio de Nazaré e Festa Junina b) Boi Bumba e 4 de Julho c) Halloween e Carnaval d) Ação de Graças e Dia de São Valentino	**11.** Qual escritor brasileiro ganhou Prêmio Nobel de Literatura? a) Graciliano Ramos b) Machado de Assis c) Paulo Coelho d) Nenhum escritor	**12.** Em uma transformação isobárica de um gás ideal, o item constante é: a) a temperatura b) o volume c) a pressão d) o movimento molecular
13. Qual dessas propriedades dos elementos da Tabela Periódica NÃO é periódica? a) Massa atômica b) Raio atômico c) Potencial de ionização d) Eletronegatividade	**14.** Com base no Mercúrio responda: O Mercúrio é um metal ou não metal? Qual seu estado físico em temperatura ambiente? a) Não metal. Líquido b) Metal. Sólido c) Metal. Líquido d) Não metal. Gasoso	

CARTA AMARELA – "MICOS"

Fique uma rodada PULANDO COM UM PÉ SÓ Se não cumprir, não joga a próxima rodada	**Fique uma rodada IMITANDO MACACO** Se não cumprir, não joga a próxima rodada	**Fique uma rodada DORMINDO E RONCANDO** Se não cumprir, não joga a próxima rodada
Fique uma rodada FAZENDO MASSAGEM NOS OMBROS DOS OUTROS PARTICIPANTE Se não cumprir, não joga a próxima rodada	**Fique uma rodada CANTANDO "*UM ELEFANTE INCOMODA MUITA GENTE...*"** Se não cumprir, não joga a próxima rodada	**Fique uma rodada DANÇANDO SOZINHO** Se não cumprir, não joga a próxima rodada
Fique uma rodada SENTADO EM POSIÇÃO DE MEDITAÇÃO E ENTOANDO O MANTRA *OOMMM* Se não cumprir, não joga a próxima rodada	**Fique uma rodada COM O DEDO POLEGAR NA BOCA** Se não cumprir, não joga a próxima rodada	

APÊNDICE L – ENTREVISTA COM PROFESSORES

Editar este formulário

Pesquisa: Ensino de Física Moderna no Ensino Médio

*Obrigatório

1. Identificação: *

1.1 Você é professor da rede:

- a) Municipal
- b) Estadual
- c) Federal

1.2 Qual seu curso de Graduação *

1.3 Em que ano você se formou? *

1.4 Qual seu nível de formação: *

- Graduação
- Especialização em andamento
- Especialista
- Mestrado em andamento
- Mestre
- Doutorado em andamento
- Doutor

1.5 Há quanto tempo você é professor? *

- a) A menos de 1 ano
- b) De 1 a 5 anos
- c) De 5 a 10 anos
- d) De 10 a 15 anos
- e) Mais de 15 anos

2) Em uma escala de 1 a 5, sendo que 1 significa "nenhuma importância" e 5 significa "indispensável", qual sua avaliação sobre a importância do estudo da Física Moderna no Ensino Médio? *

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

3) Em sua opinião, o que mais dificultaria o ensino da Física Moderna no Ensino Médio? *

- a) A dificuldade na compreensão dos conceitos por parte dos alunos.
- b) A carência de pré-requisitos matemáticos por parte dos alunos,

c) O número insuficiente de aulas de Física.

d) A falta de recursos didáticos, como livros, computadores e equipamentos de laboratório.

e) Minha falta de conhecimento sobre o tema.

4) Você já identificou conteúdos de Física Moderna nos livros didáticos com os quais você trabalha? *

NÃO

SIM

4.1 Se sua resposta foi SIM para a questão anterior, responda esta questão, caso contrário, marque a letra e) *

Você chegou a abordar o tema com seus alunos?

a) Sim, de maneira intensa e dinâmica.

b) Sim, ressaltando apenas os pontos mais importantes.

c) Sim, mas superficialmente.

d) Não abordei.

e) Respondi NÃO à questão anterior

5) Qual das metodologias abaixo você considera a mais eficiente para o estudo da Física Moderna no Ensino Médio? *

a) Ao término do conteúdo do 3º Ano, geralmente após Eletromagnetismo.

c) Distribuído ao final de cada ano, como um tópico especial.

d) Ao mesmo tempo em que a Física Clássica fosse ensinada, estabelecendo uma relação entre as duas áreas da Ciência.

e) Como um projeto paralelo, com estudo dirigido e pesquisas.

6) Você julga importante receber algum curso de qualificação em Física Moderna? *

a) SIM

b) NÃO

Enviar

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Powered by

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Denunciar abuso - Termos de Serviço - Termos Adicionais

ANEXO A – AUTORIZAÇÃO PARA EXECUÇÃO DA PESQUISA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RONDÔNIA
CÂMPUS JI-PARANÁ
Rua Rio Amazonas, 151, Bairro Jardim dos Migrantes, Ji-Paraná-RO - 76.900-730
Fone: (69) 3421-5045 e-mail: campusjiparana@ifro.edu.br - www.ifro.edu.br

Em 04 de Fevereiro de 2014.

À Professora Ana Quiovetti do Nascimento, Diretora de Ensino.

Assunto: **Autorização para projeto de Pesquisa do Mestrado**

Senhora Diretora de Ensino

Como é de seu conhecimento estou cursando o Mestrado em Ensino de Física pela Universidade de Rondônia (UNIR) em parceria com a Sociedade Brasileira de Física (SBF). Nessa nova etapa do programa, devemos começar nossas pesquisas em ensino de Física no âmbito escolar no qual estamos lotados.

O meu projeto de pesquisa se baseia na inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio de maneira concomitante ao estudo da Física Clássica, visto que os PCNEM de Física ressaltam a importância do tema e as constantes reflexões sobre o ensino dessa ciência apontam para tal abordagem, ainda que haja poucos instrumentos que proporcionem tal ação.

Diante do exposto:

1. Encaminho a Vossa Senhoria os Planos de Ensino do 1º, 2º e 3º Ano do Curso Técnico Integrado ao Médio de Química, nos quais eu destaco os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea que serão lecionados, destacando que os mesmos estão implicitamente contemplados no Projeto Pedagógico do curso;
2. Solicito análise e parecer por escrito sobre a possibilidade da inserção supracitada, bem como a autorização para desenvolver minha pesquisa junto às turmas de Química desta instituição.

Ressaltando a importância do projeto para minha formação e, sobretudo para proporcionar aos alunos um conhecimento mais atual e dinâmico da Física, peço deferimento e antecipadamente agradeço.

Atenciosamente

Marco Aurélio de Jesus
SIAPE 2013260

Autorizado

ANEXO B – RESUMO PUBLICADO EM ANAIS DA 66ª SBPC

66ª Reunião Anual da SBPC

Resumo aceito para apresentação na 66ª Reunião Anual da SBPC pela(o):
SBF - Sociedade Brasileira de Física

A. Ciências Exatas e da Terra - 3. Física - 2. Ensino de Física

ANÁLISE DO ENSINO DA FÍSICA MODERNA NAS ESCOLAS PÚBLICAS DE NÍVEL MÉDIO DE RONDÔNIA

Marco Aurélio de Jesus - Instituto Federal de Rondônia - IFRO
Melquisedeque da Conceição Lima - Instituto Federal de Rondônia - IFRO
Marcio Adolfo de Almeida - Instituto Federal de Rondônia - IFRO
Moacy Jose Stoffes Junior - Instituto Federal de Rondônia - IFRO
João Batista Diniz - Universidade Federal de Rondônia - UNIR

INTRODUÇÃO:

Neste estudo, são apresentados os resultados de uma pesquisa envolvendo professores da rede pública de ensino médio em alguns municípios do estado de Rondônia, trazendo uma análise acerca da importância que é dada pelos professores ao ensino de Física Moderna nesta etapa da escolarização básica e suas experiências na abordagem deste tema. A necessidade de inserção de conteúdos de Física Moderna no ensino médio é tema de pesquisas há mais de uma década, e das justificativas mais evidentes, destaca-se a utilização dos conceitos da Física do século XX nas aplicações tecnológicas. Fica aqui evidente, a urgência de uma complementação na formação dos educadores, inteirando-os com a Física Moderna e oferecendo-lhes ferramentas didáticas que os subsidiem numa abordagem mais adequada para a introdução de assuntos da Física Moderna e contemporânea no ensino médio.

OBJETIVO DO TRABALHO:

Verificar como o ensino da Física Moderna está sendo abordado nas escolas públicas de nível médio, analisando a importância dada pelos professores de física a este ramo da ciência. Identificar as principais dificuldades enfrentadas para lecionar Física Moderna e quais as metodologias que podem contribuir para uma aprendizagem significativa.

MÉTODOS:

O trabalho consiste em uma entrevista estruturada realizada com professores da rede pública de educação de Rondônia, abordando os aspectos do estudo da Física Moderna no Ensino Médio. Foi elaborado um formulário online (Google Docs), cujo link foi enviado para os e-mails de professores de Física das listas de contato dos componentes da equipe do trabalho. Nesse formulário os professores puderam voluntariamente responder a perguntas sobre sua formação, seu tempo de docência, a importância dada ao ensino da Física Moderna no Ensino Médio, as dificuldades de trabalhar o tema nesse nível de ensino, bem como a identificação e a abordagem de conteúdos de Física Moderna nos livros didáticos. Os entrevistados também escolheram algumas metodologias que julgaram mais eficientes para o ensino da Física Moderna. Por fim, responderam se consideravam importante participarem de cursos de qualificação sobre o assunto em questão. Após uma semana, os dados foram recolhidos, tabulados e analisados pela equipe.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O questionário foi respondido por 42 professores de 9 municípios do estado de Rondônia, um número que surpreendeu positivamente a equipe. Dos entrevistados, 52% são formados em Física, 31% em Matemática, 10% em Química e 7% em Biologia. Quanto ao nível de formação, 55% são especialistas, 21% cursam mestrado, 10% fazem curso de especialização, 7% possuem apenas graduação e 7% são doutores ou doutorandos. Aproximadamente 74% consideram o estudo da Física Moderna no Ensino Médio indispensável ou muito importante. Cerca de 40% dos professores consideram o número insuficiente de aulas de Física o fator que mais dificultaria a aplicação da metodologia apresentada, enquanto 19% apontaram a falta de recursos didáticos, 17% a própria falta de conhecimento sobre o tema e 10% apontaram algum tipo de dificuldade dos alunos. Poucos professores relataram algum tipo de abordagem efetiva da Física Moderna em sala de aula (11%). Foram apresentadas algumas metodologias para inserir a Física Moderna no Ensino Médio e 48% dos entrevistados consideram que o tema deve ser tratado ao mesmo tempo em que a Física Clássica fosse ensinada; 21% preferem um projeto paralelo; 17% acham que a Física Moderna deve ser distribuída ao final de cada ano, como um tópico especial, enquanto 14% escolheram ao término do conteúdo do 3º Ano, após Eletromagnetismo. Observou-se nessa entrevista que professores com formação na área de Ciências Naturais valorizam muito mais a Física Moderna do que os formados em Matemática, que ainda apresentaram maior dificuldade em compreender o tema, provavelmente pela ausência de formação específica. Outro ponto a ser evidenciado é o fato que 41 dos 42 entrevistados consideram importante receber algum curso de qualificação em Física Moderna, o que denota um reconhecimento da importância do tema para a educação básica ou uma admissão da própria dificuldade do professor sobre o assunto e uma postura favorável para a formação.

CONCLUSÕES:

Este trabalho possibilitou verificar que a abordagem da Física Moderna no Ensino Médio das escolas públicas de Rondônia é insuficiente, apesar de a maioria dos entrevistados reconhecerem sua importância para esse nível escolar. Segundo os professores, o número reduzido de aulas semanais é a principal dificuldade para o ensino do tema, seguida de falta de recursos didáticos, falta de conhecimento dos próprios docentes e dificuldades de compreensão por parte dos alunos. Foram elencadas cinco propostas metodológicas para a abordagem do assunto, sendo que os entrevistados preferiram o estudo concomitante da Física Moderna com a Física Clássica, além de terem sido bastante receptivos quanto à possibilidade de participarem de um curso de capacitação na área. Diante do exposto, o presente trabalho se mostrou amplamente satisfatório, pois proporcionou dados relevantes sobre o perfil dos professores de Física de Rondônia e sua relação com a fascinante e indispensável Física Moderna.

Palavras-chave: Ensino de Física, Física Moderna, Ensino Médio.

ANEXO C – ARTIGO PUBLICADO NA SAJEBTT

South American Journal of Basic Education, Technical and Technological

Artigos Originais Original Articles

O ESTUDO DA VIDA E OBRA DE GRANDES NOMES DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DA PRODUÇÃO DE VÍDEOS COM A TÉCNICA DRAW MY LIFE

THE STUDY OF LIFE AND WORK OF MODERN AND CONTEMPORARY PHYSICS REFERENCE NAMES THROUGH VIDEO PRODUCTION WITH DRAW MY LIFE TECHNIC

Marco Aurélio de Jesus[1]*, João Batista Diniz[2]

1. Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), campus de Ji-Paraná, Rondônia;

2. Docente do Programa de Mestrado em Ensino de Física da Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), campus de Ji-Paraná, Rondônia.

* Autor correspondente: marco.aurelio@ifro.edu.br

Recebido: 30/11/2014; Aceito 09/12/2014

RESUMO

A Física Moderna e Contemporânea é uma das áreas do conhecimento humano que mais contribuem para a análise dos fenômenos naturais e a compreensão das constantes descobertas científicas que repercutem diretamente no avanço tecnológico. Contudo, essa ciência geralmente não é ofertada a estudantes do Ensino Médio e assim os jovens perdem a oportunidade de ter contato com descobertas mais recentes da Física. Dada a natureza geralmente complexa do tema, sobretudo em relação ao formalismo matemático, é necessário buscar metodologias de estudar a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio de modo a privilegiar a parte conceitual, histórica e sua aplicação prática, tudo isso de uma forma que o aluno seja atuante em todo o processo, e não apenas um espectador. Este artigo apresenta uma técnica baseada nos vídeos *Draw My Life* no qual alunos do Ensino Médio estudaram a vida e obra de grandes cientistas da Física Moderna e Contemporânea e produziram animações que representaram os aspectos mais relevantes de suas biografias e descobertas científicas. Essa metodologia foi desenvolvida e aplicada com sucesso com alunos do Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia – IFRO, no campus de Ji-Paraná.

Palavras-chave: Ensino de Física. Física Moderna e Contemporânea. Draw My Life

ABSTRACT

The Modern and Contemporary Physics is one of the areas of human knowledge that most contribute to the analysis of natural phenomena and understanding the constant scientific discoveries that impact directly on technological advancement. However, this science is not generally offered to high school students and because of that young people loses the opportunity to have contact with more recent discoveries of physics. Due to its generally complex nature of the topic, especially in relation to the mathematical formalism, it is necessary to seek methods to study the Modern and Contemporary Physics in high schools in order to offer the conceptual and historical part and the practical application, of all this in a way that the student is active in the entire process, not just a spectator. This paper presents a technique based on Draw My Life videos in which high school students studied the life and work of great scientists of Modern and Contemporary Physics and produced animations representing the most relevant aspects of their biographies and scientific discoveries. This methodology has been successfully developed and applied to high school students of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rondônia - IFRO on the campus of Ji-Paraná.

Keywords: Physics Teaching. Modern and Contemporary Physics. Draw My Life

South American Journal of Basic Education, Technical and Technological

Artigos Originais Original Articles

1. INTRODUÇÃO

A Física é a ciência que tem por finalidade analisar as leis que regem o Universo, as interações entre matéria e energia e as causas e consequências de fenômenos naturais, por isso, geralmente é definida como a "Ciência da Natureza". A Física tem o papel de buscar explicações para fenômenos que vão desde interações subatômicas às transformações ocorridas em galáxias distantes; compreensão do decaimento de um material radioativo à explosão de uma supernova.

Entretanto, para isso é necessário compreender essa ciência em sua plenitude, acompanhar os avanços e descobertas dos últimos anos e reconhecer que o desenvolvimento científico das últimas décadas e as tecnologias atuais não podem mais ser explicados por conceitos formulados a centenas de anos. É nesse contexto que no final do século XIX e nas três primeiras décadas do século XX, uma nova ciência surgiu como contraponto à Física Clássica, exatamente em questões que a "antiga ciência" não podia explicar ou apresentava falhas. Essa nova ciência denominada Física Moderna (e posteriormente sendo acrescida do termo Contemporânea) pode ser descrita como a teoria que realmente descreve e explica o Universo [1]. Contudo, a Física Moderna e Contemporânea (FMC) não se trata da negação de toda a evolução da ciência ao longo dos anos, pois é herdeira de desenvolvimentos que remontam geralmente à época de Galileu no que diz respeito à Física Clássica [2].

Dada sua importância, a FMC deveria ser objeto de estudo tanto de cientistas e acadêmicos do ensino superior de Física quanto de alunos do Ensino Médio, contudo, os estudantes secundaristas têm pouco ou nenhum acesso à Física além de 1900, algo inaceitável dado o aspecto revolucionário de ideias que mudaram a ciência definitivamente [3]. Por sua vez, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) de Física consideram que alguns aspectos da FMC são indispensáveis para que os jovens, dentre outros conhecimentos, obtenham uma compreensão mais ampla dos avanços tecnológicos [4].

Uma das justificativas mais citadas sobre a ausência de FMC no Ensino Médio é a falta de pré-requisitos matemáticos para o estudo efetivo do tema [5]. No entanto, essa ciência é bem mais do que um conjunto de equações e deduções e tem aspectos conceituais, históricos e filosóficos que podem perfeitamente ser objeto de estudo de alunos desse nível de escolaridade. Vale ressaltar ainda, que a ciência, acima de tudo é feita por pessoas [6], e suas vidas, estudos, descobertas e contribuições para a sociedade também devem ser considerados. A análise histórica pode proporcionar ao aluno condições de interrogar o objeto de estudo,

South American Journal of Basic Education, Technical and Technological

Artigos Originais Original Articles

questionar o seu conteúdo e acompanhar as mudanças ao longo do tempo [7]. Esse estudo histórico e científico da vida e obra de grandes cientistas que fundamentaram a FMC pode ser realizado de maneira mais dinâmica se os alunos fossem os agentes diretos da pesquisa e da execução de uma metodologia que envolvesse arte, recursos tecnológicos e acesso ao conhecimento científico específico.

Diante do exposto, o presente artigo tem por objetivo relatar uma técnica de estudo da vida e obra de grandes cientistas na área de FMC, aplicada com sucesso com alunos do Ensino Médio. A técnica consiste na produção de vídeos sobre a vida e obra de grandes cientistas relacionados a FMC por meio da técnica denominada *Draw My Life*, muito conhecida pelos internautas por ter sido usada por celebridades para contar a própria vida por meio de desenhos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Com o intuito de analisar os conhecimentos dos alunos do Ensino Médio sobre a FMC, foi elaborado um questionário no qual os mesmos deveriam responder perguntas relacionadas às características gerais do tema. Nas cinco perguntas realizadas, os alunos deveriam: (1) responder se já ouviram falar em FMC; (2) marcar a melhor opção que descreve a FMC; (3) relacionar o nome de um físico com suas respectivas descobertas; (4) citar em uma escala de 0 a 5 seu conhecimento sobre um determinado tema e (5) expressar seu nível de interesse por alguns ramos da Física (também em uma escala de 0 a 5). Foram entrevistados 142 alunos dos três anos do Ensino Médio.

Para a primeira pergunta 64% dos alunos já conheciam o termo Física Moderna e Contemporânea, enquanto 36% desconheciam completamente. Na questão 2, 68% dos entrevistados erraram a resposta. Na questão 3, cerca de 2% dos alunos acertaram todas as relações entre os cientistas e suas descobertas, enquanto 27% acertaram mais da metade (mas não acertaram todas), 57% acertaram menos da metade (mas não erraram todas) e 14% erraram todas as relações. Na questão 4 os alunos ratificaram as questões anteriores, sendo que a as escalas 0 (28%) e 1 (46%) se sobressaíram nas respostas. Por fim, na questão 5 foi possível observar que os temas relacionados a FMC foram os que receberam as maiores médias da avaliação (1° Teoria da Relatividade: 4,57; 2° Efeito Fotoelétrico: 4,35; 3° Radioatividade: 4,21; 4° Dualidade onda-partícula: 4,14).

Com esse questionário foi possível avaliar que mesmo já tendo ouvido falar e ainda que demonstrem bastante interesse sobre FMC, os alunos apresentaram pouco conhecimento sobre o assunto, o que justifica a necessidade de abordar o tema.

South American Journal of Basic Education, Technical and Technological

Artigos Originais Original Articles

2.2. A TÉCNICA *DRAW MY LIFE*

O *Draw My Life* (Desenhe Minha Vida, em inglês) é uma técnica de animação na qual uma pessoa com uma câmera filmadora fixa, pincéis ou canetas, folhas de papel ou quadro branco, conta sua história de vida em forma de desenho, depois por meio de programas de edição de vídeo é possível acelerar as filmagens e inserir narrações e músicas [8]. A técnica foi lançada pelo jovem britânico Sam Pepper e postada no site *YouTube*, onde após milhões de visualizações passou a ser copiada por inúmeros usuários, inclusive brasileiros [9].

2.3. DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE

A realização da atividade contou com uma preparação, que envolveu a composição dos grupos e sorteio dos nomes dos cientistas que seriam pesquisados, pesquisa bibliográfica sobre os mesmos, elaboração do roteiro, desenhos, filmagens e edição, orientação do professor, exibição para os demais colegas e por fim, avaliação da aprendizagem.

2.3.1. Composição dos grupos e sorteio dos nomes

Partindo da ideia de que o trabalho em grupo estimula a interação e a expressividade dos alunos, pois assim os mesmos se sentem mais seguros e confiantes para se manifestar [10], os alunos foram divididos em grupos de no máximo cinco componentes. Em seguida, um membro de cada grupo escolhia em uma caixa um papel dobrado no qual estava escrito o nome de um cientista relacionado a FMC. Os físicos escolhidos foram: Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr, Ernest Rutherford, Louis De Broglie, Werner Heisenberg, Paul Dirac, Erwin Schrödinger, Max Born, Richard Feynman, Arnold Sommerfeld.

2.3.2. Pesquisa Bibliográfica

Os alunos tiveram o prazo de duas semanas para realizarem as pesquisas bibliográficas sobre a biografia e principais contribuições do cientista cujo nome foi sorteado. Durante esse período o professor foi consultado para sanar dúvidas sobre alguns aspectos, como por exemplo equações, aplicações e pré-requisitos para o estudo. Contudo, os alunos foram orientados a não se ater demais em cálculos e sim na parte conceitual, na vida do cientista e nas suas contribuições para a evolução da ciência.

2.3.3. Elaboração do roteiro, desenhos, filmagens e edição

Após a pesquisa bibliográfica, os grupos elaboraram um roteiro detalhado do

South American Journal of Basic Education, Technical and Technological

Artigos Originais Original Articles

que seria desenhado, escrito e narrado (Figura 1). Escolheram entre si quem faria os desenhos, editaria os vídeos e faria a narração. Foram estimulados a assistir no *YouTube* a vídeos do tipo *Draw My Life* mais acessados no site. Para essa etapa os alunos tiveram mais duas semanas para concluir o vídeo e fazer uma apresentação prévia ao professor, para que este realizasse alguma correção ou propusesse mudanças.

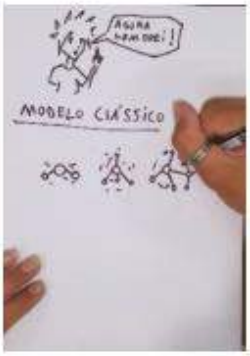


Figura 1. Aluno desenhando

2.3.4. Exibição

Aproximadamente um mês após a aplicação do questionário inicial, o trabalho foi finalizado com uma apresentação dos vídeos em cada uma das turmas separadamente. Nessa seção de exibição os alunos puderam realizar perguntas sobre os cientistas e suas realizações, bem como ter acesso às técnicas de filmagem usada por outros grupos.

O professor também fez perguntas aos grupos e ao final de todas as apresentações, os melhores trabalhos foram selecionados para oportunamente serem postados no em um canal do *YouTube* criado especificamente para esse fim.

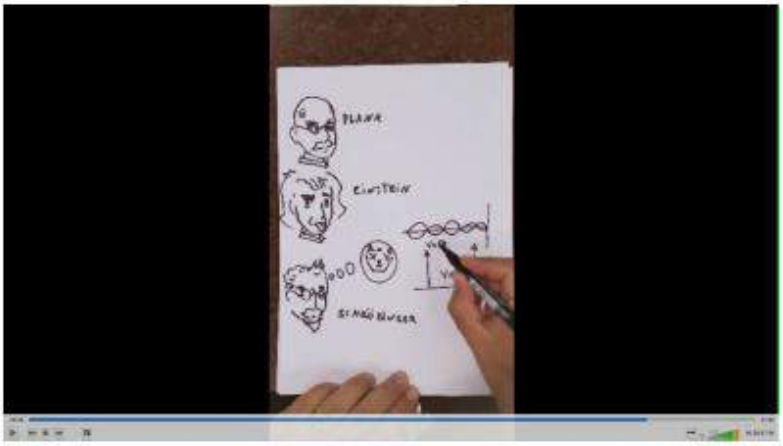


Figura 2. Exibição de um vídeo *Draw My Life* sobre Schrödinger

South American Journal of Basic Education, Technical and Technological

Artigos Originais Original Articles

2.3.5. Avaliação da Aprendizagem

Com base no que foi apresentado, o professor realizou na aula posterior às exibições, uma avaliação da aprendizagem, além de repetir o questionário inicial, objetivando verificar a eficácia do trabalho.

2.4.REPERCUSSÃO DO TRABALHO NA COMUNIDADE ESCOLAR

O trabalho foi muito bem aceito tanto pelos alunos quanto pela coordenação pedagógica, que enalteceu a metodologia e sugeriu a professores de outras áreas que realizassem atividades semelhantes. Durante todo o processo, o empenho dos alunos foi sempre enfatizado pelo professor e poucas vezes foram necessárias intervenções.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme já fora citado, após a realização dos trabalhos, os alunos foram submetidos a uma avaliação da aprendizagem, na qual foi possível constatar um excelente desempenho em aspectos conceituais e históricos da FMC e de seus cientistas. A média de aproveitamento foi superior a 78% por turma, o que representa o melhor desempenho dessas turmas em Física no ano letivo de 2014.

Quanto à repetição do questionário, o resultado foi ainda mais surpreendente e poderá ser melhor visualizado na Figura 3, nesta nota-se claramente que após o desenvolvimento do trabalho, o aluno passou a ter uma significativa noção do que é FMC.

Já a Figura 4 é possível observar que mais do que uma noção preliminar o aluno conseguiu conceituar FMC.

A Figura 5 demonstra a evolução no conhecimento dos alunos e sua capacidade de associação entre os cientistas estudados e suas descobertas.

Na Figura 6, novamente verifica-se que os estudantes tiveram um considerável avanço no conhecimento de FMC.

E Por fim, na Figura 7 nota-se um aumento do interesse por FMC e curiosamente também pela Física Clássica.

South American Journal of Basic Education, Technical and Technological

Artigos Originais Original Articles

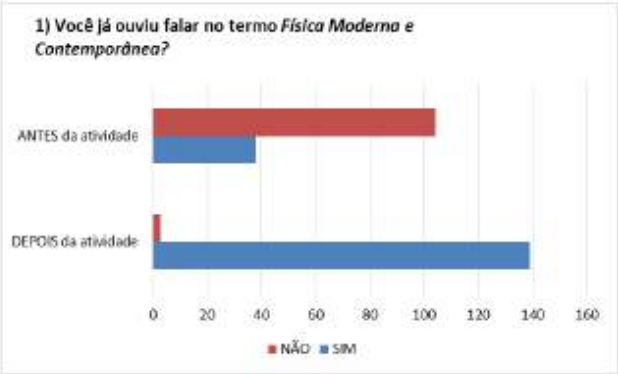


Figura 3. Comparativo de respostas da Questão 1.

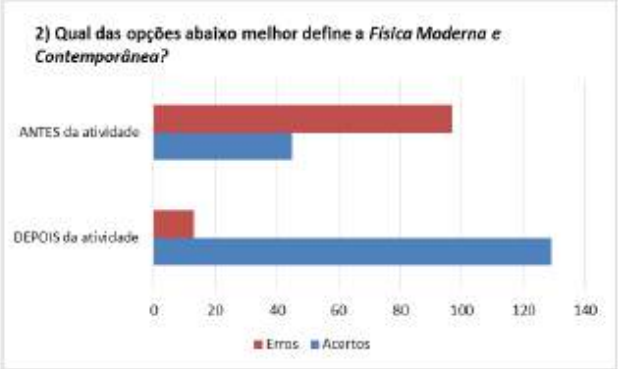


Figura 4. Comparativo de respostas da Questão 2.

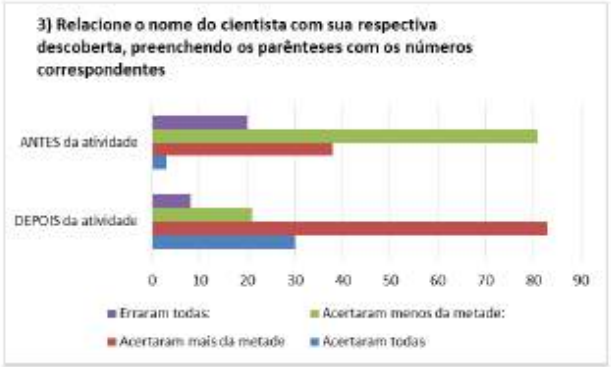


Figura 5. Comparativo de respostas da Questão 3.

South American Journal of Basic Education, Technical and Technological

Artigos Originais Original Articles

Figura 6. Comparativo de respostas da Questão 4.

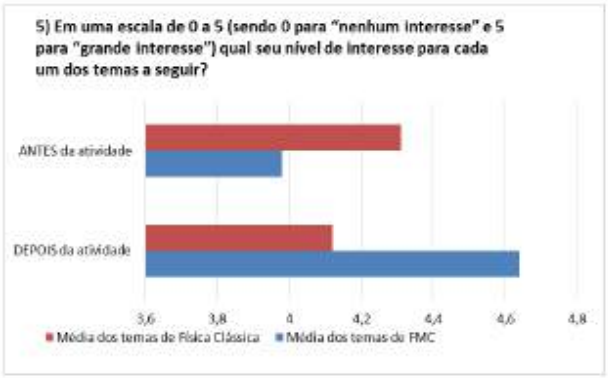


Figura 7. Comparativo de respostas da Questão 4.

4. CONCLUSÃO

Durante toda a atividade, o papel do professor foi de um mediador do processo, sempre instigando a curiosidade e levando os alunos a questionar, buscar informações e pesquisar [11]. Dessa forma, foi possível desenvolver uma atividade amplamente satisfatória e benéfica para a construção do conhecimento científico de alunos do Ensino Médio. Os estudantes desse nível de escolaridade tiveram acesso ao fascinante mundo da FMC e puderam conhecer a vida e obra de grandes cientistas dessa área. O referido trabalho, lhes trouxe informação ao mesmo tempo que oportunidade de interação

e momentos de descontração, dado o aspecto lúdico da atividade.

Conclui-se, portanto que a FMC pode ser abordada no Ensino Médio, desde que haja um cuidado especial para não caracteriza-la junto aos alunos como mais um tema distante de sua realidade e cujo estudo meramente expositivo pode se tornar enfadonho. A invés disso, com uma metodologia dinâmica e interativa como a que foi apresentada nesse artigo, os alunos poderão despertar seu interesse pela fascinante Física Moderna e Contemporânea.

5. REFERÊNCIAS

[1] MEDEIROS, D. **Física Moderna**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

[2] BIEZUNSKI, Michel. **História da Física Moderna**. Lisboa: Instituto Piaget, 1993.

[3] OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marcos Antônio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, vol. 5, n. 1, p. 23-48, Janeiro 2000.

[4] BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio - Física**. Brasília, DF, 2000.

[5] REZENDE, F; LOPES, A. M. A; EGG, J. M. Identificação de problemas do currículo, do ensino e da aprendizagem de Física e de Matemática a partir do discurso de professores. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 2, p. 185-196, 2004.

[6] MAAR, J. H. Justus von Liebig, 1803-1873. Parte 1: vida, personalidade, pensamento. **Química Nova**, v. 29, n. 5, p. 1129, 2006.

[7] TERRAZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de Ensino médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9(3), p. 209-214, 1992.

[8] COUTINHO, M. **Conheça a série 'Draw my life', desenhada por usuários do Youtube**. Disponível em< http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2013/04/conheca-serie-draw-my-life-desenhada-por-usuarios-do-youtube.html>, [acesso em 24/09/2014]

[9] PRESSE, F. **'Draw My Life': histórias pessoais em desenhos infantis dominam o YouTube**. Disponível em <http://g1.globo.com/pop-arte/noticia/2013/09/draw-my-life-historias-pessoais-em-desenhos-infantis-dominam-o-youtube.html> [acesso em 24/09/2014]

[10] BROWN, H. **Teaching by principles**. San Francisco, Pearson Education, 2001.

[11] ALVES, R. **Conversas com quem gosta de ensinar**. São Paulo: Cortez, 1980.

ANEXO D – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO NA 67ª SBPC

Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

67ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
12 a 18 de julho de 2015
São Carlos • SP • Brasil

CERTIFICADO

Certificamos que o trabalho **UTILIZANDO PASSATEMPOS NO ESTUDO DA TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA NO ENSINO MÉDIO**, de autoria de *Marco Aurelio de Jesus* e *João Batista Diniz*, foi apresentado, na forma de pôster, na 67ª Reunião Anual da SBPC, realizada de 12 a 18 de julho de 2015, na Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos/SP, Brasil.

Emissão: Julho de 2015.
Certificado nº AT67RA5216S - Este número permite a verificação da autenticidade deste documento no site da SBPC: http://www.sbpcnet.org.br/site/eventos/certificados.php

Helena B. Nader
Presidente da SBPC

Regina P. Markus
Secretária Geral da SBPC
Coordenadora da 67ª Reunião Anual

TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Eu, **MARCO AURÉLIO DE JESUS**, abaixo-assinado, aluno regularmente matriculado no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo Ji-Paraná/UNIR, portador do RA: 201322428, CPF:830.251.701-15, RG:991797 SSP/MT, venho por meio deste autorizar a disponibilização pelo Polo do Departamento de Física de Ji-Paraná do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (PJIPAMNPEF) da minha Dissertação em meios eletrônicos existentes ou que venham a ser criados.

Ji-Paraná, 03 de Setembro de 2015.

Marco Aurélio de Jesus