MNPEF **Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física**	Ufac	SBF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

QUIZ COM APLICATIVO SOCRATIVE PARA O DESENVOLVIMENTO DOS CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA

Érik Rocha de Oliveira

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação Mestrado Nacional Profissional do Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Acre – polo 59, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ensino de Física

Área de atuação: Ensino de física

Orientador:
Prof. Dr. Antônio Romero da Costa Pinheiro

Rio Branco - AC
2020

QUIZ COM APLICATIVO SOCRATIVE PARA O DESENVOLVIMENTO DOS CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA

Érik Rocha de Oliveira

Orientador: Dr. Antônio Romero da Costa Pinheiro

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

Aprovada por:

_____
Dr. Antonio Romero da Costa Pinheiro – UFAC
Orientador/Presidente

_____
Dr. Marcelo Castanheira da Silva – UFAC
Membro Interno Suplente

_____
Dr. José Augusto Oliveira Huguenin – UFF
Membro Externo

_____
Dr. Eduardo de Paula Abreu – UFAC
Membro Interno Suplente

_____
Dr. Luiz Augusto Matos da Silva – UFAC
Membro Externo Suplente

Rio Branco - AC
2020

SXXXp OLIVEIRA, Erik Rocha de Oliveira
QUIZ COM FENÔMENOS DO COTIDIANO PARA DESENVOLVIMENTO DOS CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA USANDO APLICATIVO SOCRATIVE
/ Erik Rocha de Oliveira - Rio Branco: UFAC / 2020.
Orientador: Prof. Dr. Antônio Romero da Costa Pinheiro

Dissertação (mestrado) – UFAC / Mestrado Nacional Profissional do Ensino de Física, 2019.
1. Introdução. 2. Fundamentação Teórica. 3. Física Moderna Contemporânea. 4. Procedimentos Metodológicos. 5. Resultados e discussões. Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física.

Nós sempre nos definimos pela capacidade de superar o impossível.

- Interestelar.

“Estou, em todos os casos, convencido de que Ele não joga dados. Deus não joga dados.”

Albert Einstein - dezembro de 1926

AGRADECIMENTOS

É com grande satisfação que venho agradecer a Deus pelo fôlego de vida que me fez estar vivo para esse momento. Agradeço aos meus familiares que tanto me apoiaram financeiramente, psicologicamente e fisicamente para que não desistisse, ou por forças maiores fosse deixado no meio do caminho, em especial aos meus Pais, Charles Ribeiro de Oliveira e Lionelia Rocha de Lima, pelo apoio nos momentos de crise, sejam elas financeiras ou emocionais, mas que nunca deixaram que nenhuma lágrima caísse sem significado ao ensino daquele momento. Com certeza, eu me formarei mestre de Ensino de Física, enquanto eles já são mestres do ensino da vida.

À instituição, que me amparou nas suas dependências, em todos os dias que precisei. Ao Mestrado Nacional Profissional do Ensino de Física (MNEPF), pela responsabilidade de conduzir uma área de tão grande importância neste polo de ensino. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por continuar abraçando a educação brasileira com tanta dedicação. Aos professores que foram peças fundamentais para a construção de saberes e para a mediação destes, com sermões e aulas que abriram nossos olhos para o futuro; em especial, para o meu orientador Antônio Romero Costa Pinheiro, que foi não só inspiração, mais a força normal que trouxe equilíbrio ao peso da responsabilidade que estava sobre os meus ombros.

A todos, o meu muito obrigado!

RESUMO

A luz de novas tecnologias de informação na educação, que ganham cada vez mais espaço no ensino de física, propomos um *quiz* (teste rápido) no aplicativo Socrative, com a finalidade de relacionar o conhecimento do senso comum dos alunos do 3º ano do Ensino Médio à linguagem cientifica da física moderna. A pesquisa teve como metodologia qualitativa as seguintes etapas didáticas; primeiramente, aplicação de um questionário inicial, elaborado dentro do aplicativo, para avaliar o percentual de alunos que conseguiam correlacionar assuntos do cotidiano com a física, além da análise de uso da ferramenta; em seguida, o software foi utilizado dentro de uma sequência didática com fins metodológicos, concomitante ao plano pedagógico da escola e por fim, após a conclusão da sequência didática repetimos o questionário inicialmente aplicado, com o objetivo de mapearmos a ocorrência de aprendizagem significativa do assunto proposto. Como resultado, inferimos que os alunos apresentaram uma retenção dos conceitos, a partir do uso do produto educacional proposto, baseada nos seus desempenhos no *quiz*.

Palavras-chave: Ensino de Física, Aplicativo Socrative, Física Moderna, Quiz.

Rio Branco - AC
2020

ABSTRACT

In the light of new information technologies in education, which are gaining more and more space in the teaching of physics, we propose a quiz in the Socrative app, to relate the common sense knowledge of the students of the 3rd year of High School to the scientific language of modern physics. The research had as qualitative methodology the following didactic steps. Firstly, application of an initial questionnaire, elaborated within the application, to assess the percentage of students who were able to correlate everyday subjects with physics, in addition to analyzing the use of the tool. Secondly, the software used within a didactic sequence for methodological purposes, concurrent with the school's pedagogical plan. Finally, after completing the didactic sequence, we repeated the questionnaire initially applied, to map the occurrence of significant learning of the proposed subject. As a result, we infer that the students presented retention of the concepts, from the use of the proposed educational product, based on their performance in the quiz.

Keywords: Teaching Physics, Socrative App, Modern Physics, Quiz.

Rio Branco – Ac
2020

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dispositivos moveis conectados à internet no Brasil em 2019. 2
Figura 2: Número de pessoas por celulares ativos no Brasil desde 1987 até 2018. 3
Figura 3: Um mapa conceitual com formas e tipos de aprendizagem significativa. 11
Figura 4: O contínuo da aprendizagem significativa-aprendizagem mecânica. A aprendizagem não é ou significativa ou mecânica, não se trata de uma dicotomia. Grande parte do processo de aprender ocorre na zona cinza. A aprendizagem significativa é progressiva. 14
Figura 5: Um mapa conceitual para a aprendizagem significativa de Ausubel..... 16
Figura 6: Organograma representando a posição da memorização no processo de aprendizagem de David Ausubel. 18
Figura 7: Competências para o Ensino de Física para o Ensino médio na BNCC 21
Figura 8: Representação esquemática da propagação das ondas eletromagnéticas..... 27
Figura 9: Espectro eletromagnético e seus respectivos comprimentos de ondas e frequências. ... 28
Figura 10: Espectro de luz visível, representando as suas cores e seus respectivos comprimentos de onda..... 29
Figura 11: Processo de emissão de ondas de rádio..... 30
Figura 12: Processo de recepção de ondas de rádio 31
Figura 13: Esquema ilustrativo de tubos de raio X 32
Figura 14: Modelo 3d de raio x, com tecido ósseo e ar da caixa torácica (pulmões) juntos. 32
Figura 15: Poder de penetração dos raios alfa, beta e gama e suas respectivas capacidades de ultrapassagem nos materiais. 33
Figura 16: Demonstração de infiltração na pele de acordo com os tipos de raios UV's 34
Figura 17: monitoramento visual de soldagem de tubulação através de visão infravermelha 35
Figura 18: Pasteurizador de micro-ondas 36
Figura 19: Ondas em aproximação de fase representando a emissão estimulada 37
Figura 20: Um modelo prático de um corpo negro consiste em um objeto oco com um pequeno orifício. O objeto oco é aquecido por meio de uma fonte de calor situada em seu interior. 40
Figura 21: Conceito clássico para distribuição de energia versus o conceito moderno, aplicando o modelo de pacotes de energia. 41
Figura 22: Nas cavidades de corpos negros as emissões de radiação são bem maiores do que nas outras partes 41
Figura 23: Representação esquemática do salto quântico do elétron de uma camada energética para outra. 43
Figura 24: Fóton incidindo sobre uma superfície metálica, promovendo elétrons livres..... 43
Figura 25: Padrão de interferência em uma fenda simples..... 44
Figura 26: Radiação espalhada pela amostra em função do ângulo θ. 47
Figura 27: Ilustração para o microscópico de Heisenberg 48
Figura 28: Desenho representando o interferômetro de Michaelson-Morley em seu artigo de 1887 para provar a variação da velocidade da luz no Éter 49
Figura 29: Representação do esquema de observadores 51
Figura 30: Procedimento de divulgação de nomes da plataforma 61
Figura 31: Materiais disponibilizados pelos alunos para observação de diferentes tipos de materiais (humanos) e suas reações a radiação. 64
Figura 32: Demonstração tridimensional de um buraco negro e seu horizonte de eventos. 64
Figura 33: Alunos divididos em grupos montando uma parte do buraco negro..... 65

Figura 34: Utilização de laser durante as aulas para exemplificar a reflexão para a fibra óptica. 66
Figura 35: Alunos no laboratório minutos antes de começarem a responder o Quiz PPOTT..... 66
Figura 36: Referente a questão 1 do Questionário. 68
Figura 37: Referente a questão 2 do questionário, mensurando quantitativamente o uso do tempo livre pelos alunos. 69
Figura 38: Referente a questão 3 do questionário avaliativo da UEPS, mensurando a quantidade de tempo gasto para o uso de jogos no Smart Phone..... 70
Figura 39: analise referente a questão 4 do questionário avaliativo da UEPS, e a visão dos alunos frente ao uso das tecnologias pelos professores de outras disciplinas. 71
Figura 40: Referente a questão 5 do questionário de aplicação de avaliação da UEPS, relacionando o conceito de física moderna. Alternativa correta (letra A)..... 73
Figura 41: Referente a questão 6 do questionário avaliativo da UEPS, relacionando o conceito sobre o efeito fotoelétrico e sua aplicação no dia a dia. 74
Figura 42: Referente a questão 7 do questionário avaliativo da UEPS, relacionando o conceito sobre relatividade restrita e sua aplicação no dia a dia. 76
Figura 43: Referente a questão 8 do questionário avaliativo da UEPS, relacionando a aplicabilidade da radiação gama ao cotidiano 78
Figura 44: Referente a questão 9 do questionário avaliativo da UEPS, abordando o conceito do raio-X e sua composição..... 79
Figura 45: Referente a questão 10 do questionário avaliativo da UEPS, sobre o conceito de corpo negro e seu espectro radioativo. 81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Publicações oficiais de David P. Ausubel do nascimento até a sua morte. 8
Quadro 2: Oito aspectos sequencias de acordo com Moreira (2011) para elaboração de uma UEPS. 20
Quadro 3: Tipos de ultravioleta e suas respectivas aplicações. 34
Quadro 4: Apresentação de tipos de desenhos de Survey de acordo o método de pesquisa 57
Quadro 5: Quadro com planejamento pedagógico dos conteúdos e seus respetivos horários disponíveis 62
Quadro 6: Questão 5 do questionário de aplicação de avaliação da UEPS, relacionado ao conceito de física moderna. .....**Erro! Indicador não definido.**
Quadro 7: Referente a questão 10 do questionário avaliativo da UEPS para facilitar o entendimento do gráfico referente a essa questão. 80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Destaques de ganhadores dos prêmios Thorndike Award, que contribuíram para o cognitivismo. 8
Tabela 2: Distribuição do quadro de participantes por gênero e idade 59

SUMÁRIO

1. Introdução 1
1.1 Objetivos 6
1.1.1 *Objetivo Geral* 6
1.1.2 *Objetivos Específicos* 6
2. Fundamentação Teórica 7
2.1 Vida e Obras de David P. Ausubel 7
2.2 A teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel 10
2.2.1 Subsunçor 12
2.2.2 Aprendizagem por descoberta versus aprendizagem mecânica 13
2.3 Significado e aprendizagem - retenção significativa. 15
2.4 Aprendizagem por memorização versus aprendizagem significativa 17
2.5 Unidade de Ensino Potencialmente Significativo (UEPS) 19
2.5.1 *O Quiz como uma UEPS* 20
3. Revisão bibliográfica 22
3.1 Obras baseadas para a inserção de física moderna no ensino médio 22
4. Física Moderna 24
4.1 Ondas Eletromagnéticas e seu espectro – De Maxwell a Hertz 24
4.1.1 *Algumas ondas eletromagnéticas e suas aplicações* 28
4.2 Efeito fotoelétrico 38
3.2 Ondas de Matéria 44
4.3 Efeito Compton 46
4.4 O princípio da incerteza de Heisemberg 48
4.5 Teoria da Relatividade de Albert Einstein 49
5. Procedimentos metodológicos 56
5.1 Tipo de estudo e o método Survey longitudinal 56
5.2 População de estudo e instituição de intervenção. 59
5.3 Desenvolvimento do material curricular, intervenção escolar e instrumento de produção de dados 60
5.4 Considerações Éticas (Riscos e benefícios do estudo) 61
5.5 O Produto Educacional 62
5.6 Planejamento de aplicação do produto na Instituição de Ensino e elaboração da UEPS 62
6. Resultados e discussões 68
7. Conclusão 83
Referências Bibliográficas 86
APÊNDICE B - QUIZ FÍSICA MODERNA 100
111

1. Introdução

O século XXI tem sido marcado pelas fortes evoluções tecnológicas, a era da informação é atrelada a diversas áreas da vida do ser humano e, é considerada como um fator extremamente importante para a evolução da sociedade. Atualmente, a ciência aliada a informática também tem se mostrado eficaz, assim, o ensino de física começa a ganhar novos espaços, principalmente nas áreas em que até então, apenas a abstração era usada, como a física não palpável, ensinada nas escolas. Compreender aquilo que o professor passa várias aulas tentando transmitir ao aluno, com apenas uma imagem gerada por um site ou até mesmo um aplicativo, é um instrumento facilitador tanto para o docente, bem como para o discente, tornando essa experiência, algo real aos nossos sentidos.

Para a Base Nacional Curricular Comum (BNCC),

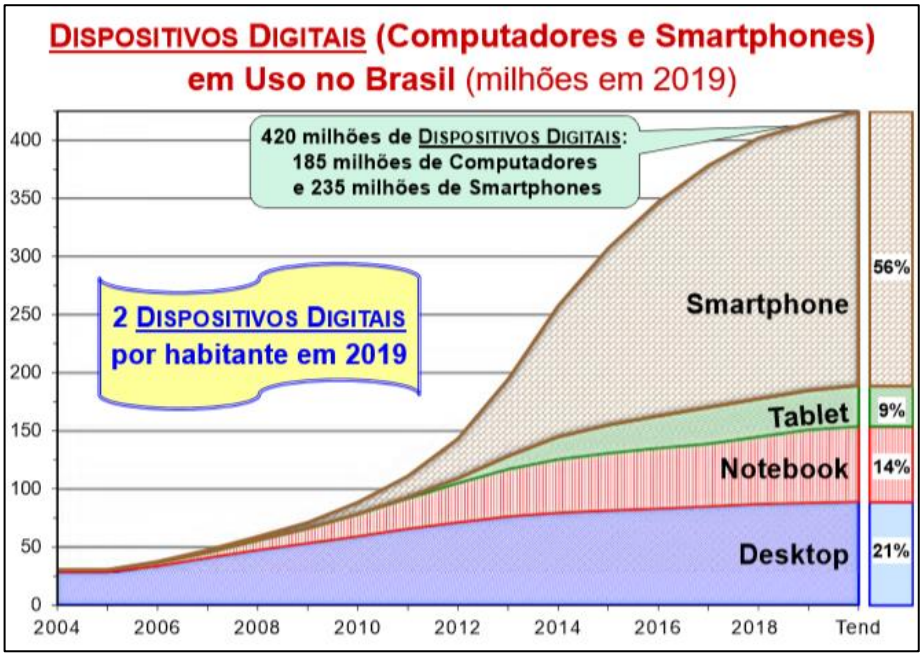
> A contemporaneidade é fortemente marcada pelo desenvolvimento tecnológico. Tanto a computação quanto as tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) estão cada vez mais presentes na vida de todos, não somente nos escritórios ou nas escolas, mas nos nossos bolsos, nas cozinhas, nos automóveis, nas roupas etc. Além disso, grande parte das informações produzidas pela humanidade está armazenada digitalmente. Isso denota o quanto o mundo produtivo e o cotidiano estão sendo movidos por tecnologias digitais, situação que tende a se acentuar fortemente no futuro. (BNCC, 2019, p. 473).

De acordo com o site da Escola Nacional de Saúde Pública (UNSP), o assunto relaciona-se à inclusão de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICS) na formação inicial e continuada dos educadores. As formações dos educadores devem então estar de acordo com o fato de que o uso de tais tecnologias já é uma prática utilizada pela maioria dos jovens do mundo. Então a grande pergunta é como a escola é capaz de melhorar e integrar ainda mais o quadro de estratégias pedagógicas com as TICS? Para responder a essa pergunta, assimila-se a pesquisa desenvolvida as TICS que integram o ensino e que tem se desenvolvido a nível mundial, ultrapassando a esfera da educação e afetado os setores de mercado, as empresas de marketing, as multinacionais e consequentemente as instituições de ensino, ao trabalho que aqui desenvolvemos.

Analisa-se então, como é real no mundo o crescimento do mercado tecnológico, que tem mudado a forma de adaptação das famílias. De acordo com Meirelles (2019), a corrida pelo desenvolvimento de produtos cada vez mais avançados com um preço mais acessível, fez com que os números de pessoas com computadores duplicassem a cada ano desde 1988 até 2019,

quando foi realizada a trigésima pesquisa do Centro de Tecnologia de Informação Aplicada, da Escola de Administrações de Empresas (EAESP), conforme figura 1.

Figura 1: Dispositivos móveis conectados à internet no Brasil em 2019.

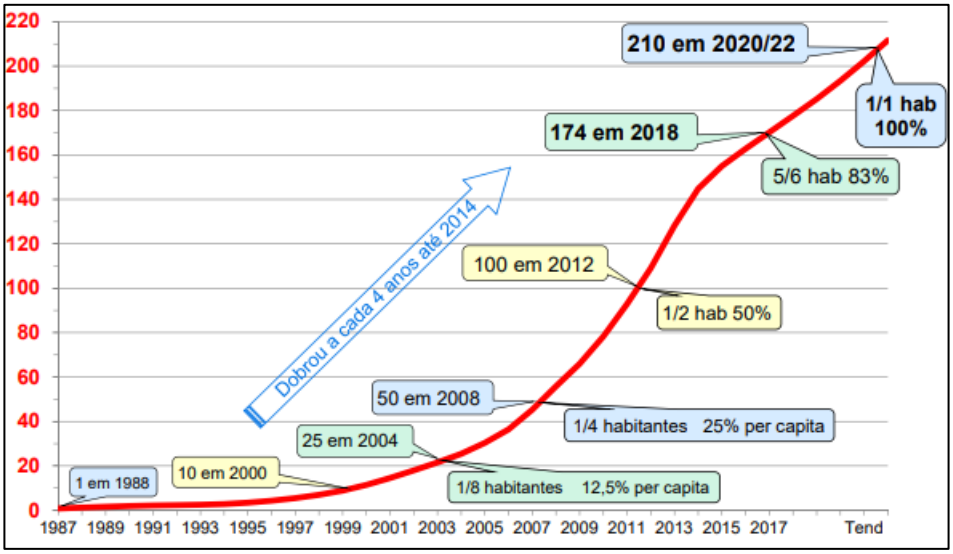


Fonte: MEIRELLES, 2019.

A pesquisa anual do uso de TI da EAESP mostra o comportamento crescente do uso de dispositivos digitais conectados à internet no Brasil, ao longo dos anos. A partir do ano de 2012, o número de computadores portáteis (smartphones) deram saltos antes não vislumbrados na história de consumo da humanidade. Comparado a qualquer outro produto típico tecnológico que temos em casa, como Smart tv's, geladeiras, ou até vídeo games; nenhum desses ultrapassa a média de um por habitante (MEIRELLES, 2019), na medida que os celulares já são atribuídos hoje a crianças que ainda não ingressaram sequer no ensino fundamental.

Não bastante, a pesquisa confirma que o número de pessoas com smartphones já ultrapassam o quantitativo de pessoas com computadores, sendo em média 2 dispositivos inteligentes nas mãos de cada habitante, algo em torno de mais de 220 milhões de smartphones conectados à internet no Brasil. Número esse, que de acordo com a Agência Nacional de Telecomunicação ANATEL (2019), já havia se superado em 2011, quando o número de telefones celulares ultrapassou o número de habitantes, como mostra a figura 2. De acordo com a ANATEL, 20 estados brasileiros já haviam superado o número de Smartphones por habitantes, dentre eles, o Acre, local de aplicação do produto educacional da pesquisa.

Figura 2: Número de pessoas por celulares ativos no Brasil desde 1987 até 2018.



Fonte: MEIRELLES, 2019. Adaptada pelo próprio autor.

De acordo com Webber (2012), essa crescente onda tecnológica, influencia diretamente o ensino, que acaba sofrendo impactos devidamente drásticas, e que exige do docente uma adaptação dentro da globalização, exigindo que os professores reflitam a respeito de todos os processos da sociedade, quer sejam eles educacionais, econômicos, financeiros, políticos ou sociais. Inferindo, portanto, que ser um educador no século XXI exige uma postura ampla e uma visão aberta de todo o mundo e de todas as modificações que vêm ocorrendo.

Percebe-se que o manuseio de telefones celulares dentro da sala de aula tem se tornado um problema, em alguns casos, na hora de absorção de conteúdo. Os alunos acabam por desviar o foco daquilo que estão fazendo para responder as mensagens, postar multimídias nas redes sociais, ou ainda para ouvirem músicas com fones de ouvido, ignorando totalmente a figura do professor em sala de aula.

Na problemática supracitada, surgiram as primeiras legislações no Estado do Acre, que por jurisprudência de outros estados brasileiros, tramitou e aprovou a lei nº 3109 de 29 de dezembro de 2015, que dispõe sobre o uso de telefones celulares e equipamentos eletrônicos (smartphones e tablets) nos estabelecimentos de ensino público e privado, no âmbito do Estado. O §1 do artigo 1º, traz a exceção, quando permite o uso de aparelhos celulares em práticas didáticas previamente planejadas e comunicadas à coordenação, que traz legalidade ao trabalho realizado com o produto.

A partir de toda essa perspectiva tecnológica, verifica-se o crescente fluxo de descobertas na última década, que fez com que a Física Moderna ganhasse espaços nos noticiários, nos meios de pesquisa, programas de pós-graduação e no mercado de trabalho. O estado do Acre, por exemplo, segundo ANATEL (2019), foi referência na distribuição de fibra óptica nas unidades federativas. Entretanto, como o aluno pode enxergar que o aparelho em suas mãos transmite ondas eletromagnéticas o tempo inteiro, e que tubos de fibras podem fazer a luz se transportar por meio da reflexão sem quase nenhuma perca de dados, fazendo da sua internet uma rede cada vez mais avançada?

Para o usuário, as relevâncias de assuntos assim são desprezíveis, uma vez que ele só quer usufruir dos benefícios que tais fenômenos podem oferecer. Todavia, como ensinar coisas tão atuais e complexas a adolescentes em formação? Baseados nesta problemática que propomos uma metodologia com o uso de TIC's. Entendemos então que o ensino de física sofreu diversas alterações nos conceitos nesses últimos anos (2018,2019 e 2020) influenciando definitivamente na maneira de aprender, como destaca Sanches:

> Toda a Física desenvolvida a partir do final do século XIX está excluída do Ensino Médio, restringindo sobremaneira a compreensão do mundo em que vivemos, anacronizando-o num certo sentido, pois a revolução desencadeada pela Física Moderna atingiu, por exemplo, as concepções de espaço, tempo, massa e energia, o entendimento quanto à estrutura do átomo e a compreensão sobre a própria origem e evolução do Universo. Com base em seus princípios, surgiram tecnologias cuja importância se destaca no dia-a-dia, tais como o transistor, essencial nos computadores; o laser, utilizado nas telecomunicações e em tratamentos médicos; as usinas nucleares, com seus benefícios e riscos associados etc. (SANCHES, 2006. p. 11).

No entanto, mesmo com os desenvolvimentos de novas abordagens dos conteúdos específicos da física, os alunos continuam desinteressados nesse componente curricular. Acredita-se que a maioria dos conteúdos abordados é sobre física clássica, de modo que estão muito distantes do atual cotidiano dos jovens. De acordo com Leonel:

> É preciso transformar o ensino de Física tradicionalmente oferecido nas escolas, limitado ao conhecimento físico construído até o início do século XX, em um ensino que contemple o desenvolvimento da Física Moderna e Contemporânea (FMC). Esta responde a várias questões e situações do mundo atual que são de interesse dos alunos e que a Física Clássica não explica. Com isso, poderíamos despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próximo dos alunos do que eles mesmos imaginam. (LEONEL, 2012, p. 22)

Desta forma, buscando um maior interesse dos alunos com os meios mais presentes na vida do aluno do ensino médio, usamos o aplicativo Socrative (SOCRATIVE, 2020) para criar

“quizzes” com conteúdo de física moderna. O software tendo sido usado como ferramenta educacional em outros trabalhos disponíveis na literatura (AWEDH, 2015; ANASTACIO, 2020; DE OLIVEIRA, 2018; VETTORI, 2016).

O desenvolvimento do produto educacional é a elaboração de sequência didática (preparação de testes, Quizzes e provas dentro do aplicativo), que pode ser usado em sala de aula, laboratórios, ou ainda de forma remota em campos abertos, para receber feedback em tempo real da aprendizagem do aluno.

A plataforma Socrative tem interface simples, que funciona em sistemas operacionais Android, IOS e Windows, podendo ser acessada por todos os alunos da rede pública e privada, com disponibilidade para download gratuito. Além de ser possível “linkar” outras contas dos professores para utilização do Quiz dentro do aplicativo.

Depois de finalizado a aplicabilidade, o aplicativo ainda continuará disponível para acesso à internet, uma vez que tem acesso livre e ilimitado, podendo ser usado em outras sequências didáticas em áreas diversas do conhecimento dentro do campo da física. A ideia, portanto, é dirimir a defasagem dos alunos com dificuldades de abstração, principalmente na física contemporânea que vem ganhando fortes especulações até mesmo em filmes (DE MOURA, 2019), que retratam cada vez mais a temática.

Destaca-se ainda que os crescentes meios de tecnologias têm contribuindo para difusão de diversos cursos em ambiente virtuais. Neste contexto, Sales e colaboradores (SALES, 2014) apresentaram um Quiz online de óptica geométrica, com apoio de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação apoiado pelo ambiente virtual Moodle, como suporte para aprendizagem em física.

Uma alternativa de uso didático dos dispositivos conectados à internet dentro das escolas, se dará nesta pesquisa, pela abordagem de Aprendizagem Significativa de David Ausubel (AUSUBEL, 1968). Para o autor, o ato de aprender significativamente infere em ampliar e reconfigurar ideias pré-existentes na estrutura mental, ou seja, focalizar no aprendizado a partir daquilo que o aprendiz já tem conhecimento e a partir de então, ser capaz de correlacionar e acessar novos conteúdos.

A dissertação está organizada da seguinte forma: no capítulo 2, será apresentado o referencial teórico, onde se apresenta a teoria de aprendizagem usada, os conceitos de física

moderna serão apresentados no capítulo 3; no capitulo 4 é apresentado a metodologia de pesquisa bem como a aplicação do produto educacional e como serão analisados os dados da aplicação do mesmo. No capítulo 5, serão apresentados os resultados e discussões. E por fim, no 6, as conclusões. O produto educacional e questionários estão disponíveis nos apêndices.

1.1 Objetivos

1.1.1 *Objetivo Geral*

Desenvolver uma metodologia didática para o ensino de Física Moderna com o uso do Quiz aplicado por meio de uma plataforma/aplicativo Socrative, inserido em uma sequência didática, com métodos práticos, numa perspectiva de adaptar o crescente desenvolvimento tecnológico ao ensino de física contemporânea no ensino médio.

1.1.2 *Objetivos Específicos*

- Produzir um Quiz, para o desenvolvimento do assunto de física moderna na sala de aula, dividido em 4 aplicações durante o decorrer da aplicação da sequência didática.

- Elaborar uma sequência didática com uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), com o uso do material curricular no Ensino de Física Moderna, associando-o diretamente à aprendizagem significativa de David Ausubel.

- Plotar e registrar gráficos e dados a partir dos resultados obtidos nos Quizzes, para um comparativo com o questionário que será aplicado antes e depois do produto educacional, visando a comparação qualitativa e quantitativa dos dados apresentados.

- Exemplificar os fenômenos físicos do cotidiano nos conteúdos de física moderna, utilizando-se do produto educacional proposto, a fim de analisar a aprendizagem significativa adquirida pelos alunos em decorrência da transposição didática inferida no desenvolver de todo o processo de aplicabilidade do produto.

- Despertar a curiosidade dos estudantes com a física presente no dia a dia e ajudá-los a reconhecê-la como um empreendimento da natureza humana e, portanto, mais próxima a eles.

2. Fundamentação Teórica

Neste capítulo, apresentaremos um pouco sobre David P. Ausubel (SEEL, 2012) e os principais conceitos da Teoria de Aprendizagem Significativa, cujas obras serão utilizadas como base nesse trabalho. Ausubel afirmava que o fator isolado mais importante para o aprendizado é aquilo que o aprendiz já conhece. Apresentou, em uma de suas ramificações a aprendizagem verdadeiramente significativa, sobre o qual abordaremos nos subtópicos deste capítulo.

2.1 Vida e Obras de David P. Ausubel

David Paul Ausubel, nasceu em Nova Iorque, no dia 25 de outubro de 1918, e chegou a falecer na sua cidade de origem, no dia 9 de julho de 2008. Ele participou da Universidade da Pensilvânia, fazendo o curso pré-médico e se especializando em Psicologia. Depois de se formar na faculdade de medicina da Universidade de Middlesex, completou um estágio rotativo no Gouveneur Hospital (Departamento de Hospitais da cidade de NY) localizado no lado leste de Manhattan, incluindo Little Italy e Chinatown de 1944. Foi um psicólogo da educação estadunidense que muito se importou com a educação e que pode acompanhar de perto a evolução desta em um processo amplo, acompanhando também o desenvolvimento da tecnologia da sua época até o século XXI. Entretanto, o seu pensamento da década de 60, continuou o mesmo até os dias de hoje, para Ausubel (1968, p. 2), se tivéssemos que reduzir toda a psicologia educacional para apenas um princípio, seria: “o fator mais importante na influência da aprendizagem é o que o aluno já sabe. Determine isso e ensine-o de acordo”.

Ausubel era não só apaixonado pela educação, como também mostrava exímio interesse pela evolução do cérebro humano, motivo pelo qual tenha o levado a cursar medicina em Middlesex. Para a própria instituição (MIDDLESEX, 2020) Frederick Winsor, fundador da Universidade, queria que a escola que ele fundou em 1901 fosse distinta dos internatos da época e, desde o início, a Middlesex School ocupou um lugar único no cenário das escolas independentes, e de fato foi para Ausubel.

Ainda de acordo com a sua biografia, (SEEL, 2012) o pesquisador participou efetivamente do serviço militar do EUA, designado para a Administração de Assistência e Reabilitação das Nações Unidas em Stuttgart, Alemanha, trabalhando com pessoas destacadas.

Depois de uma vida extensa de publicações, com mais de 150 artigos publicados somente no campo da psiquiatria e psicologia, ele recebeu o *Thorndike Award* da Associação Americana de Psicologia por "Distintas contribuições psicológicas para a educação".

De acordo com a Associação (THORNDIKE, 2020), o E. L. *Thorndike Career Achievement Award* está entre os prêmios de maior prestígio concedidos aos beneficiários vivos por realizações substanciais na carreira em psicologia educacional. Os vencedores são reconhecidos por pesquisas com a melhor tradição da psicologia educacional, o que significa que o prêmio é conferido por pesquisas originais, científicas e baseadas empiricamente que contribuem significativamente para o conhecimento, teoria ou prática em psicologia educacional.

Dentre os vencedores do prêmio, muitos nomes são visivelmente destacados nesse campo, não só pela obra pela qual venceram, mas pela popularidade que tais pensadores obtiveram no mundo da educação. Dentre eles podemos destacar, conforme tabela abaixo, obras pelas quais recomenda-se uma leitura mais aprofundada, uma vez que não a trataremos nessa pesquisa, servindo apenas como comparativo qualitativo para o que de fato postula-se, com o teórico escolhido, David Ausubel.

Tabela 1: Destaques de ganhadores dos prêmios Thorndike Award, que contribuíram para o cognitivismo.

Ano	Ganhador do EL Thorndike Award	Principais feitos
1982	Robert Glaser	Vinculou teorias de aprendizado, cognição e instrução
1981	Jerome Bruner	Revolução Cognitiva
1977	David Ausubel	Teoria da Aprendizagem significativa
1976	Jean Piaget	Teoria do conhecimento – Cognitivismo
1974	Robert M. Gagne	Condições do aprendizado
1971	Robert Thorndike	Teste de Habilidade Cognitiva

Fonte: Próprio Autor

David Ausubel contribui ao mundo da educação antes de sua aposentadoria, no ano de 1994, nos deixando amparado com diversas literaturas “psicoeducacionais”, afim de que fossemos guiados em suas teorias e entendêssemos de fato o que postulava, para tanto, lista-se algumas de suas principais obras, conforme quadro 1.

Quadro 1: Publicações oficiais de David P. Ausubel do nascimento até a sua morte.

Bibliografias das Publicações de David Ausubel
Desenvolvimento do ego e distúrbios da personalidade. Orlando, FL: Grune & Stratton, 1952.

Teoria e Problemas do Desenvolvimento do Adolescente. Orlando, FL: Grune & Stratton, 1954. (Edição alemã, 1968). (Edição em português. No prelo.) (2ª edição, 1977.) (Edição italiana, 1968,) (2ª edição alemã, 1981).
Álcool e estupefacientes. Manual do professor (com WB Spalding). Springfield: Escritório do Superintendente de Instrução Pública, Estado de Illinois, 1957.
Teoria e Problemas do Desenvolvimento Infantil. Orlando, FL: Grune & Stratton, 1958. Edição revisada (com EV Sullivan), 1970. (Edição alemã, 1974.) (3ª edição, 1980.)
Toxicodependência: Aspectos fisiológicos, psicológicos e sociológicos. Nova York: Random House, 1958.
A samambaia e o tikli Uma visão americana do caráter nacional da Nova Zelândia, atitudes sociais e relações raciais. Sydney, Austrália: Angus & Robertson, 1960. Reeditado por Holt, Rinehart & Winston (Nova York), 1965, e Christopher House (N. Quincy, MA), 1977.
Maori Youth. Um estudo psicológico de privação cultural. Wellington, Nova Zelândia: Price, Milburn, 1961. Reeditado por HoIt, Rinehart & Winston (Nova York), 1965. Reeditado por Christopher House (N. Quincy, MA), 1977.
A psicologia da aprendizagem verbal significativa. Orlando, FL: Grune & Stratton, 1963. (Edição italiana, 1966.)
Leituras na Psicologia da Cognição. (Co-editor com RC Anderson.) Nova York: Holt, Rinehart & Winston, 1965.
Teoria da Aprendizagem e Prática em Sala de Aula. Toronto: Instituto de Ontário para Estudos em Educação, 1967.
Psicologia Educacional: Uma Visão Cognitiva. Nova York: Holt, Rinehart & Winston, 1968. (Edição alemã, 1974.) (2ª edição, 1978.) (Edição espanhola, 1977.) (2ª edição alemã, 1980.) (Edição italiana, 1978.) (Edição italiana, 1978), 1980.) (Edição romena, 1981.) (2ª edição espanhola, 1982).
Aprendizagem escolar: uma introdução à psicologia educacional. (Com Floyd C. Robinson.) Nova York: Holt, Rinehart & WInston, 1969. (Edição britânica, 1971.) (Edição japonesa, com A. Yoshida, 1984.) (Edição australiana, 1972.) (Edição australiana, 1972.) (Edição romena, 1973.)
Leitura na aprendizagem escolar. Nova York: Holt, Rinehart & Winston, 1969. (Edição britânica, 1970.) (Edição Australiana, 1971.)
Psicologia na preparação de professores. (Com John Herbert.) Toronto: Instituto de Ontário para Estudos em Educação, 1969.
Psicologia do Ego e Transtorno Mental. Nova York: Grune & Stratton, 1977.
O que toda pessoa bem informada deve saber sobre a toxicodependência. Chicago: Nelson-Hail, 1980.
Der Erwerb und dam Behalten von Wissen. Beltz Verlag Weinbein, Alemanha Ocidental. (A aquisição e retenção de conhecimentos.) (Escrito em, não traduzido para alemão. Posteriormente retirado da publicação.)
Desenvolvimento do ego e psicopatologia. New Brunswick, NJ, Publicadores de transações (Rutgers University), 1996.
A aquisição e retenção de conhecimento. Dordrecht, Holanda, Kluwer Academic Publishers 2000
Morte e a condição humana. iUniverse, 2002
Teoria e Problemas do Desenvolvimento do Adolescente, 3ª edição iUniverse. 2002

Fonte: Próprio autor

Após exibir as diversas obras, apresentaremos a Teoria de Aprendizagem Significativa, a base teórica do produto educacional, onde trataremos a seguir, de como se dar assimilação de novos conceitos na estrutura cognitiva do aprendiz.

2.2 A teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel

No contexto de aprendizagem significativa, o professor precisa entender que a concepção do aluno se modificará ao longo desse processo, e se faz necessário reconhecer a importância que essa mudança mental traz para o aprendizado do aluno. Ausubel acreditava que eram necessárias duas fases para essa aprendizagem significativa, a disposição para aprender e o potencial significativo de cada conteúdo, que são destacadas por Pelizzari:

> Em primeiro lugar o aluno precisa ter uma disposição para aprender: se o indivíduo quiser memorizar o conteúdo arbitrária e literalmente, então a aprendizagem será mecânica. Em segundo, o conteúdo escolar a ser aprendido tem que ser potencialmente significativo, ou seja, ele tem que ser lógica e psicologicamente significativo: o significado lógico depende somente da natureza do conteúdo, e o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo tem. Cada aprendiz faz uma filtragem dos conteúdos que têm significado ou não para si próprio. (PELIZZARI, 2002, p. 38)

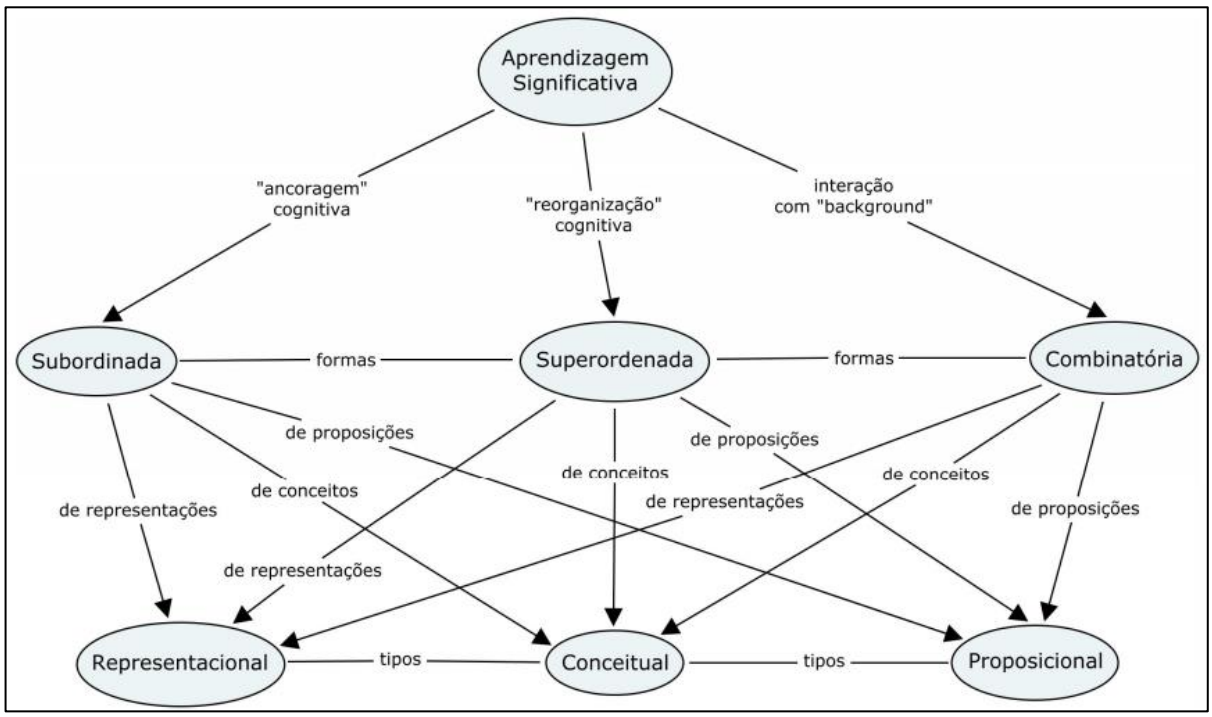
Além disso, de acordo com o pensamento de Pelizzari, essa dualidade de referência, remete as proposições de Ausubel, que partem da consideração de que os indivíduos apresentam uma organização cognitiva interna, baseada em conhecimentos de caráter conceituais, sendo que a sua complexidade depende muito mais das relações que esses conceitos estabelecem em si do que o número de conceitos presentes. Entende-se que essas relações têm um caráter hierárquico, de acordo com o grau de abstração e de generalização. Nesse caso, prevalece que importante é a qualidade do conteúdo apresentado e não a sua quantidade, uma vez que nem sempre um maior número de conceitos entenderá em uma maior aprendizagem.

Para Tavares, a aprendizagem significativa não é um esforço unilateral apenas do professor, ou ainda restrito ao ambiente comum da sala de aula,

> A aprendizagem significativa requer um esforço do aprendente em conectar de maneira não arbitrária e não literal o novo conhecimento com a estrutura cognitiva existente. É necessária uma atitude proativa, pois numa conexão uma determinada informação liga-se a um conhecimento de teor correspondente na estrutura cognitiva do aprendiz; e em uma conexão não literal a aprendizagem da informação não depende das palavras específicas que foram usadas na recepção da informação. Desse modo, podemos ter uma aprendizagem receptiva significativa em uma sala de aula convencional, onde se usam recursos tradicionais tais como giz e quadro-negro, quando existiram condições de o aprendente transformar significados lógicos de determinado conteúdo potencialmente significativo, em significados psicológicos, em conhecimento construído e estruturado idiossincraticamente. (TAVARES, 2004, p. 56)

A figura 3, mostra os principais moldes da aprendizagem significativa e suas ramificações, conforme Moreira (2013). De acordo com o autor, em princípio, cada forma de aprendizagem significativa (subordinada, superordenada e combinatória) pode gerar diferentes tipos de aprendizagem significativa (representacional, conceitual e proposicional).

Figura 3: Um mapa conceitual com formas e tipos de aprendizagem significativa.



Fonte: MOREIRA, 2013.

Para que o conhecimento aconteça de forma satisfatória é necessário que haja uma ancoragem da nova informação, chamada de subsunçor, o conhecimento prévio pertencente ao aluno, que será abordado na seção seguinte.

Segundo Moreira, a aprendizagem significativa a partir da teoria de David Ausubel como sendo:

> Aprendizagem significativa é aquela em que o significado do novo conhecimento vem da interação com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do aprendiz com um certo grau de estabilidade e diferenciação. Nesta interação, não só o novo conhecimento adquire significado, mas também o conhecimento anterior fica mais rico, mais elaborado, adquire novos significados. *Interação* (entre conhecimentos novos e prévios) é a característica chave da aprendizagem significativa. (MOREIRA, 2016, p.31)

Infere-se, portanto que um novo significado atrelado a interação de uma nova informação ou conhecimento, tornar-se-á um novo subsunçor para uma nova informação,

formando assim, um ciclo de aprendizagem, onde o aluno sempre poderá avançar ao próximo nível de conhecimento daquela estrutura que ele já possui.

2.2.1 Subsunçor

Segundo Ausubel (1973), subsunçor é uma estrutura específica na qual uma nova informação pode se agregar ao cérebro humano, que é altamente organizado e detentor de uma hierarquia conceitual, que armazena experiências prévias do sujeito.

Segundo Moreira (2016), a ideia da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, é que, na possibilidade de escolher o fator mais importante da aprendizagem cognitiva, este seria o que o aprendiz já sabe, aquele conhecimento já existente na sua estrutura cognitiva, e o ensino deveria levar em conta tal conhecimento mas, para isso, necessitaria a averiguação previamente deste conhecimento, o subsunçor.

A investigação dos conhecimentos prévios, nesta pesquisa, é por meio da aplicação do questionário usando o aplicativo, e consequentemente um quiz, estabelecendo uma conexão de que o aluno já tem a experiência com a física moderna, por exemplo. Sendo assim a interação entre as informações ocorrerá de forma não arbitrária, isso só sucederá se o aluno tiver um interesse na busca desse conhecimento, fazendo com que haja sentido naquilo que está aprendendo. O que não significa dizer, que em caso de ausência de interesse, o aluno seja excluído do processo de aprendizagem. Por isso, o uso de tecnologias se torna coerente nessa aplicação, pois o aluno não só está com o interesse em mãos, como também está com o material resultante da teoria da aula.

Souza e colaboradores relataram a aplicação de questionários e jogos chamados “Brain Quiz and Games” como processo de aprendizado significativo:

> A atividade “Quiz e Jogos Cerebrais” abordou o conteúdo com antecedência, sendo considerada como organizadora anterior, de modo que pontos de ancoragem foram criados na estrutura cognitiva dos alunos, a fim de servir como subsunçores da etapa posterior, onde o conteúdo foi abordado. (SOUZA et al, 2020, p. 70),

Após a junção do subsunçor com as novas descobertas, que inferimos acontecer diante da aplicação da sequência didática com o uso do aplicativo/Quiz, o conhecimento do aluno tende a ser bem mais organizado com uma maior constância e robustez. Logo, essa nova estrutura de conhecimento servirá como um novo subsunçor, fazendo com que exista uma maior e melhor facilidade a inserção de novas informações. Existirá sempre um ciclo mais robusto

para a ancoragem de uma nova informação. Imaginemos por exemplo que um aluno não saiba absolutamente nada sobre radiação de um corpo negro. Contudo, o professor inicia a aula falando sobre as brasas de carvão. Considerando que o aluno conhece este fenômeno, inserimos então a nova informação sobre liberação de energia através da radiação. Desta forma, uma experiência do aluno ou subsunçor, agora ganha significado para um novo conceito.

Inferimos então, que os conceitos de física moderna e sua a identificação no cotidiano já existem na estrutura cognitiva do aluno, mas onde? A resposta é simples: nos GPS, em aparelhos médicos, em computadores, nos celulares, nos satélites, em tablets, em chips, em nano chips, em cartões de créditos, em lâmpadas, em lanternas. Todos esses conceitos, por menor que sejam, servirão de subsunçores para ancorar novas informações referentes a assuntos de linguagem cientifica. Assim, segundo Moreira (2016), "o uso de organizadores prévios é apenas uma estratégia por ele proposta para, deliberadamente, manipular tal estrutura cognitiva, a fim de facilitar a aprendizagem significativa".

Em tese, subentende-se que as informações se apresentam de maneira desorganizada, ou ainda, de maneiras desconexas. Organizar previamente aquilo que o aluno conhece pode manipular aquilo que o professor quer que ele aprenda, gerando assim um guia para o assunto que o aluno precisa conhecer.

2.2.2 Aprendizagem por descoberta versus aprendizagem mecânica

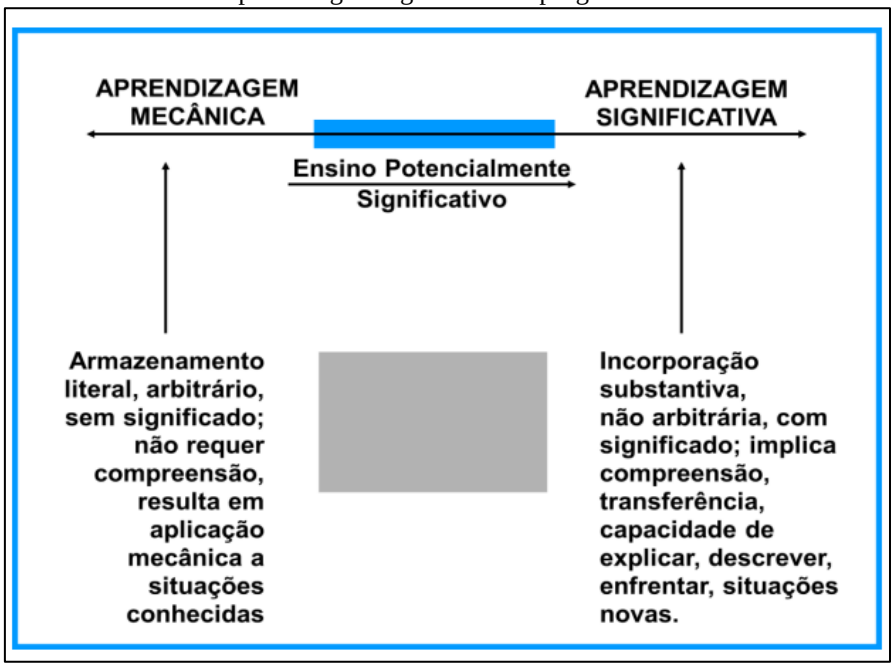
Verifica-se através dos estudos de Ausubel que existem ainda, os tipos de aprendizagem que podemos explorar, já que esta, por sua vez nunca será restrita a se dar de uma única forma.

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) explicam que na aprendizagem por descoberta, quer seja a mecânica ou a significativa, o estudante deve reagrupar informações, integrá-las à estrutura cognitiva existente, reorganizar e transformar a combinação integrada de tal forma que dê origem ao produto final desejado ou à descoberta de uma relação perdida entre meios e fins. Concluída a aprendizagem por descoberta, o conteúdo descoberto torna-se significativo, da mesma forma que o conteúdo apresentado se torna significativo na aprendizagem por recepção.

Assim, para que ocorra a aprendizagem por descoberta, é necessário que o estudante realize um processo de aprendizagem empírica, por meios de associações físicas que coexistem na sua vivência diária. Logo, por meio de processos metodológicos, ocorrerá o aprendizado do conceito mais amplo e melhor definido dentro da própria linguagem cientifica. Observemos

então a Figura 4, com a exemplificação de ambas as aprendizagens dentro do mesmo processo significativo:

Figura 4: O contínuo da aprendizagem significativa-aprendizagem mecânica. A aprendizagem não é ou significativa ou mecânica, não se trata de uma dicotomia. Grande parte do processo de aprender ocorre na zona cinza. A aprendizagem significativa é progressiva.



Fonte: MOREIRA, 2015.

Ressalta-se que a aprendizagem será mecânica quando for exigido do aluno apenas que faça a realização de exercícios com respostas pré-estabelecidas, como por exemplo o cálculo de determinadas situações dentro do conteúdo, sem nenhum significado em potencial; e será significativa quando a construção for compreendida durante o processo de internalização, que podemos relacionar devido a didática interativa do aluno com aplicativos, que é a realidade mais presente no momento.

Para Pheula e Souza, essa geração já vive a realidade da globalização:

> A Geração Z é bem integrada com a tecnologia e mais esperta que as gerações anteriores, pois veio ao mundo já rodeado por computadores e telefones celulares, tendo, desta forma, seu comportamento estimulado na velocidade com que chegam as informações na rede. Com todo e qualquer tipo de informação ao seu alcance, o grande desafio destes jovens é conseguir filtrar aquilo que realmente lhes é útil. (PHEULA E SOUZA, 2016, pg. 60)

A inserção rápida à globalização, não carrega apenas benefícios, existe a comodidade de ter acesso, tão rápido e conveniente, às tecnologias. Os jovens se tornem uma geração cômoda, aceitando o funcionamento de tudo, não interessados nos processos conceituais

científicos e de engenharia. Considere o exemplo, a comunicação telefônica entre as pessoas no mundo e a relatividade restrita de Einstein. Muitos alunos encontrarão dificuldades em correlacioná-los. Porém, não significa que o aluno não possui um subsunçor, mas está inativo, a espera de um conteúdo inserido a um produto com potencial significativo para resultar em uma aprendizagem significativa.

2.3 Significado e aprendizagem - retenção significativa.

O material que será apresentado como estratégia para essa transposição didática de conteúdo, afim de obter uma aprendizagem única, está diretamente ligado com a recepção do aluno. Infere-se, pois, que uma vez sendo o material não é atrativo para o aluno, ele tenderá a ter aversão e, consequentemente, uma retenção significativa menor que a dos demais colegas. Entretanto, não cabe inferir que o aluno não tenha uma aprendizagem única. Todo conteúdo por menor abstraído que seja, junto ao significado já existente (subsunçores), ganha um novo significado, tornando-se assim único.

Para Ausubel,

> A aprendizagem por recepção significativa envolve, principalmente, a aquisição de novos significados a partir de material de aprendizagem apresentado. Exige quer um mecanismo de aprendizagem significativa, quer a apresentação de material potencialmente significativo para o aprendiz. Por sua vez, a última condição pressupõe (1) que o próprio material de aprendizagem possa estar relacionado de forma não arbitrária (plausível, sensível e não aleatória) e não literal com qualquer estrutura cognitiva apropriada e relevante (i.e., que possui significado 'lógico') e (2) que a estrutura cognitiva particular do aprendiz contenha ideias ancoradas relevantes, com as quais se possa relacionar o novo material. A interação entre novos significados potenciais e ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz dá origem a significados verdadeiros ou psicológicos. Devido à estrutura cognitiva de cada aprendiz ser única, todos os novos significados adquiridos são, também eles, obrigatoriamente únicos (AUSUBEL, 2003. p. 1)

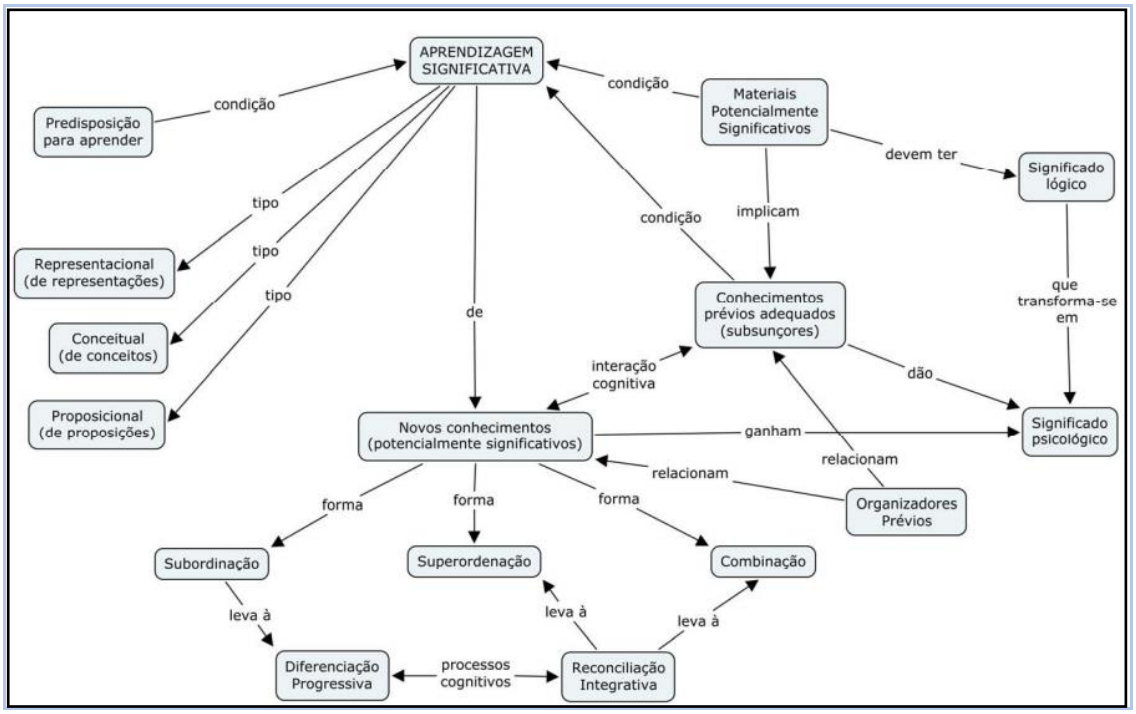
Cabe então a nós educadores, entendermos com coerência a diferença entre Aprendizagem significativa e Aprendizagem de material significativo, pois apesar de serem semelhantes, não são sinônimos. É preciso entender, portanto que todo material utilizado em sala de aula, tem o seu devido potencial significativo, podendo esse potencial ser atingido em sua plenitude máxima, como também não ser bem recepcionado pelo corpo de discentes.

O próprio material apresentado em sala pode ter em sua estrutura básica componentes já significativos, como por exemplo, os materiais que são montados a partir de conceitos definitivamente bem aceitos no campo da física moderna. Mas cada abstração de aplicabilidade do dia a dia por exemplo, passa a ser potenciais significativos. Para estes casos, é necessário

atentar para o perigo da memorização, uma vez que o conteúdo significativo inserido no material utilizado pode ser aprendido por memorização, caso o próprio mecanismo de aprendizagem do aluno não seja significativo.

A aprendizagem significativa de Ausubel, foi esquematizada por Moreira (2013) em um mapa conceitual, como mostra a figura 5.

Figura 5: Um mapa conceitual para a aprendizagem significativa de Ausubel**.**



Fonte: MOREIRA, 2013.

Para Moreira,

> Aprendizagem significativa é o conceito-chave da teoria. Por isso ocupa, no mapa, uma posição hierarquicamente superior. As condições para sua ocorrência, em situação de ensino-aprendizagem, são a predisposição para aprender e a existência de materiais potencialmente significativos. Esta condição, por sua vez, implica que esses materiais tenham significado lógico e o aprendiz tenha conhecimentos prévios adequados para transformar o lógico em psicológico. O mapa destaca também os tipos (representacional, conceitual e proposicional) e as formas (subordinada, superordenada e combinatória) de aprendizagem significativa. (MOREIRA, 2013, p. 2)

Dentre tantas obras de Ausubel, a aprendizagem significativa sempre foi o conceito chave para o desenvolvimento de suas teorias, por isso na maioria de suas publicações, apresenta um grau hierárquico superior.

2.4 Aprendizagem por memorização versus aprendizagem significativa

É muito comum e desesperador ao mesmo tempo, o acúmulo de conteúdos em véspera de prova. Os alunos são superlotados de atividades que na maioria das vezes exige uma aprendizagem mecanizada, que por sua vez, acaba despertando nele um instinto de memorizar aquilo que é útil, fazendo com que seu cérebro despreze tudo que ele considera não útil para as provas, ou ainda que o professor não listou como conteúdo de prova. Essa dificuldade é percebida quando o professor precisa continuar o conteúdo com base no anterior lecionado e os alunos apresentam nenhum conhecimento das aulas passadas. Para Ausubel, a própria reprodução do conteúdo memorizado é comprometido,

> Quer na aprendizagem por memorização, quer na significativa, a reprodução real do material retido também é afetada por fatores tais como tendências culturais e de atitude e pelas exigências de situação específicas do próprio âmbito de reprodução. Estas diferenças entre os processos de aprendizagem por memorização e significativa explicam, em grande parte, a superioridade da aprendizagem e da retenção significativas em relação aos correspondentes por memorização. (AUSUBEL, 2003, p. 4).

Portanto, Ausubel acreditava que não é desprezível em sua totalidade a memorização, uma vez que para isto o aluno poderá levar consigo os primeiros subsunçores, por vezes sem significado naquele momento, mas podendo tonar-se a ser significativo, quando atribuído determinado significado, ou quando aplicado determinado material com potencial significativo. Todavia, o psicólogo educacional enxerga uma superioridade extremante significante quando não precisa reverter ou recriar um processo que pode começar da maneira correta, seria então o caso da aprendizagem significativa, onde o aluno retém o conhecimento de maneira arbitrária, associando a nova informação ao subsunçor existente, e entende simplesmente porque aquilo que está aprendendo ganha aplicabilidade. Conforme o autor:

> A retenção significativa é superior à retenção por memorização devido a razões provenientes das considerações processuais respectivas em cada um dos casos. Durante o intervalo de retenção, os significados acabados de surgir, como resultado da interação entre as novas ideias do material de aprendizagem e as ideias relevantes (ancoradas) da estrutura cognitiva, ligam-se e armazenam-se a estas ideias ancoradas altamente estáveis. Obviamente, esta ligação protege os novos significados das interferências arbitrárias e literais que rodeiam, de forma proativa e retroativa, as associações memorizadas. (AUSUBEL, 2003, p. 15)

Desta forma, propõe-se então que apesar de existirem diferenças extremas entre ambas, elas não são completamente dicotômicas entre si. Inferindo existir então processos em que a aprendizagem prática pode se colocar em um contínuo de memorização significativa. Entra-se então nesse contexto a aprendizagem representacional (ex.: aprendizagem de nomes de

conceitos), por exemplo, que está muito mais próxima da extremidade memorização do que dentro do campo de aprendizagem conceituais ou proposicionais, visto que o processo engloba elementos significativos de relação arbitrária e literal para com o próprio referente na estrutura cognitiva.

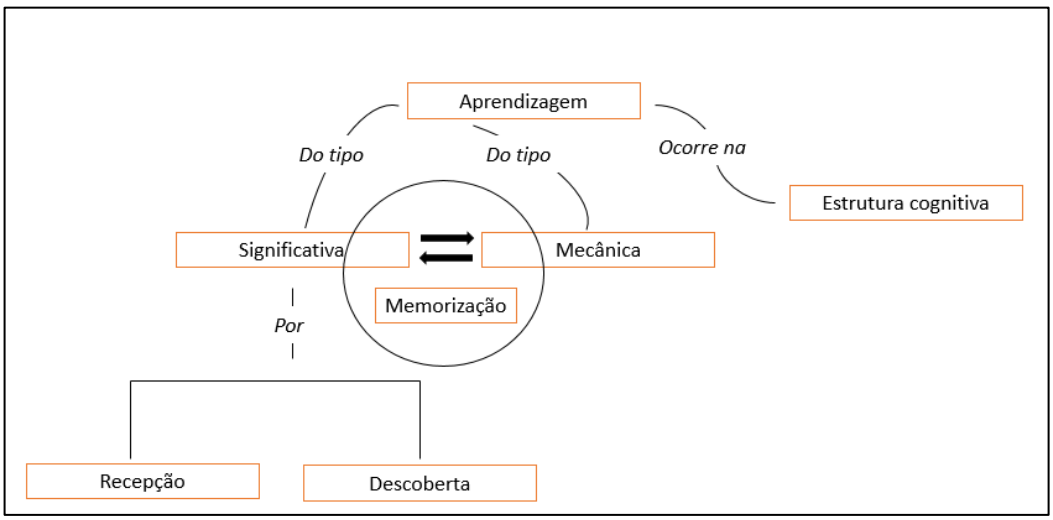
Por vezes, também acontecerá nesse estrito de relação ensino-aprendizagem a aprendizagem por memorização e a significativa seguirem-se de maneira conjunta, sucessivas entre si, com um mesmo material de aprendizagem com potencial significativo, tal como, por exemplo, no caso de um professor que necessita, em primeiro lugar, de apreender por si próprio os conteúdos de maneira significativa e, depois, memorizá-las literalmente, tendo como objetivo a aula.

Para Moreira, fica então entendido que a aprendizagem mecânica será:

> Aquela na qual o sujeito memoriza novos conhecimentos como se fossem informações que podem não lhe significar nada, mas que podem ser reproduzidas a curto prazo e aplicadas automaticamente a situações conhecidas. Nesse processo, há pouca ou nenhuma interação entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios. Trata-se de uma memorização sem significado, mas que serve para ser reproduzida literalmente nas próximas horas ou, talvez, nos próximos dias. Quer dizer, a retenção é bastante baixa. (MOREIRA, 2013, pág. 10)

Para organizar melhor a concepção sobre a memorização, de acordo com a visão de Ausubel, verifiquemos então a figura 6**,** baseada em suas proposições e montada pelo autor de acordo com seu livro Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva.

Figura 6: Organograma representando a posição da memorização no processo de aprendizagem de David Ausubel.



Fonte: Adaptado, (Ausubel, 2003), pelo próprio autor.

A Memorização é, portanto, considerado um fluxo contínuo entre as aprendizagens do tipo, significativa e mecânica, levado o aluno a obter esse conhecimento por meio da recepção ou ainda da própria descoberta.

2.5 Unidade de Ensino Potencialmente Significativo (UEPS)

A Teoria de Aprendizagem Significativa é a base teórica do trabalho, uma vez que o Quiz, se propõe com embasamentos no trabalho de Ausubel. Uma vez que pretendemos enfatizar diretamente o conteúdo dos livros de física moderna com as atividades rotineiras do cotidiano do ano.

De acordo com Sampaio e Almeida (2015), em que analisaram um quiz como um recurso pedagógico, "os resultados comparativos por meio de resolução de questões antes e após a aplicação do Quiz Dominó de Física descortinou uma grande ferramenta disponível para fomentar uma aprendizagem significativa".

Sobretudo, salienta-se a dificuldade de fazer tais assimilações quando apenas nos últimos anos a contemporaneidade dos conteúdos tem se destacado dentro dos materiais didáticos, até pela sua constante complementação acontecendo diariamente pelas novas descobertas, como é o caso do Bóson de Higgs (GEORGES, 2012) ou das Ondas Gravitacionais (ABBOTT, 2016). Então, busca-se, o pensamento colocado por Ausubel:

> A arte e a ciência de apresentação de ideias e de informações de modo significativo e eficaz – de forma a surgirem significados claros, estáveis e não ambíguos e a existir uma retenção durante um período de tempo considerável, como um conjunto de conhecimentos organizados – é, na verdade, a principal função da pedagogia. Esta é uma tarefa exigente e criativa e não rotineira nem mecânica. A tarefa de seleção, organização, apresentação e tradução do conteúdo das matérias, de uma forma apropriada em termos de desenvolvimento, exige mais do que uma simples listagem de fatos. Caso seja feita corretamente, trata-se do trabalho de um professor capacitado e dificilmente se pode desdenhar. (AUSUBEL, 2003, p. 52)

Dessa forma é, portanto, visível que a visão de Ausubel ao tratar de "Tradução do conteúdo das matérias" é um sinônimo direto para transposição didática do conteúdo apresentado, através do uso de materiais potencialmente significativos, quer sejam eles experimentos que visem reprodução dos fatos, quer seja uma sequência didática, bem selecionada e organizada de maneira correta.

Uma UEPS, está composta dentro da Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Dentro de uma UEPS, destacam-se dois pontos principais para que a aprendizagem

possa ocorrer: O material deve ser potencialmente significativo e o aluno deve demostrar uma disposição para aprender.

2.5.1 *O Quiz como uma UEPS*

Para entendermos, portanto, como o Quiz pode ser amparado pelas teorias de Ausubel (ALVES, 2015), ancora-se sua elaboração como uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativo.

O uso de Quiz como UEPS foi abordado por Silva, na busca de ensinar física a partir de concepções espontâneas dos aprendizes:

> Como foi evidenciado na aplicação desse produto, o objeto educacional é potencialmente significativo e os professores que se disponham a trabalhar com ele em suas aulas, podem usar a imaginação e encontrar outras formas de utilizá-lo. Ele é um software livre, que foi desenvolvido para permitir ser editado da maneira que o usuário necessitar. (SILVA, 2015, p. 86)

Segundo Moreira (2017), a interação cognitiva entre conhecimentos novos e prévios é a característica chave da aprendizagem significativa, aprendizagem com significado, compreensão, capacidade de aplicação, de transferência. O autor esclarece em uma de suas obras que UEPS se faz necessário oito passos para sua construção. Estes passos estão destacados no trabalho de Souza (2018), conforme mostra quadro 2. Ressalta-se que a UEPS, nasce a partir da Teoria de Ausubel, e com base nesses oito passos, enquadra-se a aplicação do nosso produto, como sendo parte integrante do desenvolvimento de cada etapa do processo, para isso, exemplifica-se no quadro 2. Relacionamos de maneira resumida os passos seguidos para correlação com uma UEPS, nos procedimentos metodológicos detalharemos todos os passos.

Quadro 2: Oito aspectos sequenciais de acordo com Moreira (2011) para elaboração de uma UEPS.

Aspectos sequenciais de uma UEPS	Desenvolvimento e aplicação do Quiz
1. Definir o tópico a ser abordado, resgatando o conhecimento prévio, e as relações que podem ser estabelecidas com o novo conhecimento.	O conteúdo abordado é a física moderna
2. Proporcionar situações para externalizar o conhecimento prévio dos alunos.	Essa é a fase de aplicação do questionário
3. Introduções ao tópico com situações que relacionem a nova informação com o conhecimento prévio (subsunçor) e o novo conteúdo.	Etapa de passagem de séculos e evolução das leis físicas

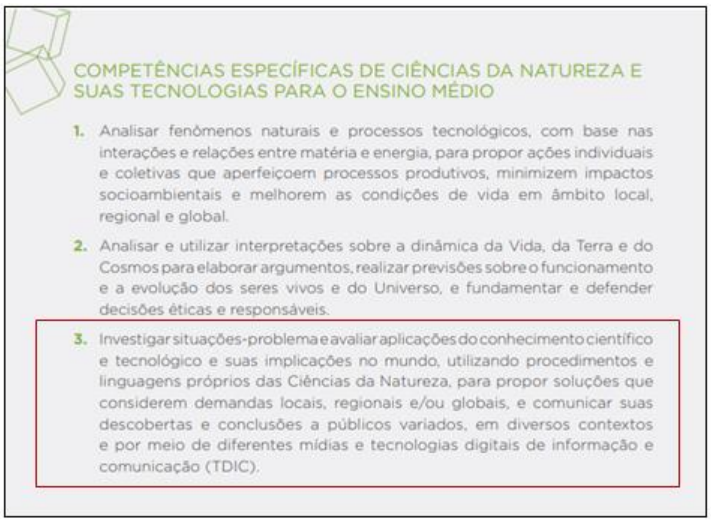
4. Apresentar os conteúdos partindo dos assuntos mais gerais para os mais específicos.	Abordagem interativa do professor
5. Retomada dos aspectos mais gerais dos conteúdos, com progressiva complexidade e interação entre o grupo, envolvendo negociação e significados.	Resolução de exercícios propostos pelo material didático
6. Abordagem de maior complexidade, com diversificação das atividades em uma abordagem integradora e colaborativa.	Desafio em criar questões sobre o conteúdo
7. Avaliação Processual e formativa da aprendizagem	O questionário inicial é reaplicado
8. Avaliação da UEPS, seguindo evidências da Aprendizagem Significativa.	Quantificação de erros e acertos para mapeamento de possíveis melhorias do material

Fonte: (Souza, 2018, p. 2) apud (Moreira, 2011), adaptado pelo próprio autor.

O motivo em considerar o produto educacional como sendo uma UEPS, é a possibilidade de oferecer ajudar ao professor no desenvolvimento de uma melhor sequência didática para outros conteúdos. Vale ressaltar que não somente os conteúdos da disciplina de física estão restritos a serem tratados de tal forma, podendo de estender a qualquer outra disciplina. Não só o uso do Quiz, como a utilização do produto como sendo uma UEPS, podem ajudar o professor na identificação sobre os conteúdos das quais os alunos apresentam dificuldades.

Além disso, alcança-se assim as competências previstas pela Base Nacional Comum Curricular, conforme figura 7, prevista para o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, visando uma atenção detalhada para o tópico 3.

Figura 7: Competências para o Ensino de Física para o Ensino médio na BNCC


COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS PARA O ENSINO MÉDIO

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.
2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Fonte: BRASIL, 2019.

3. Revisão bibliográfica

É sabido que a proposta para inovar em um campo educacional, como desenvolvido no ensino de física moderna neste trabalho, é resultado da construção de outros pesquisadores, como um fio condutor que norteou os resultados esperados, e as especulações feitas. Considerado assim, as fronteiras do conhecimento em outras pesquisas. Para tanto separamos algumas obras, pela qual compara-se os resultados adquiridos nesse trabalho, assim como se baseou a sua estrutura.

3.1 Obras baseadas para a inserção de física moderna no ensino médio

Inicia-se tais especulações a partir da Obra de (Ostermann e Moreira, 2016) com o título: *Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.* A pesquisa apresentada pelos autores traz uma revisão bibliográfica ampla sobre pesquisas na internet e o desenvolvimento de trabalhos sobre Física Moderna no Ensino Médio.

(Oliveira et. al, 2007), sobre o título: *Física moderna no Ensino Médio: o que dizem os professores*, abriu os olhos da pesquisa sobre a visão do professor diante da dificuldade de ensinar tais conteúdos em sala de aula, devido à pouca repercussão de materiais didáticos nessa área e a escassez de tais conteúdos no livro didático.

A Obra de (Cavalcante e Tavolaro, 2004), sob o título: Uma oficina de física moderna que vise a sua inserção no ensino médio, mostrava o desenvolvimento de uma oficina trabalhando os conceitos do comportamento dual da luz. A princípio o comportamento dual é apenas uma das ramificações que pretendia-se trabalhar durante o processo de física moderna no presente trabalho. Todavia, a ideia de implementações de oficinas em forma de aula, foi uma fronteira que quebramos também nessa aplicação, com o objetivo de roupar a aula com uma maior atratividade para os alunos. Aquém disso, tratar o produto como sendo uma UEPS, fez com que os alunos estivessem ainda mais ativos no processo de ensino aprendizagem.

A obra sobre o título: *Física Moderna no Ensino Médio: um experimento para abordar o efeito fotoelétrico* (Silva, 2012), foi também uma parcela de pensamento para repensar diferentes maneiras de abordar o ensino de física moderna no ensino médio, uma vez que este, tratava de recursos tecnológicos, que também são objetivos desta pesquisa.

(Brockington e Pietrocola, 2016) trouxeram a luz o pensamento de possibilidade de transposição didática de conteúdos considerado pelos pesquisadores, como sendo de difícil entendimento. Investigar se tal conteúdo já havia sido aplicado de maneira diferente e com fácil aplicabilidade foi um dos focos que se propuseram com a obra especificada. Criar novos materiais são sempre grandes desafios, para não fugir do conteúdo proposto. Os próprios autores sugerem uma abordagem dentro do cotidiano dos alunos:

> Para o aluno, esta idéia de simplificação do conhecimento transforma-se em um obstáculo ainda maior. A imensa maioria dos conceitos apresentados aos alunos tem pouco (às vezes nenhum) significado para eles. Assim, aquilo que lhes é ensinado difere totalmente do que vivenciam fora da escola. Com isso, raramente conseguem aplicá-los em qualquer outra situação que não sejam aquelas fornecidas dentro da sala de aula. As famosas "condições ideais" só existem nos livros. (Brockington e Pietrocola, 2016, p. 389.)

Nasce a partir de tal trabalho, a ideia de fazer com que o aluno se sinta confortável dentro de sua própria linguagem, fazendo de acordo com Ausubel, na Teoria de Ensino Aprendizagem, que seus subsunçores sejam fatos e coisas que estão acostumados a verem no seu dia a dia, como um fim para ancorar uma nova informação. Esta nova informação sendo agora uma mais complexa, mas que carregue significado na visão do discente.

Trazendo à tona o ponto de vista físico, no quesito conteúdo da disciplina, optamos por livros que trouxeram uma visão mais clara a respeito dos conteúdos, em uma abordagem voltada para o ensino médio. Dentre eles destacamos, (Sant'Anna, 2010), (Junior et. al, 2007) e (Torres et. al, 2016). Além disso, para termos que exigiam um grau maior de compreensão, utilizamos um dicionário de física (Roditi, 2005).

A luz da fundamentação teórica do trabalho, as obras de David Paul Ausubel foram excepcionais para a percepção de aprendizagem, a partir da metodologia que todos os trabalhos de certa forma contribuíram. Para tanto, destaca-se: (Pelizzari, 2002) retratando a aprendizagem significativa de acordo com a visão de Ausubel; (Griebeler, 2012), mostrando a inserção da física quântica no ensino médio como uma unidade de ensino potencialmente significativa; (Moreira, 2011) e (Moreira, 2016) na visão da aprendizagem significativa reinventada com o uso dos mapas mentais.

Os trabalhos atribuídos acima, formam um acervo literário norteador para o desenvolvimento do pensamento defendido ao longo desta contribuição para o ensino de física. Reitera-se que outros autores fizeram parte significativa para o desenvolvimento da proposta apresentada, bem como são citados no discorrer desta obra.

4. Física Moderna

Este capítulo destina-se à apresentação dos conteúdos sobre física moderna ou física moderna contemporânea que foram abordados no desenvolvimento da sequência didática e na aplicação produto educacional. Como são muitos fenômenos que estão compreendidos dentro da física moderna, exploraremos os conceitos relacionados com os fenômenos como a radiação do corpo negro, teoria da relatividade restrita, ondas de matéria, descoberta do fóton, efeito fotoelétrico e efeito Compton.

Antes de entrar propriamente na física moderna, abordaremos alguns conceitos da teoria eletromagnética de Maxwell, tendo em vista que o eletromagnetismo clássico estabeleceu a passagem da física clássica para física moderna com a definição da luz como uma onda eletromagnética, bem como é uma ciência considerada contemporânea e presente na atual tecnologia.

4.1 Ondas Eletromagnéticas e seu espectro – De Maxwell a Hertz

De acordo com Roditi, (2005), James Clerk Maxwell (1831 – 1879) é considerado um dos maiores físicos-matemáticos, estando no mesmo calibre de Isaac Newton (1643 – 1727) e de Albert Einstein (1879 – 1955). Os trabalhos de Maxwell na área de eletricidade e magnetismo foram uma de suas maiores contribuições dentro da ciência, como exemplo, as equações de Maxwell e consequentemente as ondas eletromagnéticas.

De acordo com Sant'Anna:

> Na segunda metade do século XlX, o físico escocês James Clerk Maxwell, provou que o magnetismo e a eletricidade são diferentes aspectos da mesma teoria física. Maxwell demostrou que esses campos se propagam como ondas, denominadas ondas eletromagnéticas, e que a luz é uma onda desse tipo. (SANT'ANNA, 2010, p. 315)

Para Oberziner (2008), as equações de Maxwell formam um conjunto de equações diferenciais parciais lineares que governa os campos elétrico $\vec{E}$ e magnéticos $\vec{B}$, estes em relação ao espaço e tempo, de acordo com as distribuições de cargas ρ e correntes $\vec{J}$, sob determinadas condições de contorno. Considerando que o meio é o vácuo, estas equações são dadas, na forma diferencial, por:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \tag{1}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \tag{2}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \tag{3}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \tag{4}$$

A equação (1) é a lei de Gauss para os campos elétricos estáticos divergentes, que é deduzida, considerando simetrias, da lei de Coulomb e do princípio da superposição. Onde $\varepsilon_0 = 8{,}85 \times 10^{-12}\ \mathrm{C^2/N \cdot m^2}$ é a permissividade do vácuo. A equação (2) é a lei de Gauss para os campos magnéticos rotacionais, que prediz a inexistência de monopólios magnéticos. A equação (3) é a lei de indução de Faraday, esta é a primeira evidência de unificação de interações fundamentais. E por fim, a equação (4) é a lei de Ampère-Maxwell, onde $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{T \cdot m/A}$. Esta última equação, é a Lei de Ampère, deduzida da lei de Biot-Savart, mais a contribuição de Maxwell.

Maxwell considerou o fenômeno "inverso" analisado por Faraday, ou seja, campos elétricos variantes no tempo produz campos magnéticos. Esta suposição levaria à explicação do comportamento da luz como uma onda eletromagnética. Para exemplificar esta afirmação, vamos analisar no vácuo e na ausência de cargas $(\rho = 0)$ e correntes $(J = 0)$, as equações de Maxwell ficam

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = 0, \tag{5}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0, \tag{6}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \tag{7}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}. \tag{8}$$

Aplicando a seguinte identidade matemática

$$\vec{\nabla} \times \left(\vec{\nabla} \times \vec{E}\right) = \vec{\nabla}\left(\vec{\nabla} \cdot \vec{E}\right) - \nabla^2 \vec{E}, \tag{9}$$

Onde o lado esquerdo é

$$\vec{\nabla} \times \left(\vec{\nabla} \times \vec{E}\right) = -\vec{\nabla} \times \left(\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\right) = -\frac{\partial\left(\vec{\nabla} \times \vec{B}\right)}{\partial t} = -\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t},$$

E portanto, sabendo que o primeiro termo do lado direito, da equação 9, é nulo, obtemos

$$\nabla^2 \vec{E} - \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = 0. \tag{10}$$

O mesmo procedimento nas equações de $\vec{B}$ leva à

$$\nabla^2 \vec{B} - \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0, \tag{11}$$

isto é, no vácuo os campos elétrico e magnético se propagam satisfazendo a equação de onda clássica em três dimensões, com velocidade

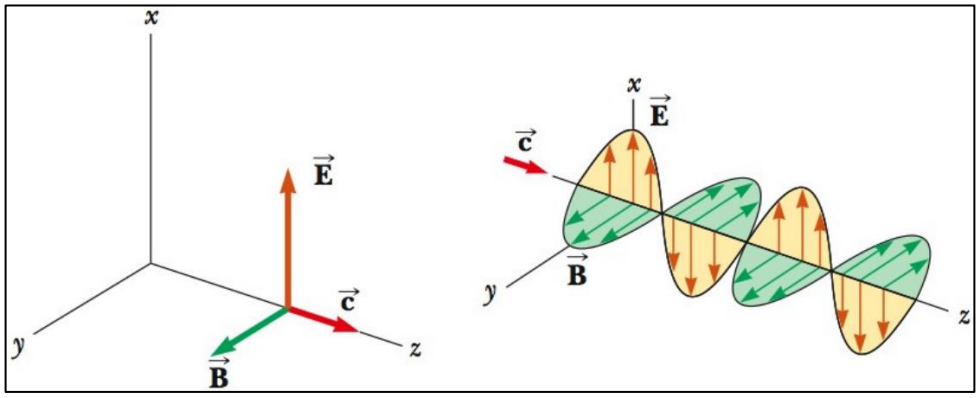
$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 .\ \mu_0}} = 2{,}998 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Como os campos elétricos e magnéticos são tridimensionais, cada componente de $\vec{E} = (E_x, E_y, E_z)$, idem para $\vec{B}$, satisfaz uma equação de onda. Neste caso, considerando $\vec{E} = E_x(z,t)\hat{\imath}$, em que $E_y = E_z = 0$, a equação 11 fica

$$\nabla^2 E_x - \frac{1}{c^2}\frac{\partial E_x}{\partial t} = 0. \tag{12}$$

Para encontrar $\vec{B}(z,t)$, usamos as equações de Maxwell e após algumas manipulações matemáticas, obtemos $B_y(z,t) = E_x(z,t)/c$, onde $B_x = B_z = 0$. Portanto, os campos se propagam ortogonais entre si e com direção dada por $\vec{E} \times \vec{B}$. A representação esquemática de uma onda eletromagnética está mostrada na figura 8:

Figura 8: Representação esquemática da propagação das ondas eletromagnéticas.



Fonte: SEARS, 1998.

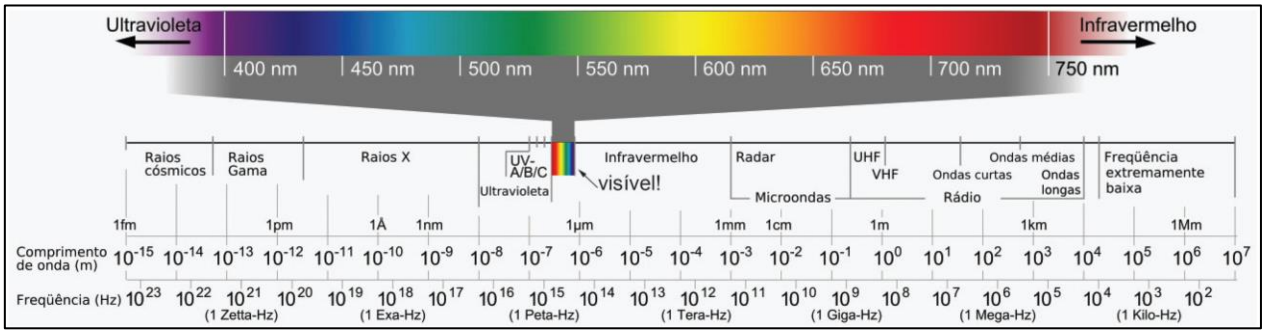
Com a formulação matemática das ondas eletromagnéticas, dada por Maxwell, o físico Heinrich Rudolf Hertz (1857 – 1894) demonstrou a existência da radiação eletromagnética, criando aparelhos emissores e detectores de ondas de rádio. Segundo Roditi.

> Foi o primeiro cientista a transmitir as ondas eletromagnéticas que foram na época, chamadas de ondas Hertzianas, e mais tarde, de ondas de rádio. Hertz provou que, conforme as predições de Maxwell e Faraday, essas ondas podiam ser transmitidas pelo ar e percebeu que a velocidade das mesmas era igual à da luz. Com comprimentos de ondas maiores, e podia ainda ser refletidas e refratadas. Em homenagem a esse cientista, essa unidade de medida ficou conhecida como Hertz. O físico descobriu ainda o efeito fotoelétrico. Hertz se doutorou, em 1880, na universidade de Berlim, orientado por Helmholtz. Em 1885, tornou-se professor em Karlsruhe, onde realizou seu trabalho sobre ondas e, em 1889 assumiu a posição de professor na universidade de Berlim. (RODITI,2005. p. 115)

De acordo com Mangili (2012), podemos dizer que Hertz já tinha fortes suposições e motivos para acreditar que as descargas elétricas geradas nos experimentos que ele administrava, poderiam, de certa forma, ser comparadas com a luz.

De acordo com Sant'Anna (2010) algumas décadas após a descoberta das ondas eletromagnéticas uma verdadeira revolução se iniciou, foi possível produzir ondas eletromagnéticas das mais diferentes formas. Como a frequência é uma grandeza física que caracteriza uma onda, diferentes frequências indicam diferentes tipos de ondas, já o conjunto de todas essas ondas é chamado de espectro eletromagnético, como está representado na figura 9.

Figura 9: Espectro eletromagnético e seus respectivos comprimentos de ondas e frequências.



Fonte: MICHA, 2011.

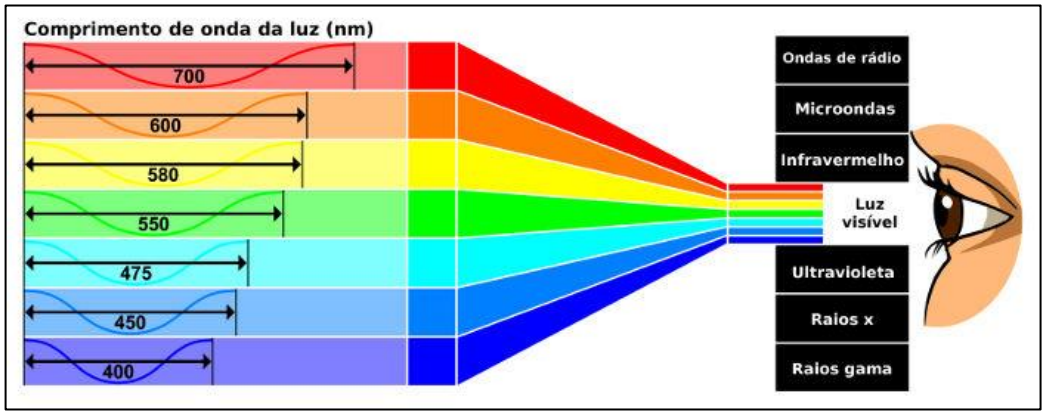
O espectro eletromagnético mostra o entendimento do homem sobre o comportamento das ondas eletromagnéticas. Esse conjunto de ondas com comprimentos diferentes revolucionaram diversas áreas na vida do ser humano na terra, facilitando o avanço da ciência médica, os avanços nas áreas alimentícias e até mesmo os avanços nas áreas de telecomunicação.

4.1.1 *Algumas ondas eletromagnéticas e suas aplicações*

- A luz visível

Grande parte das informações que chegam até o nosso cérebro, chegam através da nossa visão. Esta por sua vez, só é permitida devido a luz visível, que provoca uma sensação visual, dados pelos elementos sensórios permitidos pela retina. A luz visível no espectro eletromagnético corresponde em torno de 1/8 do total. Dentro desse espectro o olho humano capta ondas com comprimento de onda entre 400 a 760 nm, onde ficam disponíveis todas as cores observáveis, desde as cores quentes (comprimento de onda maior) até as cores frias (comprimento de onda menor), como mostra figura 10. Um fenômeno que podemos observar todas essas cores é o arco íris, (vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta).

Figura 10: Espectro de luz visível, representando as suas cores e seus respectivos comprimentos de onda.



Fonte: HELERBROCK, 2020.

De acordo com Sant'Anna (2010, p. 318): "a luz visível são as radiações eletromagnéticas compreendidas entre 10^{14} e 10^{16} Hz, são capazes de sensibilizar a visão humana [...] é por meio delas que construímos a percepção da realidade que nos cerca".

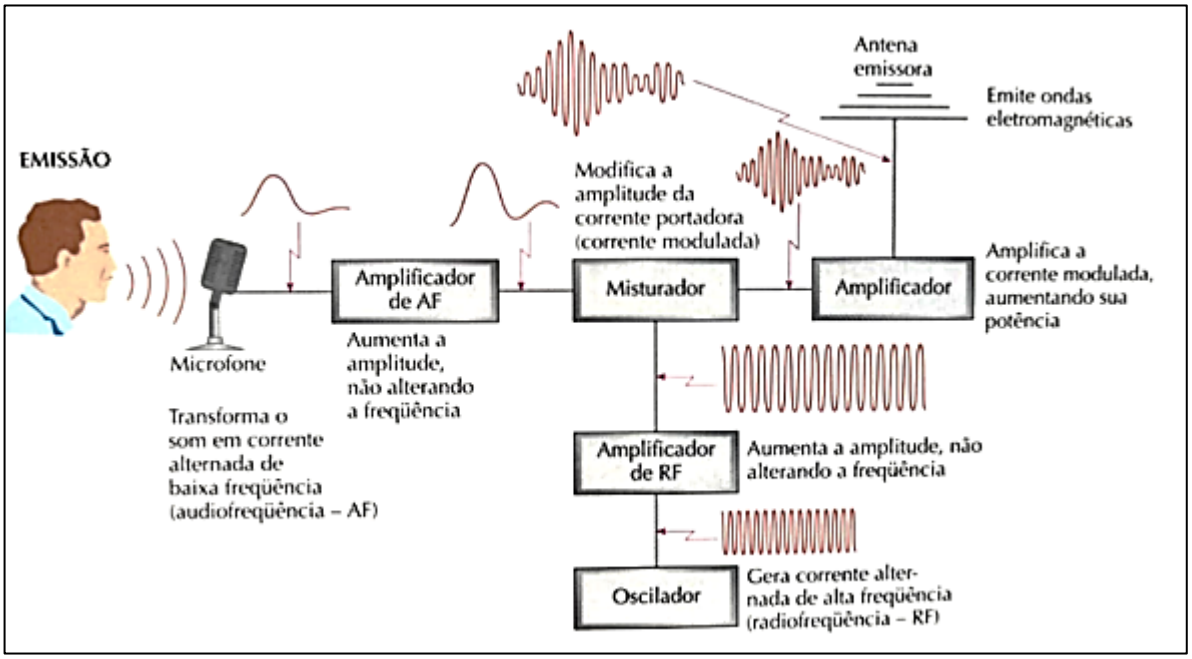
- As Ondas de Rádio

As ondas de rádio podem ser definidas como ondas eletromagnéticas cujas frequências se encontram na região compreendida entre 3 quilohertz e 300 giga-hertz e que são utilizadas em emissão e recepção radiofônicas. Essas ondas podem ser geradas pelo movimento oscilatório senoidal de elétrons, que ocorre em uma antena transmissora submetida a uma corrente elétrica alternada. Complementando com Torres (2016. p. 123

> As ondas de rádio são usadas não apenas em transmissões radiofônicas ou em telegrafia sem fio, mas também em transmissões telefônicas, televisão, radar etc. No Brasil, a atribuição, a destinação e a distribuição das faixas de frequências são regulamentadas pela Agência Nacional de Telecomunicação (Anatel). Algumas dessas faixas são dedicadas as tecnologias sem fio (Wireless) e usadas por exemplo em aviões, controles remotos de garagens, sistemas de alarme, telefones sem fio, babás eletrônicas e brinquedos de controle remoto. (TORRES, 2016, p. 123)

A figura 11 mostra o processo de emissão de ondas de rádio. A pessoa emite ondas sonoras que são recepcionadas pelo microfone, que transformam o som da voz em corrente elétrica alternada de baixa frequência, enviando as ondas para um amplificador que aumenta a amplitude da onda, preservando a frequência da onda.

Figura 11: Processo de emissão de ondas de rádio.

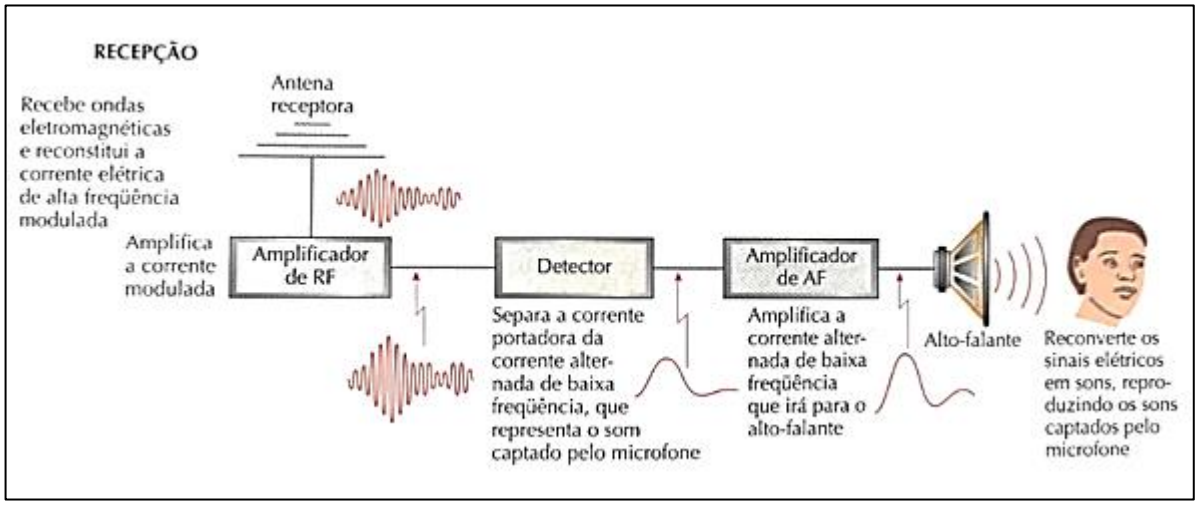


Fonte: JUNIOR, 2007.

O misturador recebe as ondas do amplificador e modifica (combinação de sinais de entrada) novamente a sua amplitude para uma amplitude de corrente portadora, também conhecida como corrente modulada. O misturador pode encaminhar as ondas para um amplificador de radiofrequência (RF) ou ainda enviar para um novo amplificador, a fim de aumentar a sua potência. No primeiro caso, o amplificador de RF aumenta a amplitude e envia para um oscilador, que vai gerar uma corrente alternada de alta frequência apenas em ondas rádio. No segundo caso, o amplificador modula a corrente e aumenta sua potência, enviando as ondas no formato eletromagnético para as antenas emissoras que redirecionam para os devidos equipamentos eletrônicos.

Já a figura 12 mostra o processo de recepção das ondas, uma antena receptora ligada a um amplificador de Rádio Frequência recebe a onda e reconstitui no formato de corrente elétrica de alta frequência modulada. O detector recepta a onda e separa a corrente portadora da corrente alternada de baixa frequência, que representa o som captado pelo microfone ainda no processo de emissão. Sem perder as ligações, um amplificador de AF, aplica a corrente alternada de baixa frequência e só então encaminha para a saída de som, podendo ser um alto falante, um fone de ouvido, uma caixa de som ou outros dispositivos sonoros. Vale ressaltar ainda a diferença entre RF e AF, o primeiro ajuda a aumenta a amplitude da onda, mantendo-a no padrão de frequência das ondas de rádio e o segundo a diminui.

Figura 12: Processo de recepção de ondas de rádio



Fonte: JUNIOR, 2007.

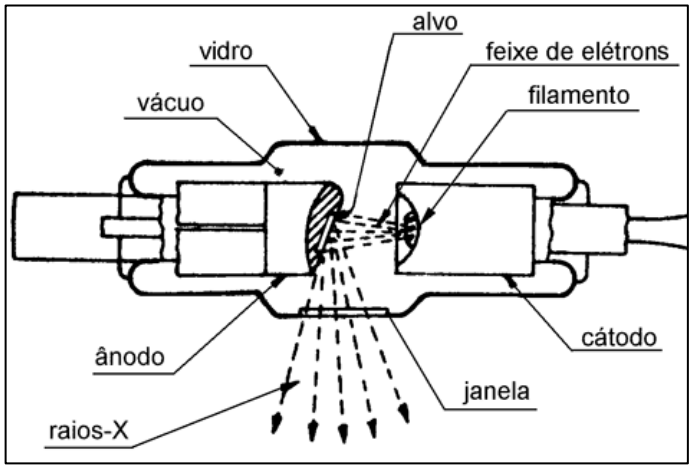
- Ondas de Raios-X

É a radiação eletromagnética cujo comprimento de onda é menor que o da radiação ultravioleta. Consequentemente possui altíssimas frequências que vão da ordem de 10^6 até 10^9 GHz.

> Os raios-X podem ser produzidos por oscilações de elétrons das camadas mais internas dos átomos ou quando elétrons de alta energia colidem com outras cargas elétricas ou com átomos de um alvo metálico. Essa radiação eletromagnética foi descoberta acidentalmente em novembro de 1895, pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen. (TORRES, 2016, p. 134)

O raio-X é produzido em uma ampola formada por um tubo, onde foi produzido um alto vácuo, contendo um filamento (cátodo) e um alvo metálico rotativo (ânodo), como mostra a figura 13. O filamento é aquecido pela passagem de corrente elétrica, liberando elétrons (efeito termiônico). Os elétrons que saem do cátodo são acelerados, pela alta diferença de potencial elétrico, no sentindo do ânodo. Ao incidir no ânodo, a energia cinética deposita é convertida em radiação, ou melhor, raios x de alta frequência. O ânodo é feito de um metal muito elevado em seu ponto de fusão, geralmente tungstênio.

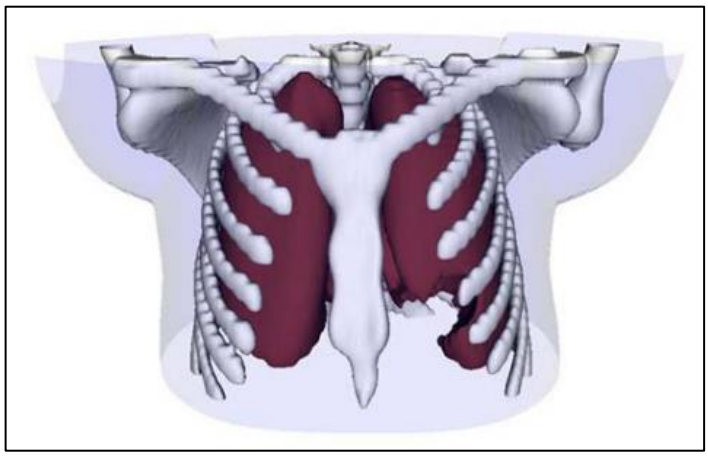
Figura 13: Esquema ilustrativo de tubos de raio X



Fonte: SILVA, 2016.

Os raios x são amplamente aplicados à método de diagnóstico por imagem na medicina. O imageamento do interior do corpo, em que tecidos de mais densos, como ossos, registra na placa de filme de raio-X a cor cinza claro, enquanto as partes mais moles aparecem em cinza mais escuro. Isso ocorre, pois, os ossos, átomos mais pesados, como os de cálcio, absorvem mais intensamente os raios-X, e consequentemente uma quantidade menor de radiação atinge o filme. Já as partes moles absorvem pouca radiação e o filme é atingido com mais intensidade nessas partes. Atualmente existe a radiografia digital, neste caso, os raios-X são capturados por uma placa de circuitos sensíveis à radiação, que gera uma imagem digital. A figura 14 mostra uma imagem digital gerada no computador.

Figura 14: Modelo 3d de raio x, com tecido ósseo e ar da caixa torácica (pulmões) juntos.

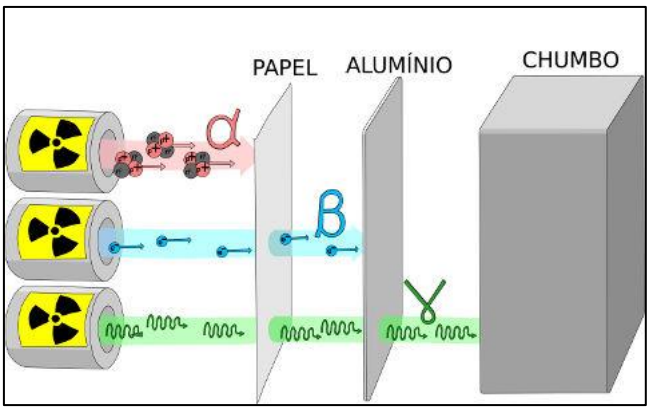


Fonte: OLIVEIRA, 2007.

Em 1899, O físico Neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937), realizando experimentos com urânio radioativo, identificou dois tipos de emissão radioativa, radiação alfa

α (núcleo de átomo de hélio) e radiação beta β (elétrons e^- ou pósitrons e^+). Um ano mais tarde, descobriu-se um terceiro tipo, os raios gamas γ (TORRES, 2016). A figura 15 ilustra o poder de penetração dessas três radiações.

Figura 15: Poder de penetração dos raios alfa, beta e gama e suas respectivas capacidades de ultrapassagem nos materiais.



Fonte: HELERBROCK, 2020

De acordo com Fontal (2005), os raios γ correspondem a região de fótons mais energéticos do espectro eletromagnético, com energias em dezenas de MeV (10^6 elétron Volt) e pode chegar a milhares de GeV, ou seja, são milhões de vezes mais energéticos que os fótons de luz visível.

A radiação gama é muito mais energética e muito mais penetrantes do que as radiações alfa e beta. Os raios gamas são produzidos no núcleo atômico a partida dos desexcitação dos nucleons, diferente do raio-X que é uma desexcitação dos elétrons.

Para Junior,

> Existem ondas eletromagnéticas com frequências ainda mais altas do que as do raio X. São os chamados raios γ. A radiação gama é emitida pelos núcleos instáveis dos elementos radioativos, que se desintegram natural ou artificialmente. Uma importante aplicação dos raios gama é o mapeamento por radioisótopos, substâncias radioativas. Quando administrados aos pacientes, estes se concentram de maneiras diferentes nos diversos órgãos do corpo, como o caso do iodo da glândula tireoide. Os raios (γ) emitidos são detectados por uma câmara especial, que gera, em tela de vídeo, uma imagem do órgão em estudo. (JUNIOR, 2007, p. 404)

De acordo com Torres (2016), para se ter uma ideia da importância das tecnologias criadas a partir da radiação gama, cita-se a braquiterapia. Esse tipo de tratamento permite que uma dose maior de radiação seja usada para tratar um câncer e sem que atinja tecidos sadios

vizinhos. Essa técnica pode ser usada para o tratamento de tumores no cérebro, pulmão, esôfago, próstata, além daqueles que podem se desenvolver no sistema genital feminino.

- Radiação Ultravioleta

A radiação ultravioleta também está prevista dentro do espectro eletromagnético compreendida entre 400 nanômetros, de acordo com Roditi.

> Radiação eletromagnética de comprimento de onda compreendida entre 400 nanômetros, região da luz violeta e 4 nanômetros, região dos raios x longos. O Sol é uma das principais fontes naturais de radiação ultravioleta, grande parte dessa é absorvida pela camada de ozônio da atmosfera. A radiação ultravioleta tem um importante papel na síntese de vitamina D, que contribui na regulação dos níveis de cálcio e fósforo na corrente sanguínea; entretanto este também está associado a diversos problemas dermatológicos, segundo seu poder de penetração na pele. Esta pode ser classifica em UV-A, UV-C e UV-C. (RODITI, 2005, p. 192)

O quadro 4 mostra as classificas UV-A, UV-C e UV-C e seus respectivos comprimentos de onda e aplicações.

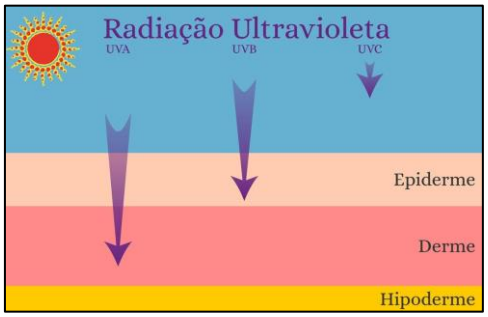
Quadro 3: Tipos de ultravioleta e suas respectivas aplicações.

Tipos de ultravioleta	Comprimento de onda (m)	Aplicação
Ultra Violeta longo - UV-A	4×10^{-7} e 3×10^{-7}	Bronzeamento e produção de melanina
Ultra Violeta médio - UV-B	3×10^{-7} e 2×10^{-7}	Vermelhidão na pele
Ultra Violeta curto - UV-C	2×10^{-7} e 4×10^{-9}	Geralmente absorvida pela atmosfera

Fonte: Próprio autor

Entende-se que uma das maneiras de prevenir o foto envelhecimento, é o uso constante de protetores solares, e vale ressaltar ainda que o fator FPS (filtro de protetor solar) serve apenas para as radiações UV-B como ilustra a figura 16, os tipos de raios ultravioletas e sua deposição de energias nas camadas da pele.

Figura 16: Demonstração de infiltração na pele de acordo com os tipos de raios UV's



Fonte: GUIDONI, 2020.

➢ Radiação Infravermelha

A descoberta da radiação infravermelha é atribuída ao astrônomo inglês Friedrich Willian Herschel (1738-1822). Em março de 1781, ele identificou o planeta urano, o primeiro a ser descoberto em quase dois mil anos depois dos primeiros registros astronômicos.

De acordo com Sant'Anna (2010), qualquer objeto aquecido, como um forno de cozinha, podemos perceber a presença da radiação infravermelha pela temperatura no meio ao redor. Recentemente foram desenvolvidos filmes fotográficos, sensíveis a essa radiação, para fornecer informações de regiões em que a luz visível é insuficiente, como o espaço sideral.

A definição do dicionário Roditi, (2005), a radiação eletromagnética de comprimento de onda compreendido entre $0{,}7 \times 10^{-3}$ m e 10^{-3} m, ou seja, maior que o comprimento de onda na região do vermelho e menor que das ondas de rádio. As transições entre os estados vibracionais de energia dos átomos e moléculas são uma fonte de radiação infravermelha. Um dos mais frequentes usos atuais da radiação infravermelha. Um dos mais frequentes usos atuais da radiação infravermelha é em controles remotos, pois esse tipo de radiação não causa interferência com sinais de rádio ou televisão.

A figura 17 mostra outra aplicação da radiação infravermelha. Ela pode ser usada para detectar a temperatura de corpos distantes e, por esse motivo, tem muitas aplicações na Astronomia. No campo militar, mísseis podem ser programados para seguir determinada fonte de calor, como as turbinas de um avião inimigo ou a temperatura de uma pessoa.

Figura 17: monitoramento visual de soldagem de tubulação através de visão infravermelha

Fonte: MOTA, 2011.

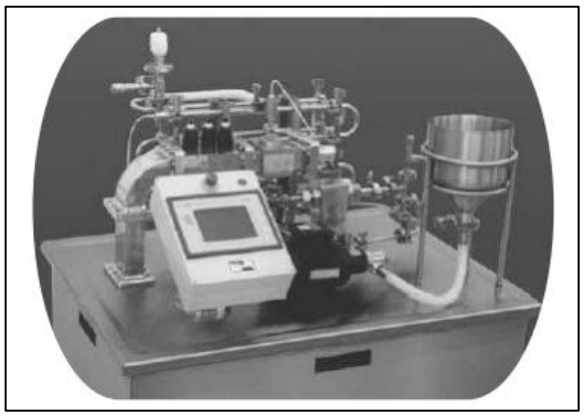
- Micro-ondas

De acordo com Torres (2016) são usadas em telecomunicação, e são geradas em válvulas eletrônicas especiais. No campo das telecomunicações são empregadas para carregar informações de sistemas de telefonia e de televisão. A vantagem é que elas transportam mais informações que as ondas de rádio, por terem maior frequência.

A micro-onda possui radiação eletromagnética com comprimento de onda entre 0,001 e 1m e frequência maior que 1 GHz, chegando a 1 THz. Também chamada de onda curta. Elas são geradas e usadas em um grande número de aplicações e, como resultado, a maioria das pessoas acaba se expondo a um baixo nível de radiação. Assim como para outras novas tecnologias e materiais, é difícil determinar os efeitos biológicos, em longo prazo, desses baixos níveis de radiação sobre as pessoas. Pesquisas recentes levantaram suposições, ainda não confirmada de que as radiações em telefonia celular podem alterar o metabolismo das células humanas – desencadeando o câncer – e provocar dores de cabeça – devido ao aquecimento dos tecidos.

Como exemplo da maior aplicabilidade na vida do ser humano, podemos citar o forno micro-ondas, uma descoberta que hoje se faz presente na maioria das cozinhas do mundo, e acabou se tornando um uso prático para o aquecimento de alimentos, sem precisar de muito esforço. O primeiro forno micro-ondas chegou ao mercado em 1947 (TORRES, 2016), media quase 1,70 m de altura e pesava cerca de 380 kg e custava em torno de 5 mil dólares. Na figura 18, vê-se um pasteurizador de leite, usado a partir de micro-ondas, também usado para esterilização de bebidas variadas, nesse caso, o leite.

Figura 18: Pasteurizador de micro-ondas



Fonte: ALMEIDA, 2010.

Os Micro-ondas atuais são modernos e com o constante avanço da física moderna, as peças ficam cada vez menores, o que permite que o aparelho também diminua, podendo ser de fácil manuseio e transporte. Nesses eletrodomésticos, um circuito elétrico especial gera as micro-ondas, que são espalhadas dentro do forno por um ventilador metálico. Elas têm a propriedade de provocar rotações nas moléculas de água presente nos alimentos.

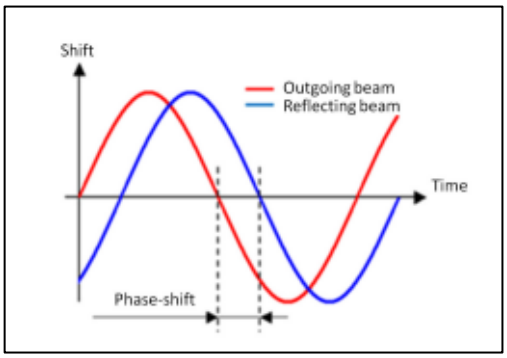
- **L**ight **A**mplification by **S**imulated **E**mission of **R**adiation – **LASER**

O laser é um tipo de onda eletromagnética com frequências que vão do ultravioleta ao infravermelho, do espectro eletromagnético. O laser possui uma qualidade intrinsecamente interessante, ele é extremamente fino, o que o faz com que seja mais potente por ocupar uma área menor.

Qualquer aparelho que produza radiação eletromagnética monocromática e coerente na região visível, infravermelha ou ultravioleta, possuindo inúmeras aplicações que vão da soldagem à cirurgia. O nome laser é um acrônimo para **L**ight **A**mplification by **S**imulated **E**mission of **R**adiation (*amplificação da luz por emissão estimulada de radiação*) que ocorre quando um elétron de um átomo ocupa um nível excitado e um fóton estimula o decaimento para um nível de menor energia com a emissão de um fóton de mesma fase e frequência, se há uma população grande nesses níveis excitados, o que é conhecido como inversão de população, a passagem do fóton resultará em diversas emissões desse tipo, com a produção de radiação eletromagnética corrente. (RODITI, 2005)

Além disso, podemos ressaltar que o laser é uma luz monocromática coerente, ou seja, cada onda do espectro eletromagnético que o compõe está em fase com outra onda, como mostra a figura 19.

Figura 19: Ondas em aproximação de fase representando a emissão estimulada



Fonte: MILL, 2011.

Na emissão estimulada, como o próprio nome do laser sugere, os elétrons são excitados e forçados a retornar aos níveis mais baixos de energia pela passagem de radiação (luz) no interior dos átomos. Dessa forma, as ondas eletromagnéticas emitidas na transição dos elétrons são da mesma frequência que a radiação incidente e estão em fase.

4.2 Efeito fotoelétrico

Considera-se que a física moderna começou no início do século XX, tendo em vista maior revolução tecnológica, no século XXI, derivada de descobertas físicas, fundamentadas em duas grandes linhas, a teoria da relatividade proposta por Albert Einstein (1879-1955) e a teoria quântica iniciada com Max Planck (1858-1947), abrindo um mundo de possibilidades para todas as áreas da vida do ser humano na Terra e no Universo.

Nas palavras de Torres

> [...] Na virada para o século XX, duas teorias abalaram os alicerces da física, que hoje denominamos de física clássica. Provocando uma revolução no pensamento científico da época. A primeira em 1900, foi a teoria quântica da radiação de Marx Planck, e a outra em 1905 foi a teoria especial da relatividade de Albert Einstein. Tamanha foi a teoria cientifica provocada pelas duas teorias e suas consequências [veja o sentido dessa frase]. Que o próprio Einstein exclamou: "é um tempo maravilhoso de se viver. (TORRES, 2016, p. 186)

Acredita-se que muitos estudos estavam em andamento, na virada do século XIX para o XX, sobre fenômenos que não eram bem esclarecidos. De acordo com Torres:

> A termodinâmica, por exemplo, não esclarecia a discrepância entre a teoria e a experiência, para o espectro das radiações emitidas pelos corpos aquecidos para frequências próximas as dos ultravioletas ou superiores. Era a catástrofe do ultravioleta, como Paul Ehrenfest (1880-1933) a denominou em 1911. Também as equações de Maxwell não se enquadravam nos princípios da relatividade de Galileu e de Newton. Além disso, a existência dos raios x e a radioatividade de certos elementos não podiam ser explicados com as teorias existentes até então. (TORRES, 2016. p. 187)

No final do século XIX, Alexandre Edmond Becquerel (1820-1891), trabalhava incessantemente para provar sua teoria que ficou conhecida como Efeito Fotovoltaico, que mais tarde poderia ser confundida com o Efeito Fotoelétrico. Becquerel ficou conhecido por seus experimentos envolvendo luminescência e fosforescência. Ele mesmo publicou o artigo chamado "*Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires*", em português, Dissertação sobre os efeitos elétricos produzidos sob a influência dos raios solares, onde apresentar-se diretamente sua descoberta.

De acordo com Vallêra, (2006) O efeito fotovoltaico foi observado por Edmond Becquerel que verificou que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas num eletrólito, produziam uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz. Roditi define o efeito fotovoltaico como:

> É um efeito do tipo fotoelétrico que consiste na produção de uma diferença de potencial entre duas camadas sobrepostas de materiais diferentes quando expostas à radiação eletromagnética. Em geral se obtém este efeito na junção de semicondutores do tipo p e do tipo n, a junção p-n, ou na junção entre um semicondutor e um condutor. (RODITI, 2005, p. 72).

Estas pesquisas, em relação à transferência de energia eletrônica a partir da radiação luminosa, tomaram brilhantismo no século XXI, como enfatiza Vallêra:

> Decorrido meio século desde a construção da primeira célula solar de silício, a tecnologia fotovoltaica atingiu finalmente uma fase de maturidade que permite antecipar que, nas próximas décadas, o fotovoltaico se pode vir a transformar numa das mais importantes formas de produção de eletricidade. [...] Hoje é dado ênfase a mecanismos de apoio à criação e desenvolvimento de um verdadeiro mercado de eletricidade solar sustentável que, nos próximos 25 anos, possa levar a energia fotovoltaica a muitos dos lares do planeta. (VALLÊRA, 2006, p. 5)

Como falamos anteriormente, o efeito fotoelétrico está relacionado com o efeito fotovoltaico. No efeito fotoelétrico, os elétrons são ejetados da superfície de um material após exposição à radiação eletromagnética, com energia suficiente.

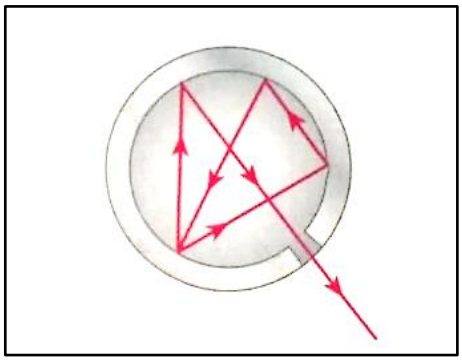
Alguns autores consideram que o verdadeiro descobridor do efeito fotoelétrico foi Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) (MULLINGAN, 1999; GILBERT, 1982; SEARS, 1973; NUSSENZVEIG, 1998), com destaque aos trabalhos dos autores Sears e Nussenzveig, em que os livros são utilizados em cursos de graduação da área de Ciências Exatas em diversas universidades.

Afinal, Hertz é o verdadeiro descobridor do efeito fotoelétrico? De acordo com Mangili:

> Uma leitura mais contextualizada, pautada em uma tendência historiográfica mais atualizada, conduziu-nos a refletir sobre até que ponto poderíamos atribuir a Hertz a descoberta do efeito. Em nossa investigação constatamos que, em finais do século XIX e começo do século XX, a comunidade científica que estudava os fenômenos eletromagnéticos procurava descrever a onda eletromagnética, comparando-a à luz, e tentava também compreender a sua interação com o meio de propagação. Além disso, constatamos também que o elétron não havia sido estudado de maneira suficiente para que o Efeito Fotoelétrico fosse compreendido tal como conhecemos hoje. (MANGILI, 2012. p. 33)

No início do século XX, Max Planck estudava o problema do corpo negro, isto é, corpos com altas temperaturas emitiam luz. Um modelo prático do corpo negro é representado na figura 20.

Figura 20: Um modelo prático de um corpo negro consiste em um objeto oco com um pequeno orifício. O objeto oco é aquecido por meio de uma fonte de calor situada em seu interior.



Fonte: JUNIOR et al., 2007.

A indagação sobre esse sistema era em relação a distribuição espectral de sua radiação eletromagnética prevista nas teorias clássicas. De acordo com a Lei de Rayleigh-Jeans, a densidade de energia da radiação do corpo negro é

$$f(\lambda) = 8\pi k \frac{T}{\lambda^4}. \tag{13}$$

Onde k é a constante de Boltzmann e T a temperatura do corpo. Esta lei previa uma produção de energia infinita, ao passo que o comprimento de onda λ tomava valores muito pequeno, com o aumento da temperatura.

Em 1900, Planck apresentou uma nova abordagem para a distribuição de espectro de energia da radiação do corpo negro, ou seja,

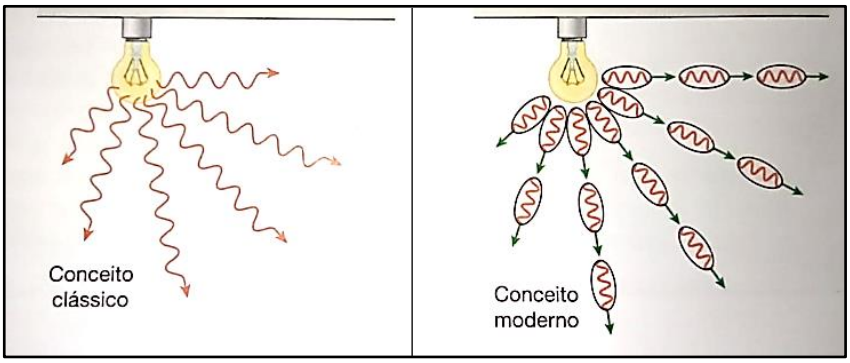
$$f(\lambda) = 8\pi hc \frac{\lambda^{-5}}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}-1}}, \tag{14}$$

onde h é a constante de Planck e c a velocidade da luz. Neste caso, a energia da radiação do corpo negro era composta de pacotes, dada por

$$E = hf, \tag{15}$$

onde f é a frequência da radiação. A lei concorda com medições experimentais. A figura 21 mostra uma representação sobre a distribuição de energias na visão clássica e moderna.

Figura 21: Conceito clássico para distribuição de energia versus o conceito moderno, aplicando o modelo de pacotes de energia.



Fonte: SANT'ANNA, 2010.

Todos os objetos com temperatura finita, inclusive os nossos corpos, emitem radiação. Para Valadares e Moreira (1998), o espectro de emissão dos objetos depende, em geral, da sua geometria e do material constituinte. Uma cavidade no interior de um tarugo de alumínio ou outro material constitui um caso muito especial. Ainda para eles,

> É necessário um pequeno orifício para que uma fração da radiação emitida pela cavidade saia para fora da mesma e seja detectada. O espectro de emissão da cavidade depende apenas da temperatura do corpo onde ela se encontra e é universal. Temos então um corpo negro. Por que negro? Porque este corpo apresenta o máximo de absorção e, consequentemente, de emissão de radiação para uma dada temperatura. Qualquer outro corpo absorve ou emite menos radiação que o corpo negro. Você pode verificar, por exemplo, que as cavidades formadas por carvões em brasa parecem mais brilhantes uma evidência do seu caráter de corpo negro. (VALADARES e MOREIRA, 1998, p. 133)

Figura 22: Nas cavidades de corpos negros as emissões de radiação são bem maiores do que nas outras partes

Fonte: JUNIOR et al; 2007.

Em 1905, Einstein usou as ideias de Planck para desenvolver e explicar o efeito fotoelétrico, ele publicou o artigo "*Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Dichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*" em português, Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e da transformação da luz (EINSTEIN, 1905) que trazia ideias extremamente sólidas sobre o efeito fotoelétrico.

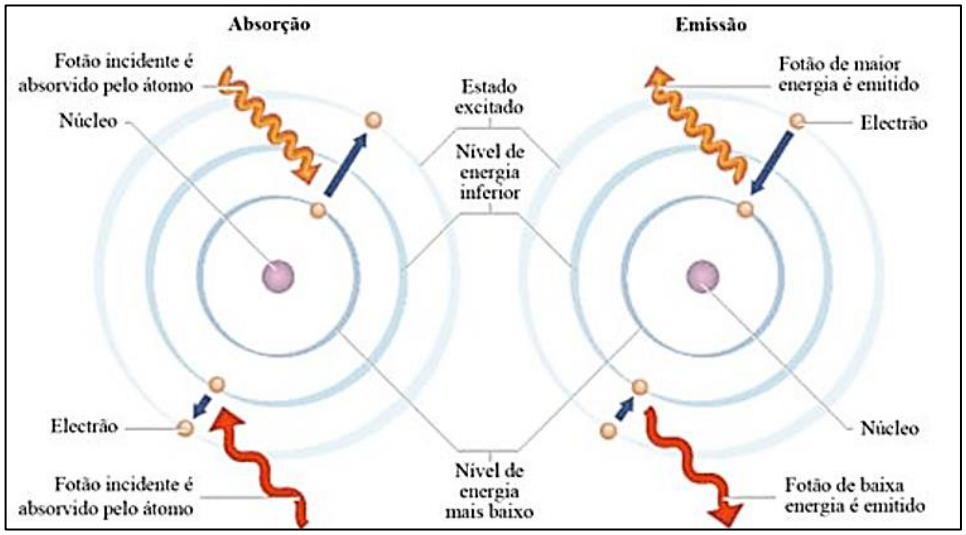
Entre 1908 e 1911, Rutherford e Geiger realizaram o experimento de espalhamento de partículas alfa, que levou à descoberta do núcleo atômico (RUTHERFORD, 1908), de carga positiva, rodeado por elétrons, denominando de modelo planetário.

Por volta de 1913, Niels Bohr sugere o modelo atômico (BOHR, 1979), que foi capaz de explicar várias séries espectroscópicas do hidrogênio e consequentemente constrói um modelo de camada para o átomo. Este modelo dava a predição da quantização dos níveis de energia para a eletrosfera do átomo de hidrogênio, isto é,

$$E = -\left(\frac{e^4 m_e}{8\pi\epsilon_0^2 h^2}\right)\frac{Z^2}{n^2}$$

No esquema da figura 23, temos uma representação dos três possíveis saltos quânticos do átomo de hidrogênio, onde os elétrons saltam de sua camada estacionária para uma camada mais energética (excitação), e voltam emitindo luz. É interessante ressaltar que essa excitação pode ocorrer com um bombardeamento de fótons. Aqui utiliza-se o átomo de hidrogênio, pois no modelo de Bohr, foi o utilizado para a conclusão do átomo quantizado, baseada na ideia de quantização de Planck, sendo assim, os elétrons estão confinados em certos níveis de energia, chamados de estados Estacionários.

Figura 23: Representação esquemática do salto quântico do elétron de uma camada energética para outra.



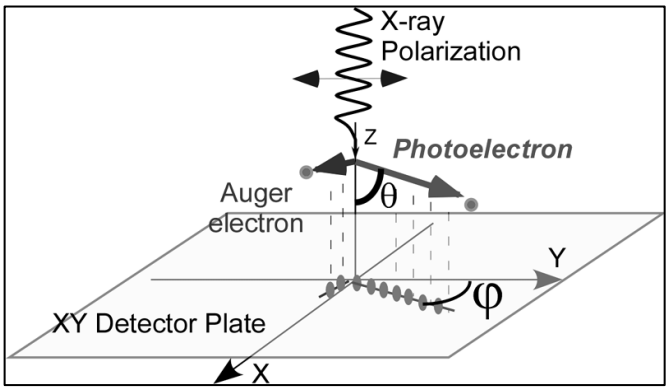
Fonte: CARDEIRA, 2014.

A partir das conclusões de Planck e Bohr, Einstein propõe que a luz não apresenta somente propriedades ondulatórias assinaladas pela frequência f e pelo comprimento de onda λ, mas, também, apresenta características corpusculares. Ele admitiu que a energia radiante está quantizada em pacotes de energia, os fótons de energia hf. Esses fótons transferiam toda sua energia quando colidiam com os elétrons do metal, como ilustra a figura 24. Tal fenômeno foi chamado de efeito fotoelétrico. Esses elétrons eram ejetados da placa metálica com uma determinada energia cinética dada por

$$E_{cin} = hf - V, \tag{16}$$

onde V está relacionado com energia para arrancar um elétron do material.

Figura 24: Fóton incidindo sobre uma superfície metálica, promovendo elétrons livres.



Fonte: TOKANAI et al., 2006.

Em 1921, Einstein foi laureado com o Prêmio Nobel de Física, pelos serviços na física atômica teórica e especialmente pela sua descoberta do Efeito fotoelétrico, um dos marcos para o desenvolvimento da física moderna.

3.2 Ondas de Matéria

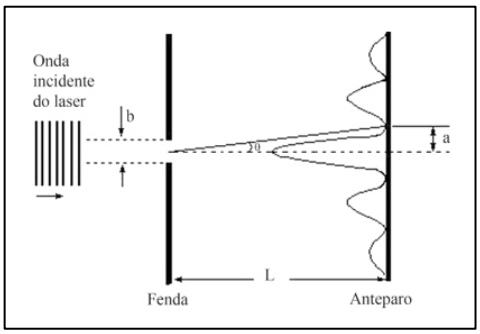
A dualidade da luz, proposta por Einstein, levou Louis Victor de Broglie a propor, em 1924, a dualidade partícula-onda dos elétrons, isto é, dependendo das circunstâncias, eles poderiam se comportar como partícula ou como onda.

Para entendermos melhor a posição de Louis De Broglie, sobre o comportamento da matéria, Diner apresenta, em “A dualidade Onda-Partícula: Um tributo a Louis de Broglie no seu aniversário de 90 anos”, que

> A ideia principal de De Broglie não é o dualismo, mas a coexistência entre ondas e partículas. Aqui está a diferença entre Bohr e De Broglie. Bohr, acreditava em uma espécie de fenômeno físico que nos aparece como uma dupla face: em certas circunstâncias a luz se comporta como uma partícula e em outras como uma onda; o contrário do que pensava de Broglie, que considerou que há apenas uma coisa, que é sempre (ao mesmo tempo) uma partícula e uma onda, e que é tal que as propriedades da partícula que observamos são guiadas - comandadas por uma estrutura de ondas do sistema. E foi essa a ideia dele desde o início das ondas mecânicas. A ideia, portanto, era a seguinte: De Broglie foi o primeiro que considerou a luz como uma partícula; para esta partícula, ele supôs isso. (Seguindo suas próprias palavras: "como consequência de uma grande lei da natureza"), pode-se associar uma frequência definida pela igualdade entre "energia de Einstein" e "energia de Planck", escrita no sistema apropriado. (DINER, 2012, p. 2).

Considerarmos o padrão de interferência de um laser, figura 25, jamais obteria se o padrão de franjas, se a luz se comportasse como partículas. Desta forma, o fenômeno de interferência é perfeitamente explicado pelo comportamento ondulatório da luz, enquanto o efeito fotoelétrico é corpuscular.

Figura 25: Padrão de interferência em uma fenda simples



Fonte: ABREGO, 2013.

Uma das essências da física quântica é a dualidade onda partícula que desafia o entendimento das gerações atuais e por muito tempo desafiou vários físicos renomados. Separadamente, ondas e partículas são elementos familiares da nossa realidade.

Sendo assim, De Broglie expressou o comprimento de onda $\boldsymbol{\lambda}$ de uma partícula em função de sua quantidade de movimento:

$$p = mv \tag{17}$$

Portanto, a partir da relação massa-energia de Einstein, dada pela famosa equação $E = mc^2$, abstraiu a massa associada do fóton:

$$m = \frac{E}{c^2} \tag{18}$$

Onde o m, representa a massa do corpo, E, representa a energia, e, c, é a velocidade da luz no vácuo. Logo abaixo, considerasse a relação, do momento relativístico, para energia sobre a velocidade da luz, representada na equação 19 abaixo.

$$p = \frac{E}{c} \tag{19}$$

Em análise de propriedade, é possível verificar que, Energia (E), será igual a constante de Planck, multiplicado pelo valor da frequência de determinada onda, dada assim pela figura 20 abaixo:

$$E = hf \tag{20}$$

Desse modo, podemos então dizer que o comprimento dessa onda, pode ser inferido, partir da divisão da constante de Planck pelo momento relativístico de Einstein.

$$\lambda = \frac{h}{p} \tag{21}$$

De acordo com Junior (2007, p. 443), o advento da física quântica não forneceu apenas uma descrição exata dos fenômenos atômicos. Com ela alterou-se profundamente a maneira de encarar a natureza, de modo que agora pensa-se em termos de probabilidade e não de certeza.

O modelo atômico de Bohr era restrito para o átomo de hidrogênio. A extensão para átomos de maior número atômico surgiu por volta de 1929, provocada pelos estudos de Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger (1887 – 1961). A proposta de Schrödinger[1] surge como consequência de alguns resultados experimentais.

Todavia, foi partindo das ideias de De Broglie, Erwin Schrödinger, já baseada nas ideias de Heisenberg (1985), formulou matematicamente o comportamento ondulatório da luz, também conhecida como E*quação de Schrödinger*, definida pelo dicionário Houaiss como sendo a equação que descreve o comportamento dinâmico de um sistema quântico não relativístico. Trata-se de uma equação diferencial linear de derivadas parciais, de primeira ordem no tempo (t) e de segunda ordem nas coordenadas espaciais (x, y, z) que pode ser escrita, para o caso de uma partícula sujeita a um potencial como

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} + \frac{\hbar}{2m} \nabla^2 \psi - V\psi = 0 \qquad (22)$$

onde m é a massa da partícula, V é o potencial e $\hbar$ é a constante de Planck dívida por 2π. A equação governa dinâmica temporal e espacial da função de onda ψ.

Na formulação de Schrödinger, a função da onda é um objeto crucial que contém a informação sobre o estado de um sistema com números quânticos associados a observáveis que caracterizam o sistema quântico. A interpretação probabilística da mecânica quântica considera a função de onda como uma amplitude de probabilidade dos observáveis e suas normas é proporcional à probabilidade de encontrar o sistema de um determinado estado, ou seja, a probabilidade de encontrá-lo numa dada região de valores de quantidades mensuráveis, tais como a posição, o momento linear, o momento angular e a energia. É importante observar que nem sempre é possível medir simultaneamente quantidades observáveis. Para que medidas simultâneas sejam possíveis, é necessário que os operadores associados a estas quantidades comutem entre si.

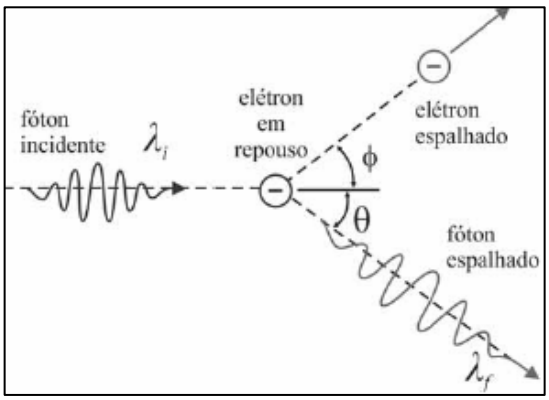
4.3 Efeito Compton

O físico norte-americano Arthur Holly Compton (1892- 1962) foi laureado em 1927, com o Prêmio Nobel de Física, pela sua explicação quântica para o processo de espalhamento dos raios X pela matéria.

[1] HANLE, Paul A. Erwin Schrödinger's reaction to Louis de Broglie's thesis on the quantum theory. Isis, v. 68, n. 4, p. 606-609, 1977.

De acordo com Yoshimura (2009), o efeito Compton (ou espalhamento inelástico) é o espalhamento de um fóton por um elétron livre do material. Há transferência de parte da energia e do momento do fóton para o elétron, e um fóton com a energia restante é espalhado em outra direção, como está representado na figura 26.

Figura 26: Radiação espalhada pela amostra em função do ângulo θ.



Fonte: TAUHATA, 2003

Este fenômeno consiste na redução da energia de fótons de alta energia e no subsequente desvio angular de suas trajetórias, ao serem espalhados por elétrons livres que absorvem esta energia. Dessa forma, a partida da figura 26, as presunções feitas por Compton são válidas desde que o comprimento de onda do fóton seja definido de acordo com a equação de espalhamento.

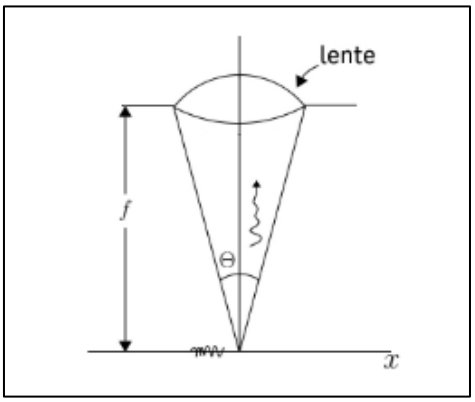
$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta) \tag{23}$$

Os processos Compton e fotoelétrico contribuem ambos para a produção da radiação. A percentagem relativa ao total de interações que ocorrem por um processo ou outro depende da energia do fóton. Portanto, o contraste objeto, depende da composição da massa efetiva e do número atômico do objeto. A predominância de interações Compton ou fotoelétrico causará menor ou maior contraste objeto, respectivamente, considerando que o objeto seja composto de vários materiais de diferentes números atômicos. Para um dado objeto, o contraste será maior para feixes de baixa energia (predominância do efeito fotoelétrico) e menor para energias mais altas (predominância do efeito Compton).

4.4 O princípio da incerteza de Heisemberg

Werner Heisenberg (1901 – 1932) é o responsável pela criação da primeira estrutura teórica formal da física quântica, cujas aplicações possibilitaram a descoberta de formas alotrópicas do hidrogênio, recebendo prêmio Nobel de Física em 1932. Heisenberg é conhecido não só pela comunidade cientifica, por sua formulação do princípio da incerteza, que afirma que se conhecermos muito precisamente a posição de uma partícula será muito grande a imprecisão sobre o valor do seu momentum linear, ou seja, é impossível conhecermos as duas grandezas de maneira infinitamente precisa (Roditi, 2005).

Figura 27: Ilustração para o microscópico de Heisenberg



Fonte: LAGE, 2020.

De acordo com Núñez (2003), os conteúdos da física quântica possuem dois conhecimentos primordiais para a compreensão desse modelo teórico como referência científica que explica a estrutura da matéria. São eles: dualidade onda partícula e o princípio da incerteza de Heisenberg. Na base desses conhecimentos emanam determinadas concepções sobre a matéria, o que torna esse assunto primordial para os alunos de física.

O princípio da incerteza de Heisenberg é um princípio da mecânica quântica segundo o qual não é possível realizar a medição simultânea do momentum p e da posição x de uma partícula, a menos de uma incerteza dada por

$$\Delta p \Delta x \geq \frac{h}{2} \tag{24}$$

onde Δx, é a incerteza na medida da posição da partícula e Δp, é a incerteza na componente x do momento da partícula.

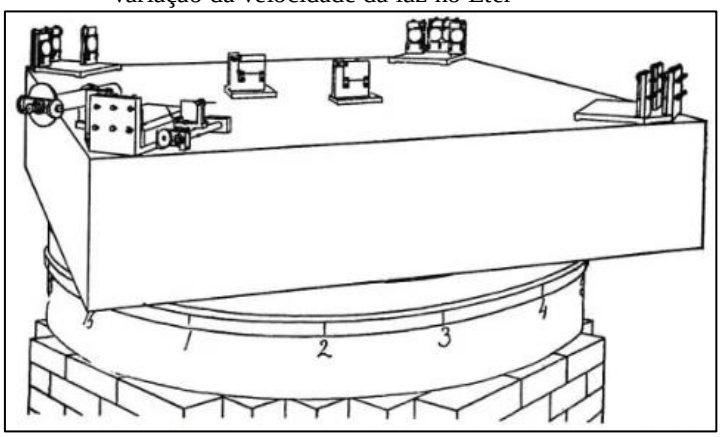
4.5 Teoria da Relatividade de Albert Einstein

O experimento de Michelson-Morley criado por Albert Abraham Michelson (1852 – 1931) e Edward Williams Morley (1838-1923) foi construído para provar a não existência do ÉTER. Os cientistas clássicos acreditavam que o éter, era uma espécie de matéria (não materializada, um fluido) que ocupava todo o espaço terrestre e que a luz se propagava por ele. Uma vez que o som precisava de um meio material para se propagar, analogamente atribuíram também isso a luz mesmo sendo considerada uma onda eletromagnética.

> Com o objetivo de comprovar a existência do éter, construiu um interferômetro capaz de dividir um raio de luz em dois, emiti-los em diferentes direções transversais e uni-las novamente; [...] com a ajuda de Morley, sobre condições quase perfeitas, chegou à conclusão de que o éter não existia. Esse estudo ficou conhecido como experimento de Michael-Morley e rendeu o prêmio Nobel de física em 1907 para Michelson além de ter sido crucial no desenvolvimento da teoria da relatividade de Einstein. (Roditi, 2005, p. 151)

De acordo com Michelson (1881), o experimento estaria fundamentado no próprio movimento de rotação da terra, inferindo que se lançassem raios de luz em movimento contrário ao de rotação, a luz estaria indo em movimento contrário ao do éter, o que causaria sua retardação, e consequentemente viajaria com uma velocidade menor. Michelson estava convicto de que a velocidade da luz não mudaria, pois o éter simplesmente não existia. O que o levou a cada vez mais buscar com exatidão a real velocidade da luz.

Figura 28: Desenho representando o interferômetro de Michaelson-Morley em seu artigo de 1887 para provar a variação da velocidade da luz no Éter



Fonte: FRANKLIN, 2004.

De acordo com Da Silveira,

> Segundo a história empirista, esses experimentos mostraram que a hipótese da existência do éter era falsa e que, portanto, não existia um sistema de referência absoluto. Os experimentos de Michelson-Morley derrubaram a física clássica que pressupunha um sistema de referência absoluto (o espaço absoluto de Newton) e o

> tempo absoluto. Albert Einstein (1879-1955) aceitou o veredicto experimental da constância da velocidade da luz, estatuindo-o como um dos postulados fundamentais da sua teoria em 1905. (2006, p. 37)

De acordo com Sant'Anna (2010), ainda na adolescência Einstein chegou a se perguntar, como perceber-se-ia um raio de luz, se pudéssemos acompanhá-lo na mesma velocidade? A resposta foi publicada em 1905, no artigo intitulado "Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento"

> Einstein verificou que diferentes observadores que estejam em movimento uniforme uns em relação aos outros percebem de forma diferente não apenas o espaço, mas também a passagem do tempo. Esta constatação contraria totalmente a física clássica, para qual o tempo é um conceito absoluto, ou seja, é visto da mesma forma por diferentes observadores que apresentam movimento relativos entre si. (Sant'Anna, 2010, p. 35)

Assim, surge a Teoria da Relatividade Especial, em que as leis da física idênticas para todos os referenciais inerciais, e que a velocidade da luz no vácuo é constante, isto é, seu valor é o mesmo para diferentes observadores que se movem a velocidades constante. Estes dois postulados são equivalentes a afirmação de que as leis da física são invariantes frente as transformações de Lorentz, das coordenadas de espaço e tempo. As previsões teóricas da relatividade especial, tais como a dilatação do tempo, a contração do comprimento e o aumento da massa inercial com velocidade foram plenamente confirmadas.

Para Renn (2005. p. 27), "considerando dois objetos, sendo eles um relógio e uma régua, e de acordo com a teoria da relatividade especial, esses objetos acabariam se movendo de uma forma diferente em relação a um referencial inercial". Comportando-se, portanto, de maneira arbitraria daqueles que se encontram em repouso em relação a este mesmo referencial.

Para dois eventos ocorrem num mesmo instante em um dado referencial, dizemos que eles são simultâneos nesse referencial. Entretanto, esses mesmos eventos não serão necessariamente simultâneos em outros referenciais. De acordo com Renn,

> Relógios em movimento funcionam mais devagar e réguas se encolhem ao longo da direção do movimento. Enquanto que na física clássica espaço e tempo fornecem, em cada teoria ou experimento, um alicerce absoluto e imutável de qualquer processo físico, **na teoria especial este alicerce depende do sistema de referência no qual um processo físico particular é medido e, na teoria geral, ele depende até mesmo da distribuição de massa e energia no universo.** Mas a mudança dos conceitos de espaço e tempo já na teoria especial contradiz nossas experiências do dia-a-dia. No entanto, foi apenas através desta mudança que foi possível a Einstein reconciliar dois princípios que, em função de uma longa história, haviam se mostrado irrefutáveis: o princípio da relatividade e o princípio da constância da velocidade da luz. (Renn, 2005, p. 27)

Em resumo, a teoria de Einstein se formulava em dois postulados:

I. *Princípio da relatividade*: as leis da física são as mesmas em todos os referenciais inerciais.
II. *Princípio da constância da velocidade da luz* no vácuo, em todos os referencias inerciais, independentemente do movimento da fonte em relação ao observador.

- As transformações de Galileu versus as transformações de Lorentz

Galileu defendiam que a passagem do tempo não dependia do referencial, já que para eles o tempo era absoluto. Considerando a posição de Galileu, de acordo com Seixas:

> Muitas das hipóteses foram corrigidas através de experimentos, como por exemplo, a concepção aristotélica de que os corpos mais pesados caíam mais rapidamente que os mais leves. Sua visão do universo consistia na observação, na experimentação e na aplicação da Matemática. A Galileu devemos a descoberta do isocronismo do pêndulo, a compreensão do movimento circular e da queda livre, o teorema da composição de velocidades, além dos primeiros princípios fundamentais da Física: I O PRINCIPIO DA RELATIVIDADE E O PRINCIPIO DA INÉRCIA (Seixas, 2005, p. 45)

Dentro destes conceitos, evidencia-se os postulados como:

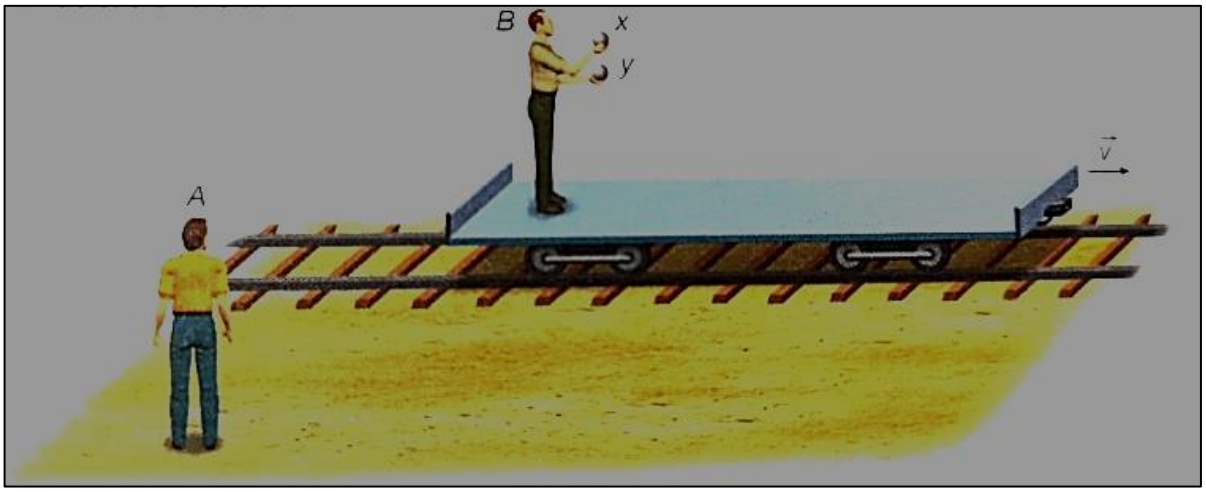
I. Princípio da relatividade: se as leis da mecânica são válidas num dado referencial, então são também válidas em qualquer referencial que se mova com velocidade retilínea e uniforme em relação ao primeiro.
II. Princípio da inércia: um corpo tende a permanecer em repouso ou em movimento a menos que uma força atue sobre ele.

Para Seixas,

> O princípio da relatividade de Galileu nos diz que as leis da Mecânica serão válidas em todos os referenciais que estejam em movimento retilíneo uniforme, um em relação ao outro. Isto quer dizer que observadores que se movem em uma reta com velocidade constante observam as mesmas leis da Mecânica que no caso de estarem parados. O Princípio da relatividade "traduz a vontade de encontrar uma imagem do mundo que seja independentemente da situação dos diversos observadores". (Seixas, 2005, p. 52)

Imaginemos, portanto, dois observadores, conforme a figura 29, o observador B, que segura duas esferas carregadas e sente forças eletrostáticas agindo entre as cargas, em cima de um trilho em movimento v na direção x; e um observador A, que se encontra fora dos trilhos observando as esferas.

Figura 29: Representação do esquema de observadores.



Fonte: SANT'ANNA, 2010.

O observador A no referencial S, por estar fora do sistema S' de B, acaba enxergando esferas carregas movendo-se em trajetórias paralelas, com uma velocidade v. Então, além de enxergar as forças eletrostáticas, ele observa também um par de forças magnéticas entre as esferas.

Ainda de acordo com Sant'Anna e Seixas, na sequência, temos que:

> Estas forças magnéticas aparecem quando relacionamos os dois referenciais utilizando as transformações de Galileu. Temos então nesse caso, "duas" físicas, uma para o observador A, e outra para o observador B. O que viola o postulado sobre a equivalência das leis físicas para diferentes referencias inerciais. (Sant'Anna, 2010, p. 362)
>
> Sendo a luz um fenômeno eletromagnético, ela nada mais é do que a oscilação de dois campos perpendiculares entre si, o elétrico e o magnético. Ao nos movermos a uma velocidade próxima da luz e então observarmos um feixe de luz, teremos que o caráter oscilatório da luz deixará de existir. Este fato nega o princípio da relatividade, quando aplicado a leis do eletromagnetismo. Desta maneira, as equações de Maxwell não são compatíveis com os referenciais inerciais da Mecânica newtoniana. (Seixas, 2005, p. 52)

O postulado da teoria da relatividade de Einstein, não era satisfeito nas transformações de Galileu,

$$x' = x - vt \tag{25}$$

$$t' = t, \tag{26}$$

E sim nas transformações de Lorentz, apresentadas nas equações 27, 28, 29 e 30.

$$x' = \gamma(x - vt) \tag{27}$$

$$y' = y \tag{28}$$

$$z' = z \tag{29}$$

$$t' = \gamma\left(t - \frac{v.x}{c^2}\right) \tag{30}$$

onde γ é o fator de Lorentz, previsto como propriedade específica, dada por

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

De acordo Sant'Anna (2010) em 1905, Einstein aplicou essas transformações a teorias eletromagnéticas e verificou que ela se mantinha inalterada para diferentes referenciais em movimento uniforme em relação uns aos outros.

- A relatividade do tempo

Podemos expressar a dilatação do tempo matematicamente como sendo:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} = \gamma \Delta t \tag{31}$$

na qual $\Delta t'$ é chamado de intervalo de tempo próprio e Δt é o intervalo de tempo no referencial do corpo em movimento em relação ao local que ocorre o evento. O intervalo de tempo, medido no referencial S', é diferente do intervalo de tempo medido no referencial S.

De acordo com Junior, (2007) inferimos, portanto que os intervalos de tempo também são afetados pela relatividade de Einstein, contrariando mais uma vez o princípio da simultaneidade de eventos proposta por galileu. É importante observar que essas características de mudanças do tempo, só são aplicadas a velocidades muito próximas a da luz, o que ocorre no domínio das partículas elementares.

- Energia Relativística

Com o adento da relatividade, os conceitos de energia também sofreram modificações significativas, passando a ser conhecida como dualidade massa e energia, a famosa equação de Einstein:

$$E_0 = m.c^2 \tag{32}$$

De acordo com Torres, (2016), E_0, representa a energia equivalente a massa (m) em repouso e costuma ser chamada de energia de repouso. Todavia se queremos calcular a energia total de uma partícula livre em movimento, devemos somar a energia de repouso com a energia cinética relativista, ver-se a energia relativística com o fator de Lorentz:

$$E = \frac{m.c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \gamma.m.c^2 \tag{33}$$

Dessa forma, para a energia cinética relativística, temos:

$$E_c = E - E_0 \tag{34}$$

$$E_c = \gamma.m.c^2 - m.c^2 = (\gamma - 1).m.c^2 \tag{35}$$

De acordo com Riffel,

> o princípio da conservação da energia total pode ser comprovado experimentalmente para processos relativísticos. Entretanto, outro princípio de conservação – o princípio de conservação da massa – não deve ser tratado de maneira isolada na teoria da relatividade especial, devido a relação entre a massa e a energia. A relação massa-energia implica na substituição das leis de conservação de massa e de energia por uma única lei de conservação de massa-energia. (Riffel, 2011, p. 30)

- A relatividade do comprimento

Outra medida considerada para a física clássica como absoluta é o comprimento. Com as aplicações da relatividade de Einstein, a dilatação do tempo passou a ser uma realidade, e com ele, o comprimento variado, a relatividade do comprimento.

De acordo com Barros

> De fato, a contração do comprimento, na relatividade especial, surge como consequência de que todos os observadores em movimento relativo uniforme devem medir o mesmo valor para a velocidade da luz. Ela ocorre apenas para um observador que mede o comprimento de uma barra em movimento, dependendo o valor da contração da velocidade com que a barra se move em relação a ele (a contração é relativa). (Barros, 2005, p. 622)

As aplicações da teoria da relatividade especial só chegaram após um século. Entre as aplicações mais expressivas estão o sistema de posicionamento global, a sigla em inglês GPS,

que calcula a localizada com o tempo de resposta entre os satélites que orbitam a Terra e nossos aparelhos. A relatividade também revolucionou a maneira de comunicação mundial. Outra aplicação é a energia nuclear, que tem um papel importantíssimo no campo da produção de energia elétrica e na medicina.

5. Procedimentos metodológicos

Neste capítulo desenvolveremos as metodologias utilizadas dentro da sala de aula, bem como a aplicação do produto dentro da perspectiva da aprendizagem significativa de David Ausubel, voltado para a física moderna.

Explanaremos também: o tipo de estudo abordado; o instrumento para produção de dados e a população do estudo; as análises quantitativas, voltadas para percentuais e números de acertos de questões do questionário aplicado; concomitante, a análise qualitativa, visando inferir a qualidade das respostas e também dos resultados esperados mediante a aplicação do Quiz e o uso da plataforma Socrative.

Para o uso do multimétodo, alinhado aos tipos de pesquisas qualitativas e quantitativas, usa-se do método Survey longitudinal, com uso de uma amostragem não probabilística, a fim de encontrar caminhos para as análises.

> Os métodos de pesquisa podem ser quantitativos (Survey, experimento etc.) ou qualitativos (estudo de caso, focus group etc.), devendo sua escolha estar associada aos motivos de pesquisa. Ambos os tipos possuem, naturalmente, vantagens e desvantagens. Não há obrigação alguma de se eleger apenas um método; cada desenho de pesquisa ou investigação pode fazer o uso de diferentes métodos de forma combinada, o que se denomina de multimétodo, ou seja, aliando o qualitativo ao quantitativo (e não só tendo mais de urna fonte de coleta de dados). (Freitas et al. 2000. Pg. 105)

Considera-se, portanto, entender um pouco mais sobre a empregabilidade do método Survey e como foi utilizado nesse trabalho.

5.1 Tipo de estudo e o método Survey longitudinal

O estudo seguiu a natureza aplicada, tendo em que vista que consiste na elaboração de um produto educacional e sua aplicação em uma rede de ensino (escola de ensino médio) como uma UEPS, sendo o professor o mediador interativo entre o produto e o aluno.

A escola que escolhemos para fazer a intervenção e aplicação do produto, foi uma escola de enonsino particular que apresentava laboratório de informática básico e avançado, com disponibilidade de um computador por aluno. Alinhados a essa questão, expomos que a escolha de uma escola particular não interfere que o produto, por obséquio, seja aplicado a uma escola

pública. Em caso de não possuir laboratório de informática na escola, a atividade pode ser desenvolvida pelos smartphones dos alunos, uma realidade mais próxima nas escolas públicas.

De acordo com Aragão,

> A realização de uma pesquisa científica se divide em várias etapas, desde o questionamento inicial (hipóteses) até a análise e formulação de conclusões sobre os dados levantados no estudo. Entre estas, está a escolha do tipo de estudo a ser realizado. Mais do que um fim em si, a escolha ensejada nesta etapa é a de uma ferramenta destinada a uma finalidade específica, em consonância com os objetivos traçados para o estudo. (Aragão, 2013, p. 60)

O método de pesquisa Survey é um dos quatorze tipos de pesquisa apresentados no livro de Figueiredo (2004). Esse método, pode apresentar três finalidades, independentes para o seu uso, ou seja, basta que uma das finalidades seja o objetivo do pesquisador para que o método se torne aplicável, conforme quadro 4.

Quadro 4: Apresentação de tipos de Survey de acordo o método de pesquisa

❖ **Descritiva**	Nesse desenho, o pesquisador não se preocupa com o porquê de a distribuição observada existir, mas com o que ela é.
❖ **Explorativa**	O pesquisador explora a fim de levantar opiniões e/ou dados antes não previsto pelo padrão de pesquisa, ou ainda não questionados pelo pesquisador. Mas que depois de adquiridos, podem ser controlados por um Survey mais controlado.
❖ **Explicativa**	Objetiva explicar a distribuição observada. Neste caso, o pesquisador tem a preocupação do porquê da distribuição existente.

Fonte: Babbie, 1999. Adaptado pelo autor.

No caso da pesquisa apresentada, utilizamos a finalidade maior no modelo (explorativa) e explicativo, uma vez que exploramos opiniões dentro da revisão bibliográfica, e visualizamos, perguntas ainda não feitas por pesquisadores anteriores. Depois de adquiridas tais repostas, controlamos a pesquisa para o caminho da aprendizagem significativa de Ausubel; e explicativa, com o objetivo de explicar a distribuição das respostas apresentadas nos questionários. Buscando entender, como ocorre a ancoragem dos conteúdos e a aprendizagem significativa.

De acordo com Martins et al (2011) no modelo longitudinal de Survey, a coleta dos dados de uma dada população é realizada em mais de um intervalo de tempo, possibilitando a análise de mudanças de descrições e explicações ao longo do tempo.

Inicia-se a aplicação do produto com o uso de um questionário (levantamento das hipóteses), disponível no Apêndice A, que basicamente se divide em duas partes, elaborado dentro de dez questões. As cinco primeiras, sendo de caráter pessoal para a população de alunos, com base em inferir o comportamento dos indivíduos frente a proposta tecnológica do produto.

Antes de inferirmos se o questionário é qualitativo ou quantitativo, devemos entender que, de acordo com Gunther:

> Uma distinção mais acentuada entre a pesquisa qualitativa e a pesquisa quantitativa diz respeito à interação dinâmica entre o pesquisador e o objeto de estudo. No caso da pesquisa quantitativa, dificilmente se escuta o participante após a coleta de dados. Uma inclusão de acontecimentos e conhecimentos cotidianos na interpretação de dados depende, no caso da pesquisa quantitativa, da audiência e do meio de divulgação. Ao mesmo tempo em que um nível maior de abstração pode impedir a inclusão do cotidiano, qualquer passo na direção de uma aplicação de resultados necessariamente inclui o dia-a-dia. O mesmo se aplica para a questão do contexto. A reflexão contínua, obviamente, não é específica da pesquisa qualitativa; deve acontecer em qualquer pesquisa científica. (Günther, 2006, p. 203)

As últimas cinco questões do quiz tinham o caráter avaliativo dentro do conteúdo de física moderna, para mapear os subsunçores, bem como a capacidade de relacioná-los com o dia a dia, com base no conhecimento prévio antes da aplicação do produto educacional. Dessa forma, dentro do caráter inicial de aplicação do produto, utiliza-se a finalidade explorativa e explicativa do modelo Survey.

A aplicação de questionário online é uma maneira do uso da tecnologia dentro da sala de aula. O questionário foi pensado para ser aplicado duas vezes online, uma no início de aplicação do produto, e o outra no final. Houve uma terceira aplicação. Esta aplicação extra teve como finalidade aferir a mudança relativa aos conceitos aprendidos, ou de inferirmos a aprendizagem significativa.

É a partir de então que atribuímos o método Survey Longitudinal, uma vez que se utiliza de vários períodos para resultados diferentes. Ou seja, o questionário aplicado em vários intervalos de tempo. Essa hipótese também pode ser utilizada na aplicação do quiz, que apesar de ser considerado um só, foi utilizado em várias etapas de aplicação, continuamente.

5.2 População de estudo e instituição de intervenção.

A aplicação do produto educacional foi na cidade de Rio Branco, no Estado do Acre. De acordo com Cidades-Brasil (2019), O município se estende por 8.835,7 km² e contava com 336.038 habitantes no último censo e sua densidade demográfica é de 38 habitantes por km².

Em 2019, a instituição, em que foi aplicada a pesquisa, era considerada uma das dez melhores escolas do estado, possuindo laboratórios de informática e física, química e biologia, além de salas de desenho, na qual os alunos já tinham um contato direto com computadores e laboratório de física.

A tabela 3 faz um detalhamento da quantidade de alunos que participaram de cada parte de aplicação do questionário e do Quiz, bem como uma análise por faixa etária do público escolhido.

Tabela 2: Distribuição do quadro de participantes por gênero e idade

Variável	**F_A**	**F %**
Turma única	30	100%
Gênero	**F_A**	**F %**
Masculino	13	39%
Feminino	17	51%
Idade	**F_A**	**F %**
15-16	20	66,6%
17-18	10	33,3%

Fonte: Próprio autor

Em análise da tabela 3 acima, podemos observar que o Fator Absoluto (F_A) dos alunos corresponde ao total de 30 alunos, considerando um percentual de 100%. Desses participantes, 13 são do sexo masculino (39%), e 17% são do gênero feminino, correspondendo a um total de 51%. Analisa-se entre o público escolhido, que 66,6% possuem idades entre 15 e 16 anos, e 33,3% dos alunos possuem idades entre 17 e 18 anos. Todos esses resultados não foram mensurados pelo nosso questionário. Todavia, os dados foram conseguidos através de disponibilidade da secretaria da escola, que tinha o cadastro dos alunos.

O estudo começou a ser realizado entre os meses de setembro, outubro e novembro de 2019, em uma turma com 35 alunos do terceiro ano do ensino médio. No entanto, apenas 28 responderam ao questionário inicial. Já a segunda aplicação foi respondida por 30 alunos no mês de dezembro. Na aplicação extra, durante a pandemia da Covid-19, já no ano de 2020, mês de março, 26 alunos responderam o teste.

Como a amostragem é não probabilística, segundo Martins (2011), é usada em situações em que a amostragem não é despesa demais ou quando a representatividade populacional exata é necessária. Os principais métodos deste tipo de amostragem são: amostragem intencional ou por julgamento, amostragem por cotas e confiança em sujeitos disponíveis. Nessa pesquisa, a amostragem é intencional, uma vez que se escolhe o público alvo e usa-se da confiança dos sujeitos escolhidos disponíveis.

5.3 Desenvolvimento do material curricular, intervenção escolar e instrumento de produção de dados

O processo de como se dá aplicabilidade do produto e cada parte do levantamento de dados foi extremamente considerado, pois é nessa parte do processo que se faz as análises qualitativas de aprendizagem do aluno, fazendo comparativos entre o teste incialmente aplicado com o resultado do teste final. Portanto, destaca-se as seguintes fases:

I. ***A construção do produto educacional;*** etapa de análise de como se dariam as transposições didáticas dentro do Quiz, e como seriam assimiladas com o conteúdo novo, de acordo com o plano pedagógico da disciplina, com conhecimentos prévios ou subsunçores.
II. ***Tempo de aplicação;*** durante o quarto bimestre da turma foi destinado à aplicação do produto educacional.
III. ***Aplicação do pré-teste;*** O pré-teste foi pensado para não ser cansativo e não intimidar os alunos com os temas. Para tanto, a aplicação foi feita como o primeiro passo em sala de aula, depois de uma conversa com os coordenadores pedagógicos e a turma para explanar a seriedade do trabalho e sua importância. A aplicação planejada para ser executada em 50 minutos.
IV. ***Aplicação do produto (intervenção escolar);*** apresentação dos temas de física moderna na qual pretendia-se trabalhar. A aplicação de um quiz de familiarização da plataforma Socrative, usando os computadores na sala de

informática. Após esta preparação, a sequência didática prevista foi conduzida, com resolução de exercícios, debates, exposição de contextos históricos dentre outras ferramentas que se utiliza para o ensino do conteúdo, com o acompanhamento do Quiz dentro da plataforma.

V. ***Aplicação do pós-teste;*** O momento de ciência se o produto educacional favoreceu para o ensino e aprendizagem em física moderna. A aplicação planejada para ser executada em 50 minutos.

VI. ***Aplicação do teste extra;*** Aplicação do teste, alguns meses depois do término do produto, com o objetivo de verificar fixação dos conceitos de física moderna. A aplicação planejada para ser executada em 50 minutos.

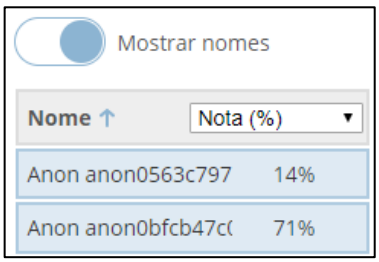
VII. ***Análise dos dados;*** Apresentação em forma de gráficos o rendimento dos alunos obtido nas aplicações dos testes, de forma a observar se houve algum indício de uma aprendizagem significativa. A própria plataforma Socrative, já apresenta uma ferramenta de tabulação de dados, contando com uma opção de envio para o e-mail no formato de planilha.

5.4 Considerações Éticas (Riscos e benefícios do estudo)

De início, não se considera nenhum risco para os alunos, além do vazamento de dados por parte da pesquisa. Como o mundo cibernético tem as suas imprevisibilidades, até mesmo o próprio pesquisador optou por não conhecer a quem se destinava determinada resposta de caráter individual, tratando os resultados de maneira conjunta, como explanou-se bem ao início de cada formulário dos Quizzes. Para tanto, retiramos um trecho do formulário de aceite.

Para restringir os dados, eles aparecem com código de “desconhecido” após respondido o questionário na plataforma Socrative:

Figura 30: Procedimento de divulgação de nomes da plataforma



Fonte: Plataforma Socrative

5.5 O Produto Educacional

A apresentação de produto educacional dessa pesquisa, se refere a um Conjunto de Quizzes, Apêndice B, que ao todo formam um único Quiz sobre a física moderna e sua relação com o cotidiano. Este, por sua vez, é inserido dentro de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) e aplicado dentro da plataforma Socrative.

5.6 Planejamento de aplicação do produto na Instituição de Ensino e elaboração da UEPS

Antes de começar a aplicação do conteúdo, fez-se um planejamento com três coordenadoras pedagógicas da escola. De um modo que a aplicação do material proposto neste trabalho não defasasse do conteúdo proposto no material didático. Uma vez que os pais estavam em constante acompanhamento dos assuntos que eram dados aos filhos diariamente, por um relatório posto na plataforma da própria escola.

Portanto, monta-se o quadro 13 no planejamento a fim de mapear os conteúdos que seriam vistos durante a aplicação do produto:

Quadro 5: Quadro com planejamento pedagógico dos conteúdos e seus respetivos horários disponíveis

Nº	Conteúdos	Principais objetivos	Quantidade de aulas
1	Revisão de ondas eletromagnéticas	Revisar possível defasagem dos alunos com relação ao comportamento da luz, além de introduzi-los a novas aplicabilidades de algumas ondas dentro do espectro eletromagnético no dia a dia dos alunos.	2 aulas (120 minutos)
2	Primeira aplicação do Quiz: A nova onda da física moderna SOC-46936588	Aplicação do Quiz	1 aula (60 minutos)
3	O surgimento da Física Quântica	Apresentar aos alunos a Biografia de Marx Planck bem como a sua teoria de Radiação de corpo negro. Falando um pouco sobre o experimento de Michelson-Morley e a crença da existência do éter.	1 aula (60 minutos)
4	Relatividade especial de Einstein	Introduzir os alunos à Física moderna, a partir da publicação do artigo de 1905 de Einstein. Mostrar também a adição de velocidades, a energia relativística e noção sobre a relatividade Geral.	2 aulas (120 minutos)
5	Efeito Fotoelétrico	Trabalhar com os alunos o Efeito fotoelétrico e suas aplicações no dia a dia	1 aula (60 minutos)
6	Segunda aplicação do Quiz: Física Moderna #challengeaccepted	Aplicação do Quiz	1 aula (60 minutos)
7	O modelo atômico de Bohr	Apresentar aos alunos a biografia de Niels Bohr e suas contribuições com as pesquisas sobre o átomo de hidrogênio.	1 aula (60 minutos)

8	Dualidade Onda-Partícula	Verificar com os alunos as mídias sobre o assunto, bem como, entender a luz e seus mistérios, complementando a teoria dos quanta de Planck.	2 aulas (120 minutos)
9	Princípio da Incerteza de Heisenberg	Apresentar as contribuições de Heisenberg a Física moderna, e o prêmio Nobel a partícula criada em reação nuclear no sol.	1aula (60 minutos)
10	Última aplicação do Quiz: End Game	Aplicação do Quiz	1 aula (60 minutos)

Fonte: Próprio autor

Após a montagem do quadro com os conteúdos e seus respectivos encontros, os planejamentos foram focados em como se daria a aplicação de cada aula, uma rotina já prevista para a escola em todas as disciplinas. Os professores planejam como se dará cada aplicação de aula e precisam do aval da coordenação para a execução da aula. Isso se dá, para que a coordenação tenha sempre a ciência dos acontecimentos em sala de aula para possíveis diálogos com os pais.

O planejamento é indispensável para o docente dentro de uma sequência didática. É ele quem norteia o professor com o tempo de fala para cada conteúdo, as possíveis imprevisibilidades, o uso das ferramentas, ou a quantidade de exercícios. Todos os segmentos e passos devem ser bem executados. De acordo com Lopes (2014), é partindo do pressuposto de que o planejamento é uma ferramenta que serve como alicerce de um ensino de qualidade que o professor consegue organizar seu trabalho de forma clara e consistente.

Portanto, salienta-se que procurou-se cumprir todas as etapas de uma UEPS, e uma constante análise para saber se o aluno estava ou não entendendo o conteúdo mediado. Dessa forma, em possíveis apresentações de falhas, poder-se-ia corrigir tais passos dentro da sequência didática, afim de deixá-la mais aplicável para os futuros professores que à optassem.

Procurou-se registrar o maior número de etapas, uma vez que que as aferições sobre a possível aprendizagem significativa são dadas em observação ao cumprimento da UEPS. De uma forma que esse modelo avaliativo se tornou um instrumento de regularização da aprendizagem.

Uma das primeiras atividades propostas (segundo e terceiro encontro), consistia em os alunos trazerem para a escola imagens de raio x, ou outros procedimentos médicos que os pacientes são submetidos à radiação, além de produtos que se utilizassem do princípio das ondas, como o protetor solar.

Abaixo registra-se, uma seletiva das imagens mais interessantes disponibilizadas pelos alunos. Dentre elas, uma fratura múltipla da tíbia e fíbula, um desvio de coluna vertebral e um ultrassom. Todos esses registrados por equipamentos que fazem usos de aplicações práticas da física moderna.

Figura 31: Materiais disponibilizados pelos alunos para observação de diferentes tipos de materiais (humanos) e suas reações a radiação.

Fonte: Próprio autor

A interação com essa aula, foi possível graças ao material de apoio dos alunos, que despertaram o interesse significativo para o introduzir e desenvolver do conteúdo e o cumprimento da UEPS. Definitivamente foi um grande start para despertar os subsunçores e considerou-se a tarefa exitosa para o produto. Salienta-se que em caso de ausência do material de apoio dos alunos, é importante que o professor tenha o seu próprio material de apoio, para utilizar em caso de falha ou esquecimento dos alunos.

Outra atividade proposta foi o desdobrar do tecido preto para demostrar a distorção do espaço tempo no quinto, sexto e sétimo encontro. Também se construiu com os alunos, divididos em equipes, uma demonstração tridimensional de um buraco negro e seu horizonte de eventos, servindo como base para os estudos de introdução a mecânica quântica, quando se tratado de um corpo negro ideal e também para a distorção massiva de um buraco negro no tecido do espaço tempo e a gravidade na teoria da relatividade geral. Para tanto, demostradas nas figuras 52 e 53 abaixo.

Figura 32: Demonstração tridimensional de um buraco negro e seu horizonte de eventos.

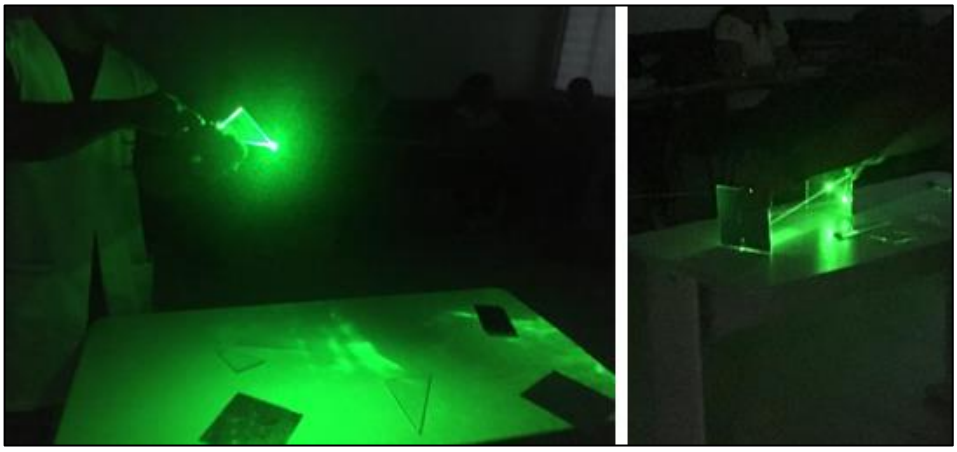
Fonte: Próprio autor

Figura 33: Alunos divididos em grupos montando uma parte do buraco negro

Fonte: Próprio autor

Uma atividade que também vale destaque, foram a utilização de Laser para trabalhar as ondas e a dualidade onda partícula. Utiliza-se diferentes tipos de lentes para exemplificar o uso e funcionamento da reflexão e suas aplicações. Como foi o exemplo da fibra óptica que está em alta, e a maioria dos alunos já usufruem do benefício de utilizá-la em suas próprias residências. Materiais utilizado no décimo primeiro encontro.

Figura 34: Utilização de laser durante as aulas para exemplificar a reflexão para a fibra óptica.



Fonte: Próprio autor

O Quiz como instrumento de avaliação para dar suporte aos resultados esperados mediante a aplicação da UEPS, é uma ferramenta tanto facilitadora, como também um instrumento de revisão para os conteúdos vistos. Sempre que os questionários devessem ser aplicados, agendava-se o laboratório de informática básica ou avançada e os alunos eram distribuídos por computadores, conforme a figura 35.

Figura 35: Alunos no laboratório minutos antes de começarem a responder o Quiz

Fonte: Próprio autor

Adiante, analisa-se a aplicação do questionário pré-teste e pós-teste. Bem como o comparativo de porcentagem de acertos de questões antes e depois da aplicação da UEPS.

Para tanto, abordada a execução de cada encontro no produto educacional, para exemplificar como seriam abordadas cada temática do conteúdo em cada aula. Vale ressaltar

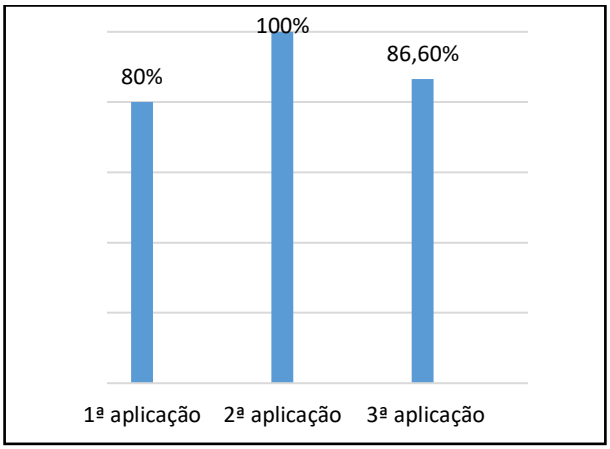
que o tempo de cada encontro corresponde a 60 minutos, de acordo com o parecer CNE/CEB nº 8/2004, aprovado em 8 de março de 2004. Seguido pela escola supracitada.

6. Resultados e discussões

Nessa etapa, serão apresentados e discutidos os resultados provenientes das aplicações do questionário inicial/final e de cada parte do Quiz. Faz-se uma análise qualitativa a partir dos dados quantitativos obtidos. Nessas aferições, optaremos pelo multimétodo de analise como referido no capítulo anterior. Salienta-se a importância de fidedignidade para as respostas, e também para se manter a ética acadêmica e profissional mediante trabalhos acadêmicos.

A Figura 36 mostra o resumo do espaço amostral, um comparativo das 3 aplicações do questionário avaliativo de aprendizagem (Apêndice A), obtido a partir da análise da questão 1. A primeira questão do questionário inicial era sobre a aceitação dos alunos na participação e ciência na pesquisa que estava sendo realizada na turma, bem como precisavam autorizar a divulgação de suas respostas de maneira coletiva para fins de pesquisas acadêmicas. Podemos verificar que o aceite foi feito por 80% (28 alunos) na primeira aplicação, 100% (30 alunos) na segunda aplicação e 86,6% (26 alunos) na última aplicação. A participação de todos alunos não é obtida, pois não são obrigados.

Figura 36: Referente a questão 1 do Questionário (Apêndice A).

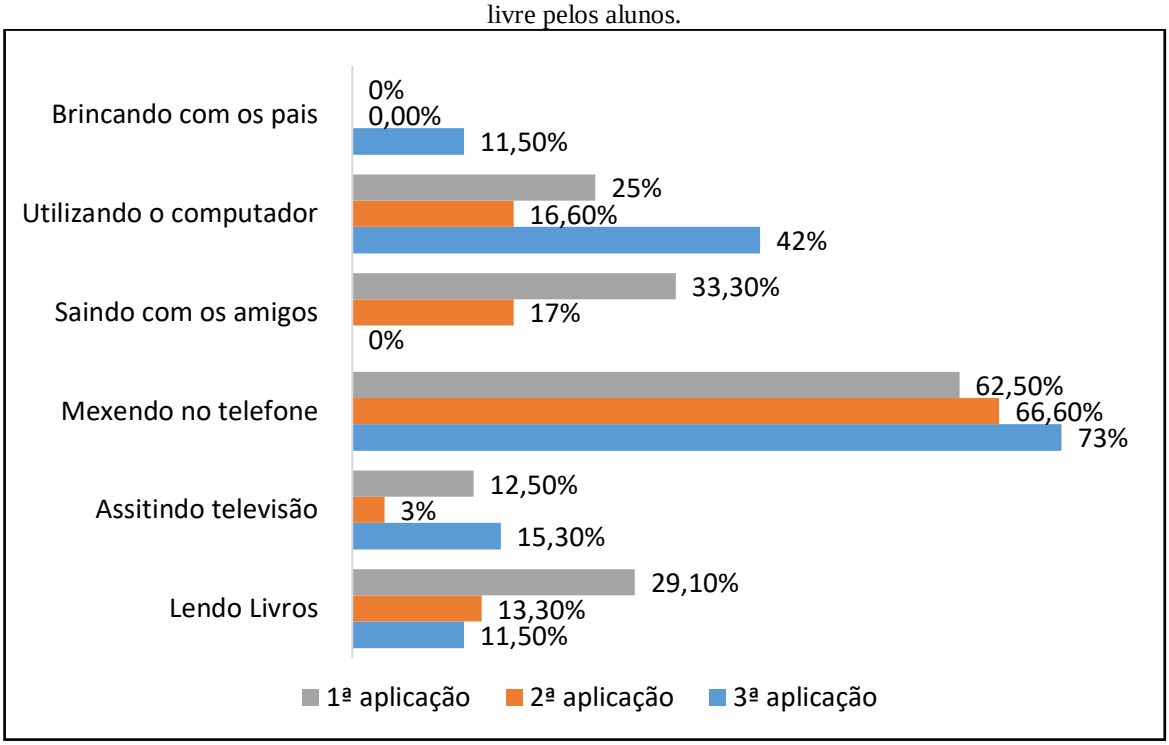


Fonte: Próprio Autor

Na questão 2 do teste (Figura 37) tentamos inferir como os alunos administra seu tempo livre. Para tanto, disponibilizou-se algumas alternativas para uso do tempo livre, como as mais pertinentes para essa geração de jovens. Observou-se que, nas três aplicações, de 62% a 73% dos alunos optam por usar o telefone celular em seu tempo livre. Esse dado mostra um pouco da realidade do cotidiano dos participantes. A alternativa “brincando com os pais” teve o menor percentual, de acordo com as respostas. É importante destacar que essa alternativa não restringia

para que o aluno escolhesse apenas uma alternativa, mas o mesmo aluno poderia marcar, diversas alternativas se desejassem.

Figura 37: Referente a questão 2 do questionário (Apêndice A), mensurando quantitativamente o uso do tempo livre pelos alunos.



Fonte: Próprio autor

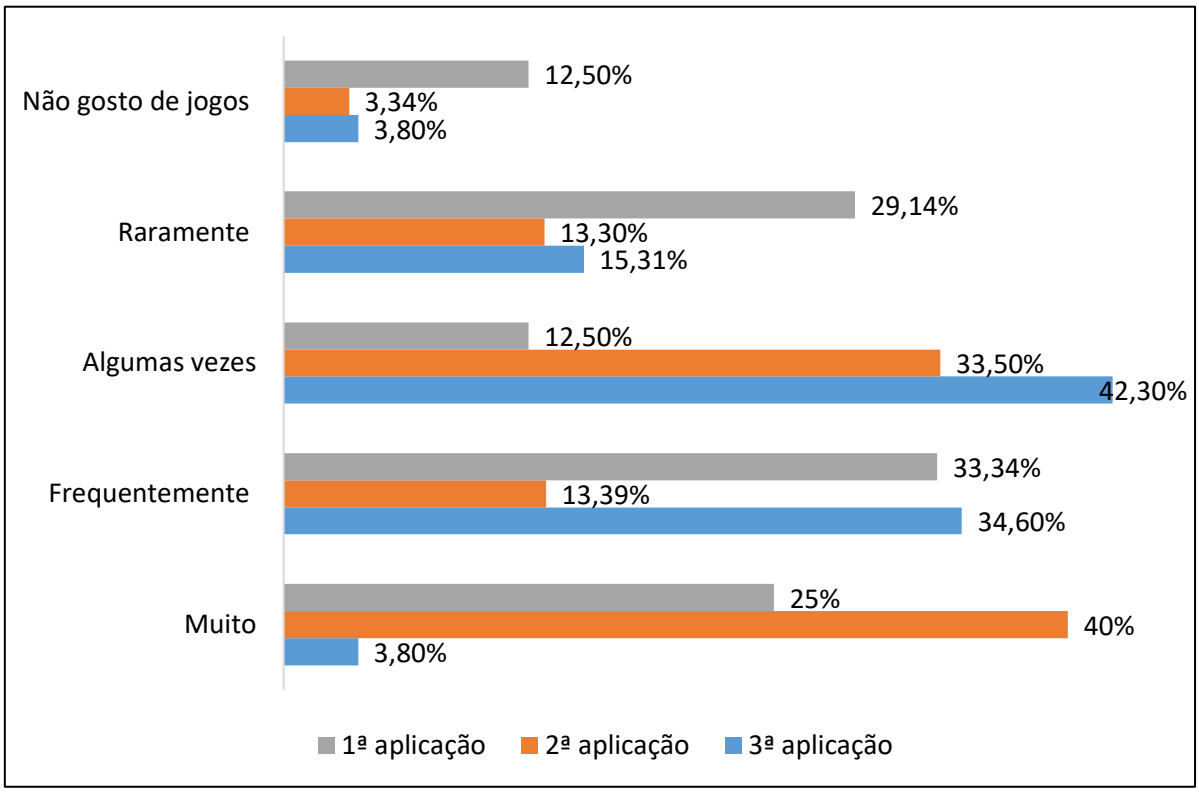
De acordo com Chechia (2005), os pais não têm apenas que estar presentes nas escolas, mas devem também assumir o papel ativo no cotidiano escolar dos filhos. O apoio e a participação dos pais na vida escolar dos filhos colaboram com a escola no sentido de se obter um trabalho de classe mais equilibrado.

Além disso, podemos observar o crescente uso de tecnologias tem substituído o papel de apoio dos alunos. De acordo com a Figura 37, fazer uso do computador teve um aumento extremamente elevado durante a pandemia, onde o contato com os pais, teve um aumento no percentual na terceira aplicação. No entanto o uso do telefone permanece nos mesmos índices, deixando as atividades como leitura ou a interatividade com os amigos defasadas.

De acordo com Patriota (2015), é comum que pessoas dessa geração, simultaneamente, assistam à televisão, utilizem o celular e estejam conectados na internet. Contudo, nos tempos de isolamento, nota-se uma mudança na forma de se relacionar socialmente.

Já a questão 3 do questionário avaliativo da UEPS, fazia menção aos alunos gostarem ou não de utilizarem jogos interativos. Poderiam considerar qualquer tipo, mesmo não sendo jogos didáticos. Para tanto, destaca-se alguns advérbios de tempo, como: muito, frequentemente, algumas vezes, raramente, ou não gosto de jogos; como alternativas a serem marcadas por eles. Os resultados estão apresentados na Figura 38.

Figura 38: Referente a questão 3 do questionário avaliativo da UEPS (Apêndice A), mensurando a quantidade de tempo gasto para o uso de jogos no SmartPhone.



Fonte: Próprio autor

De acordo com Patriota, (2015, p. 10)**,** a nova sociedade é fruto da relação existente entre o uso intenso da informação, conhecimento e a tecnologia. Esta última marcou o progresso, em especial nos meios de comunicação, tornando-se praticamente indispensável na vida do homem moderno.

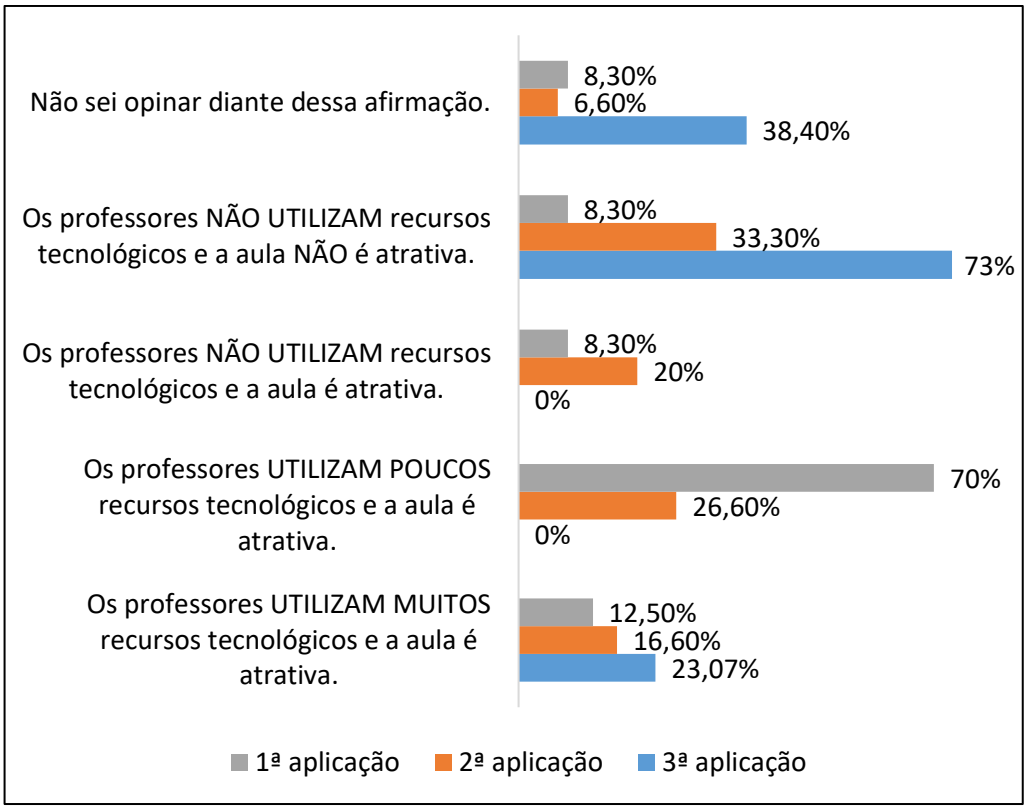
A alternativa “algumas vezes” foi a mais assinalada pelos alunos, isso mostra que os jogos não são suas preferencias no smartphone, mas que podem alternar em múltiplas tarefas fazendo várias coisas ao mesmo tempo.

De acordo com a Figura 38, a alternativa “muito”, com 25% na primeira aplicação, subindo para 40% na segunda aplicação, mostra o entusiasmo e o interesse que o produto,

despertando um interesse pelo uso de jogos para que pudessem se divertir e estudar na medida que progridem em seus estudos.

Fizemos uma análise sobre o uso de tecnologias em sala de aula. Para tanto, mostramos os percentuais para cada alternativa, conforme a Figura 39.

Figura 39: Análise referente a questão 4 do questionário avaliativo da UEPS (Apêndice A), e a visão dos alunos frente ao uso das tecnologias pelos professores de outras disciplinas.



Fonte: Próprio autor

Há, portanto, alguns fatores interessantes a serem considerados. Na primeira aplicação (faixa cinza), 70% dos alunos responderam que os professores UTILIZAVAM POUCOS os recursos tecnológicos e a aula na visão deles era atrativa. Já durante a 2º aplicação (faixa laranjada), esse valor cai para 26,60%. O que podemos inferir é que o conceito de atratividade muda depois da aplicação do produto, e eles percebem que os professores podem tornar as aulas mais atrativas desde que utilizem os recursos tecnológicos. Ou seja, inconscientemente os alunos começaram a utilizar a aplicação do produto proposto como parâmetro de aulas atrativas.

Na terceira aplicação (durante a pandemia) tivemos 73% dos alunos, que optaram pela opção "*os professores não utilizam recursos tecnológicos e a aula não é atrativa*". Existe aqui

umas (“”) aspas a ser aberta. Pois, durante o momento da pandemia, os alunos estavam obtendo acompanhamento tecnológico (virtual) durante todo o tempo, só que a ferramenta ficou obsoleta pela forma como estava sendo utilizada. Nas opções não se apresenta uma, onde o professor utiliza o recurso tecnológico e a aula é “ruim”. Então, subentende-se que tanto o pesquisador não pensou nessa possibilidade quanto os alunos não estavam preparados para que aulas dentro do ambiente tecnológico fossem dessa forma.

Ressalta-se a partir desse pensamento que não é só o USO das ferramentas tecnológicas, mas o COMO será feita essa abordagem, justificando assim o produto como sendo uma potencialidade de conhecimento, ou como sugere Ausubel, uma unidade de Ensino Potencialmente Significativa.

De acordo com Faria (2004), diversos são os tipos de aplicativos que o professor pode escolher, dependendo dos objetivos da disciplina, conteúdo, características dos educandos e proposta pedagógica da escola.

> Os recursos tecnológicos facilitam a passagem do modelo mecanicista para uma educação sociointeracionista, ainda que a realização de um novo paradigma educacional dependa do projeto político-pedagógico da instituição escolar, da maneira como o professor sente a necessidade desta mudança e da forma como prepara o ambiente da aula. É importante criar um ambiente de ensino e aprendizagem instigante, que proporcione oportunidades para que seus alunos pesquisem e participem na comunidade, com autonomia. (Faria, 2004, p. 2)

De acordo com Barreto,

> a presença das TIC tem sido investida de sentidos múltiplos, que vão da alternativa de ultrapassagem dos limites postos pelas “velhas tecnologias”, representadas principalmente por quadro-de-giz e materiais impressos, à resposta para os mais diversos problemas educacionais questões socioeconômico-políticas”. (Barreto, 2004, p. 1183)

Na visão de Ausubel, aqui, expressa por Moreira:

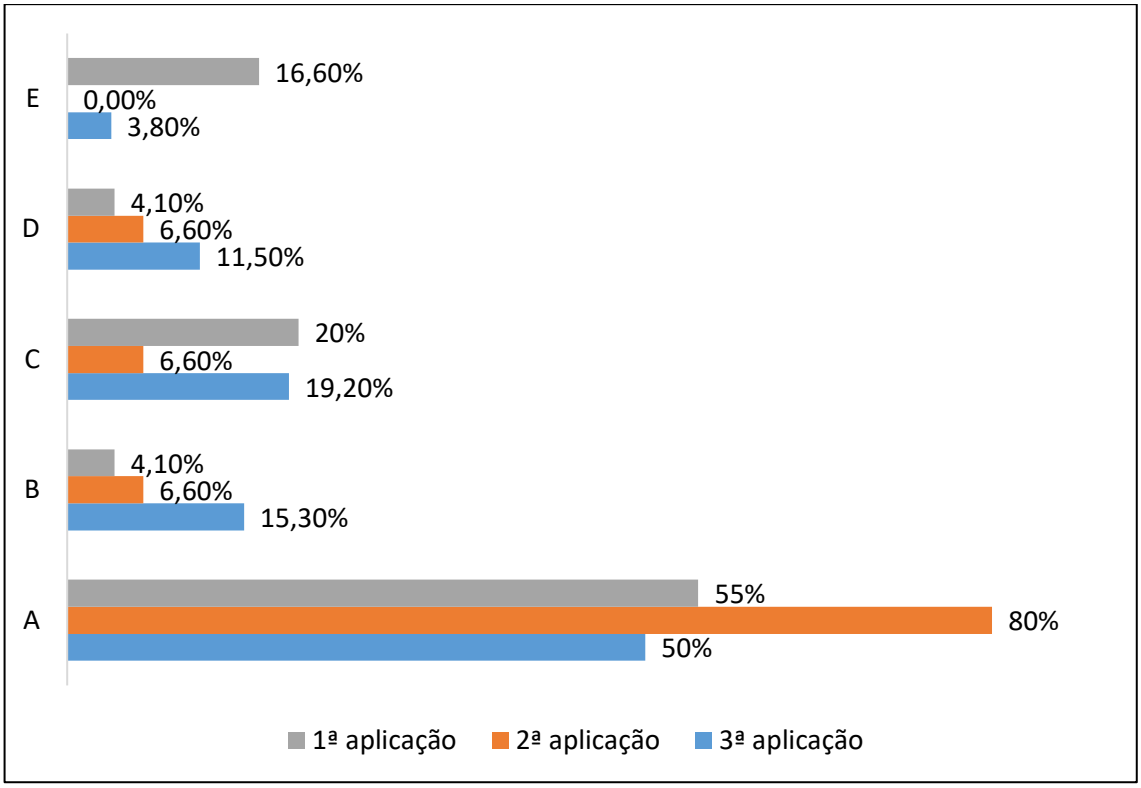
> É importante considerar que o conhecimento prévio pode e deve variar dependendo do meio social e de uma série de outros fatores. Assim, um material potencialmente significativo para um aluno, pode não ter significado nenhum para outro. Ou seja, não existe um simulador computacional, um software ou um livro texto significativo, ele só pode ser potencialmente significativo, pois, o significado está no aluno, não no material didático. (Moreira, 2012

Aqui visualizamos que o material proposto dentro de uma plataforma digital de aprendizagem deve acoplar o maior número de interesses possíveis, tanto do conteúdo que será proposto pelo docente, quanto pelo interesse coletivo da sala de aula. Pois de fato, o significado deve estar principalmente no aluno e não somente no material didático proposto.

Os próximos resultados são em relação ao conteúdo da física moderna, referente as questões de 5 a 10 do questionário de aplicação: inicial, final e durante a pandemia. Onde fizemos uma análise comparativa quantitativa dos resultados referentes as três aplicações.

A questão cinco era enunciada da seguinte forma: Qual das alternativas abaixo você acredita ser o conceito de Física Moderna? Esta, por sua vez explorava o conceito por detrás da teoria física. Como mostram os resultados expostos na figura 40 abaixo:

Figura 40: Referente a questão 5 do questionário de aplicação de avaliação da UEPS (Apêndice A), relacionado ao conceito de física moderna.



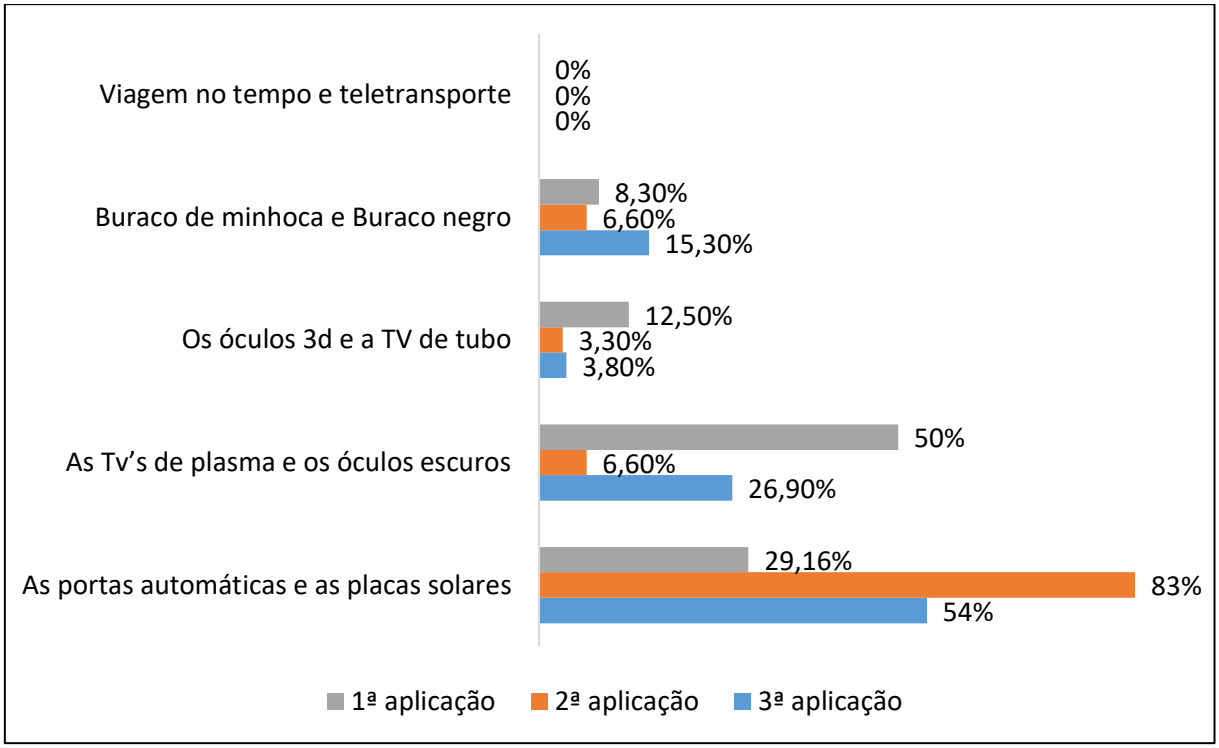
Fonte: Próprio autor

Podemos observar que os alunos já traziam uma determinada noção sobre o que se tratava a física moderna. Inicialmente 55% dos alunos responderam corretamente, na primeira aplicação. Depois da aplicação da UEPS, verificou-se que o conteúdo ainda estava bem sólido na mente dos alunos. Haja vista que 80% da turma conseguiu identificar o conceito de física moderna e a sua contextualização, com um aumento percentual de 25% em comparação com a primeira aplicação. Aqui tiramos a dúvida de um possível chute de sorte dos alunos durante a primeira aplicação, uma vez que o percentual positivo não só se mostra acima da metade da turma, como também, alcança os alunos que erraram durante a primeira aplicação.

. Na terceira aplicação, apenas 50% dos alunos responderam, de maneira, correta o conceito de física moderna. Ou seja, aqui, em um terceiro momento, um percentual de 5% a menos acertou o conceito de física moderna em relação a primeira aplicação (55%). Esse é o momento que todo pesquisador com resultados negativos deve rever o método de aplicação do produto, e como em uma futura aplicação, esse resultado possa vir a ser positivo. O não alcance positivo nesses dados durante uma terceira aplicação podem ser dados em função do desinteresse pelos alunos em responder o próprio questionário, uma vez que não havia mais classificação de nota ou qualquer método avaliativo para composição de nota escolar. É importante visar que um resultado desproporcional as outras medidas não configuram isoladamente uma não retenção dos conteúdos ou do produto didático. Isso ocorre porque como o produto foi aplicado a uma turma do último ano do ensino médio, não havia mais vínculo com os alunos e a escola, tornando a terceira aplicação um processo de acompanhamento provido pela escola de egresso ao ensino superior, contando com a voluntariedade dos discentes.

Adiante, a questão 6 tratava sobre o efeito fotoelétrico e solicitava a relação desse fenômeno com a possível aplicação no dia a dia. Os resultados são expressos na Figura 41:

Figura 41: Referente a questão 6 do questionário avaliativo da UEPS (Apêndice A), relacionando o conceito sobre o efeito fotoelétrico e sua aplicação no dia a dia.



Fonte: Próprio autor

Algumas opções foram disponibilizadas aos alunos, com o objetivo de que identificassem em qual dessas, o efeito fotoelétrico seria representado. Na primeira aplicação 29,16% dos alunos consideram a alternativa correta (portas automáticas e placas solares). Sendo a maioria das respostas, 50% dos alunos, concentradas na alternativa incorreta (Tv's de plasma e óculos escuros). Outros percentuais menores foram distribuídos nas outras alternativas que também eram incorretas.

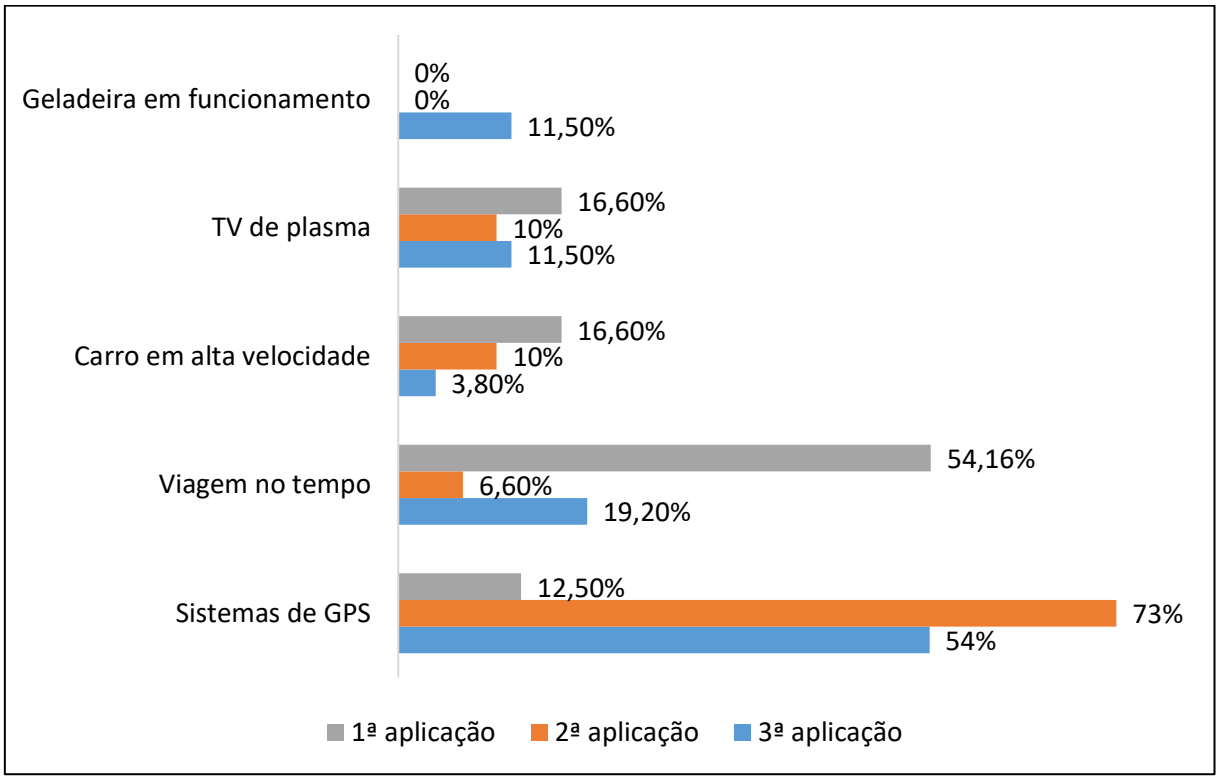
Já durante a segunda aplicação, observamos que 83% dos alunos, optaram pela resposta correta. Com um acréscimo de 53,84% a mais de repostas corretas do que durante a primeira aplicação. Ressalta-se na importância de resultados positivos revelados com as aplicações dos questionários, pois são um feedback positivo para inferir a aprendizagem significativa nesse caso.

Na terceira aplicação, 54% dos alunos mantiveram suas respostas na alternativa correta, que em comparação com a primeira, infere em um aumento de 24,84% de respostas corretas a mais. A conclusão em um percentual positivo da terceira aplicação quando em comparação com a primeira é fator positivo para considerar que os alunos retiveram o conhecimento proposto de maneira satisfatória. Essa afirmação não é dada só em consideração aos números apresentados no gráfico, mas no processo vivido entre o professor e o aluno durante a aplicação da UEPS. De acordo com Moreira,

> A aprendizagem significativa se caracteriza basicamente pela interação entre novos conhecimentos e aqueles especificamente relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Para isso, em sala de aula, o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender e os materiais educativos devem ser potencialmente significativos. Contudo, tais condições são necessárias, mas não suficientes. É preciso levar em conta que a aprendizagem não pode ser pensada isoladamente de outros lugares comuns do fenômeno educativo como o currículo, o ensino e o meio social. Mas não só esses. (Moreira, 2003, p. 14)

Na figura 42, os alunos também precisavam fazer uma assimilação do conteúdo com o fato do cotidiano, que traz uma semelhança coma a questão anterior, porém sobre os conceitos de relatividade restrita. Dentre as alternativas, optou-se por colocar atividades básicas para esse fim, como um carro em alta velocidade e/ou o seu sistema de GPS.

Figura 42: Referente a questão 7 do questionário avaliativo da UEPS (Apêndice A), relacionando o conceito sobre relatividade restrita e sua aplicação no dia a dia.



Fonte: Próprio autor

Observou-se, na primeira aplicação, que apenas 12,5% dos alunos marcaram a resposta correta, "o sistema de GPS". Enquanto que, 54,16% dos alunos, associaram a teoria da reatividade de Einstein com viagem no tempo. Aqui, encontramos uma associação dos alunos com os conteúdos de física moderna e a impossibilidade. Geralmente baseando seus subsunçores, naquilo que viram em filmes e/ou semelhantes. A indústria cinematográfica, nem sempre se preocupa com a utilização dos conceitos acadêmicos corretos, principalmente quando se trata de Ficção cientifica, todavia, alguns termos quando bem associados, são tomados pelo público como sendo verdade. O que cria, na cabeça daqueles que assistem, uma pseudo verdade sobre um conteúdo. De acordo com Piassi:

> A implicação disso é que, mais do que mera possibilidade de um recurso didático inovador para a sala de aula, a ficção científica parece trazer consigo a expressão de concepções em relação a conceitos e leis científicas, à atividade científica, à natureza da ciência e sua relação com a sociedade. Como veículo social dessas concepções, a ficção científica, em todos os seus desdobramentos, constitui-se uma forma de divulgação de ideias ligadas à ciência. Não importando se tais ideias são precisas ou representam distorções ou simplificações, o fato é que hoje elas constituem um dos principais mecanismos que ajudam a construir um imaginário social sobre a ciência. (Piassi, 2007, p. 21)

Existem assim, duas formas de ver esse comportamento, a primeira é associar o subsunçor de maneira errada ao conteúdo proposto, e a segunda, é associar qualquer informação que temos para ancorar um novo conteúdo, fazendo uma reversão e uma inserção. De acordo com Boss:

> Uma vez que a presença de subsunçores na estrutura cognitiva é uma condição sine qua non para a aprendizagem significativa, a Teoria de Ausubel propõe uma estratégia para facilitar esta aprendizagem. A estratégia consiste na utilização de materiais introdutórios adequados, claros e estáveis denominados organizadores prévios. Estes são ministrados antes do conteúdo de aprendizagem. (Boss, 2009, p. 4)

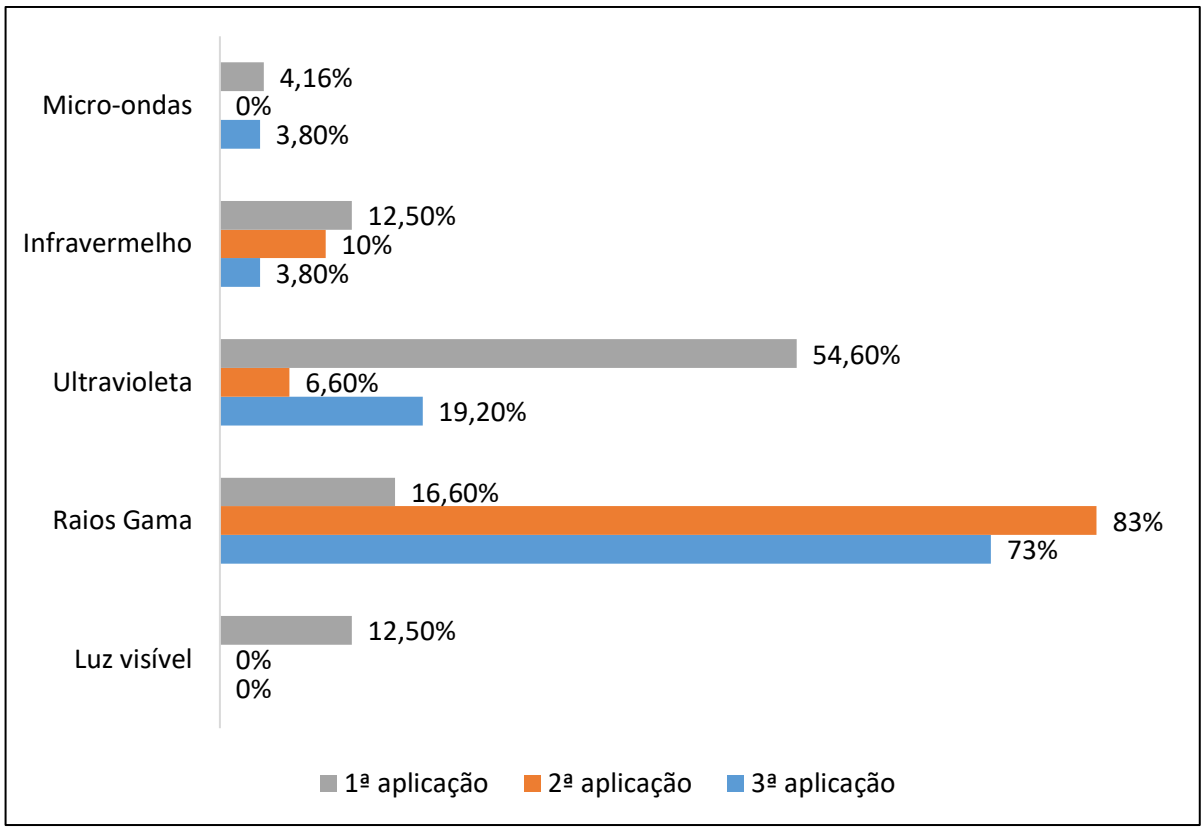
Portanto infere-se que é papel do educador, organizar previamente o conhecimento dos alunos para receberem uma nova informação sobre determinado conteúdo. Essa estratégia será ponto fundamental na facilitação do aprendizado. Seja essa informação verdadeira ou não, ela pode ser utilizada de maneira para ancorar uma nova informação. Será sempre mais simples partir de uma coisa que o aluno já ouviu falar, do que um conceito que ele não sabe absolutamente nada a respeito.

Após a execução da UEPS, durante a segunda aplicação, 73% dos alunos responderam corretamente à questão 7. O que mostra um aumento de 60,5% em relação ao número de alunos que responderam corretamente durante a primeira aplicação. Todavia, esse porcentual caiu para 54%, na terceira aplicação. Em um fator comparativo entre a primeira e a terceira aplicação, houve um aumento de 41% de acertos.

Também é mérito dos resultados, a mudança de opinião em relação a associação da relatividade de Einstein com viagem no tempo e coisas impossíveis na visão cientifica atual. Uma vez que o público que respondeu essa alternativa na primeira aplicação caiu em um percentual de 47,56 % na segunda aplicação, e se manteve abaixo das outras alternativas na terceira aplicação.

Adiante, a figura 43 é referente a radiação de maior penetração no corpo humano. Para tanto, apresentamos o micro-ondas como sendo uma das alternativas, pois existem mitos e verdades sobre tal eletrodoméstico atacar de maneira silenciosa o organismo humano. E apresentamos outros feixes, como sendo composição das outras alternativas, inclusive a alternativa correta, Raios gama.

Figura 43: Referente a questão 8 do questionário avaliativo da UEPS (Apêndice A), relacionando a aplicabilidade da radiação gama ao cotidiano



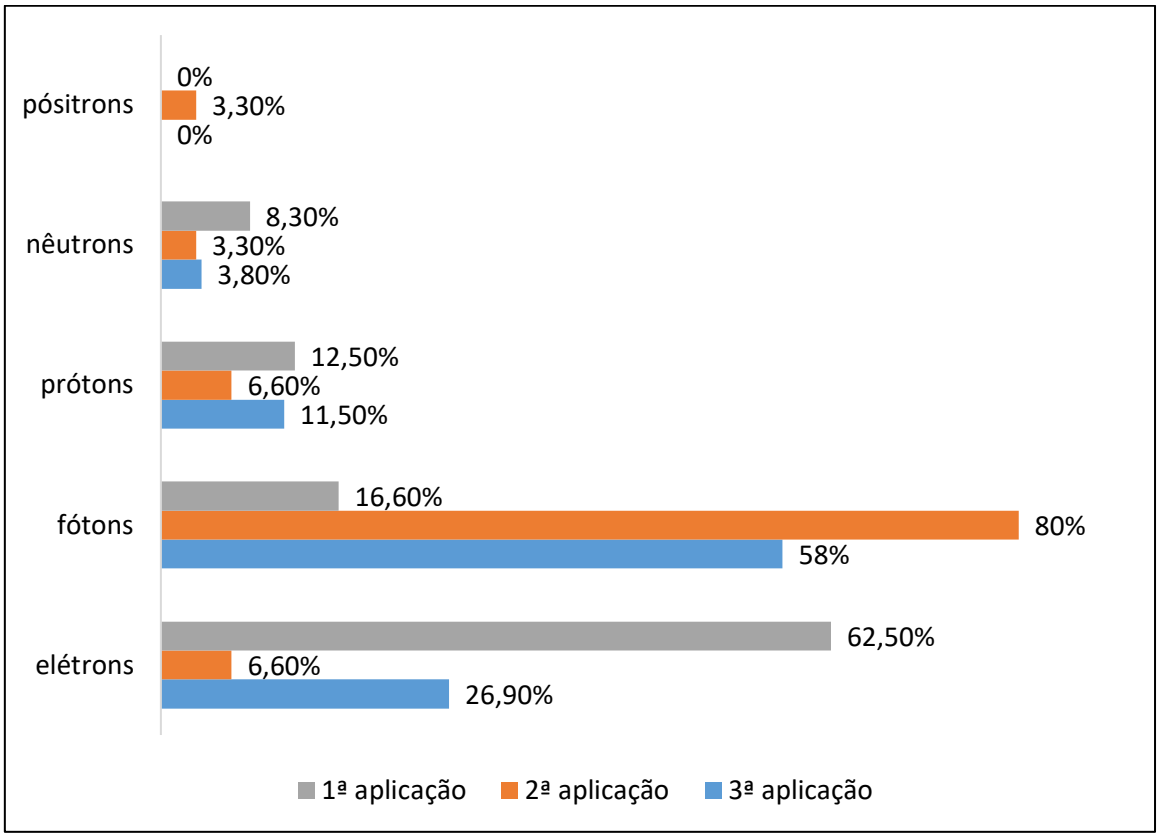
Fonte: Próprio autor

Pode-se observar que na primeira aplicação, apenas 16,6% responderam corretamente à pergunta "Raios Gama". Enquanto que a maior aposta foi na alternativa ultravioleta, alternativa incorreta. Já na segunda aplicação, 83% dos alunos marcaram a alternativa correta. Número esse que quase se manteve durante a terceira aplicação, onde 73% dos alunos mantiveram sua resposta na alternativa correta.

Na sala de aula foi perceptível a interação das meninas com o tema, por falar de bronzeamento (raios ultravioletas), uma vez que os alunos gostam de viajar durante as férias e as meninas com certeza optam pelas famosas "marquinhas" que as fizeram lembrar imediatamente do protetor solar. O que levou a participação predominante da aula ser do público feminino, considerando que elas também estavam em maior número sempre durante as aplicações. O que nos faz concordar com o ponto de vista de Silva et al. (1999, p. 213) "meninos e meninas recebem educação muito diferente, embora sentados na mesma sala, lendo os mesmos livros didáticos, ouvindo o mesmo professor".

O raio-X foi outro conceito abordado. A grande maioria dos alunos, se não todos, já haviam quebrado ossos durante algum momento de sua vida, ou já tiveram parentes com traumas semelhantes. O que facilitou muito no diálogo com tais. Vejamos, portanto, a Figura 44 para análise dos resultados.

Figura 44: Referente a questão 9 do questionário avaliativo da UEPS (Apêndice A), abordando o conceito do raio-X e sua composição.



Fonte: Próprio autor

De acordo com a figura 44, podemos verificar que durante a primeira aplicação do questionário, 62,50% dos alunos acreditaram que o mapeamento de raio-X era dado em um disparo de elétrons. Acredita-se que essa opção seja viável pela quantidade de vezes que o termo elétron aparece nos livros didáticos em comparação com o termo fótons. Essa confusão é bem comum, pelo termo elétron ser mais usado durante o desenvolvimento do conteúdo de eletromagnetismo. Todavia, a resposta correta para essa questão seriam os fótons.

Ocorre ainda dentro da sala de aula, a aprendizagem por descoberta, uma vez que os alunos mostraram interesse quando visualizaram as placas de raio X dentro da sala de aula, levando a entender de maneira mais profunda o próprio processo do procedimento médico. De acordo com

> A aprendizagem por descoberta apresenta-se ao aprendiz de forma mais ou menos final e com recurso expositivo e o conteúdo principal daquilo que o mesmo deve aprender. O aluno que aprende deve reorganizar um conjunto de informações e integrá-las ao conhecimento que já possui para resolver problemas. Neves, 2017, p. 721)

Na segunda aplicação podemos verificar que 80% dos alunos apresentaram domínio quanto a essa parte do conteúdo, ou seja mudaram de opinião enquanto a resposta que apresentaram na primeira aplicação. Já na terceira aplicação, 58% dos alunos mantiveram a resposta de que o feixe disparado pela máquina de raio-X era composto por fótons e não por elétrons. Mostrando um aumento percentual de 41,40% em relação ao número de respostas corretas durante a primeira aplicação. O que se considera satisfatório diante da aplicação da UEPS.

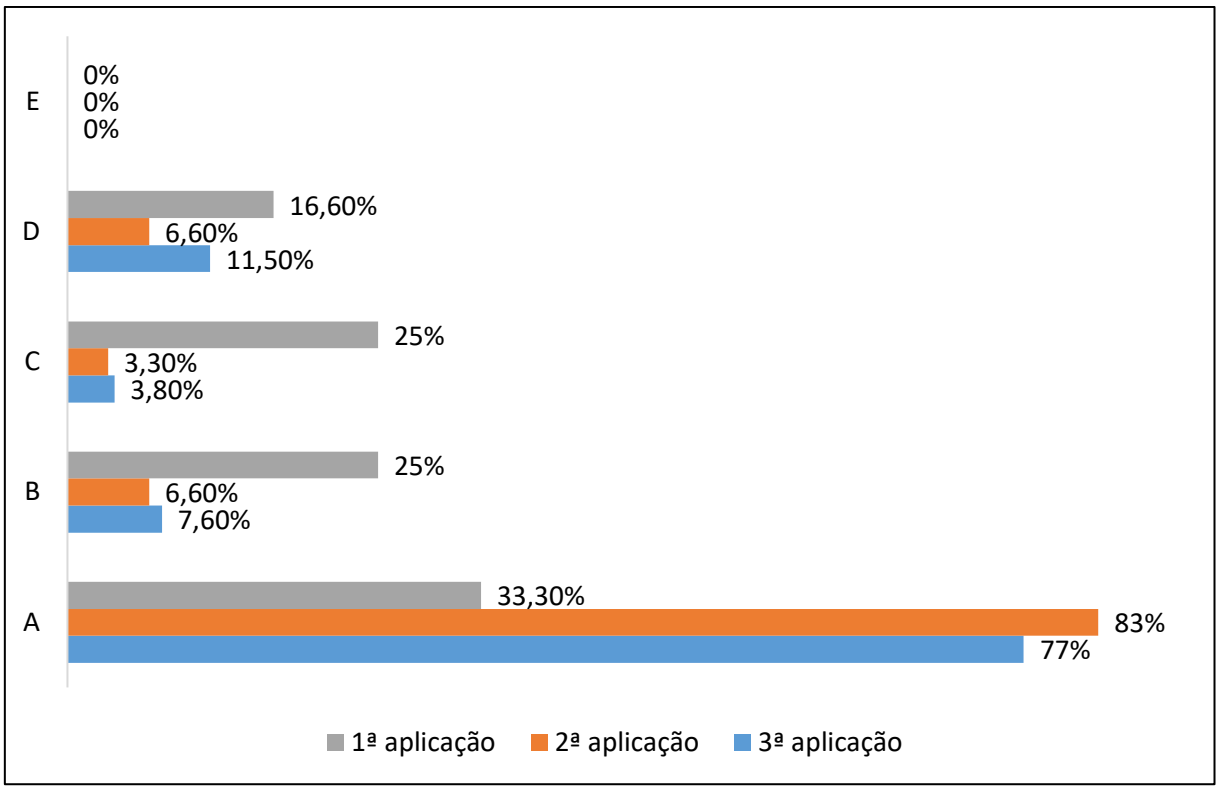
Já o resultado da última questão, foi dado em função do conceito de corpo negro. Para tanto, o quadro 7, mostra a referida questão e suas respectivas alternativas para auxiliar na análise do gráfico da figura 45.

Quadro 6: Referente a questão 10 do questionário avaliativo da UEPS (Apêndice A) para facilitar o entendimento do gráfico da Figura 45.

Que alternativas abaixo podem melhor definir Corpo Negro no conteúdo de "Radiação de Corpo Negro"?	
A	Corpo hipotético que absorve totalmente qualquer radiação que sobre ele incide e para o qual nenhuma radiação é refletida. Permanecendo em equilíbrio em relação a radiação incidente e por ela emitida a qualquer temperatura dada. Um reservatório com um único e pequeno orifício se comporta de maneira semelhante a um corpo negro.
B	É definido como corpo negro todo corpo completamente opaco. Toda matéria que se encontra em um estado solido ou líquido, também conhecido como matéria condensada, emite um espectro contínuo de frequências. Ou seja, existem espaços vazios no espectro.
C	É um ramo da física hipotético que pode emitir luz negra e matéria escura.
D	É a radiação que ocorre por meio de Energia Escura, incidente em metais ou ametais que podem ser encontrados dentro de buracos negros. Objeto hipotético que absorve toda a radiação eletromagnética que nele incide: nenhuma luz o atravessa e nem é refletida.
E	Nenhuma das alternativas

Fonte: Próprio autor.

Figura 45: Referente a questão 10 do questionário avaliativo da UEPS (Apêndice A), sobre o conceito de corpo negro e seu espectro radioativo.



Fonte: Próprio autor

De acordo com figura 45, na primeira aplicação, 33,30% dos alunos responderam a alternativa (A), corretamente. O que foi na verdade a alternativa com o maior número de escolhas. Esse dado momento da pesquisa, não quer dizer especificamente que o conteúdo já é conhecido pela turma, mas, que de uma maneira análoga, boa parte já compreende a ideia fundamental desse conceito. Mesmo que essa parte da turma não compreenda 50% da classe no geral.

Sobre os conceitos de física moderna, de acordo com Brockington,

> Em cada época, é necessário que o conhecimento científico escolar esteja fundamentado no conhecimento produzido pelos cientistas, e que esse já tenha sido aceito de uma forma consensual pela comunidade científica. A pesquisa em Física induz a um Ensino de Física que deva, a princípio, ser sua própria imagem e semelhança. (Brockington, 2016, p. 389)

Durante a explanação nas aulas, percebeu-se que os alunos apresentaram facilidade em assimilar o conteúdo, mas dificuldade em entender o fenômeno por trás do conceito. O pesquisador verificando a situação, optou por dar ênfase no conteúdo de corpo negro, e os

alunos mostraram interesse em aprender. O que se torna requisito segundo Ausubel para a ancoragem e o resultado em aprendizagem significativa. Na segunda aplicação, 83% dos alunos apresentaram domino do conceito de corpo negro. Na terceira aplicação, 77% desse público ainda conseguia definir a resposta para esse conceito.

De acordo com Moreira,

> Aprendizagem significativa é, obviamente, aprendizagem com significado. Mas isso não ajuda muito, é redundante. É preciso entender que a aprendizagem é significativa quando novos conhecimentos (conceitos, ideias, proposições, modelos, fórmulas) passam a significar algo para o aprendiz, quando ele ou ela é capaz de explicar situações com suas próprias palavras, quando é capaz de resolver problemas novos, enfim, quando compreende. (Moreira, 2003, p. 2)

Pode-se observar que os resultados são satisfatórios. Os números positivos alcançados em mais de 50% da turma, mesmo depois da terceira aplicação, reforçam que a UEPS, o uso da plataforma Socrative e o questionário Quiz Física Moderna, demostram uma proposta satisfatória no modelo de aprendizagem do aluno.

Infere-se que o discente que se satisfaz com a aula, tendo prazer em aprender aquilo que o professor pode mediar dentro da sala, reforça-se com uma aula lúdica, interativa, com o dia a dia dos alunos coincidindo de maneira conjunta com o dia a dia do professor.

Além do mais, quando o professor enxerga a interatividade dentro de sua sala, isso também o motiva a desenvolver ainda mais, outros meios de alcançar os alunos para uma aula proveitosa e dinâmica. Um professor bem motivado com a sua turma, pode despertar o interesse em sua turma.

7. Conclusão

Os desafios da carreira docente estão relacionados a vários fatores que contribuem para o controverso e por vezes ineficiente quadro da educação. Podemos citar alguns como: a falta de tempo necessário para o professor desenvolver seus planejamentos e atividades; a diversidade presente na sala de aula quanto ao perfil dos alunos (desinteressados, desmotivados, despreocupados, irresponsáveis, tímidos, distraídos, impacientes, entre outros), provocando ao professor um gasto de tempo considerável, para tentar igualar a turma e desenvolver uma aula atraente; a perspicácia que o professor precisa ter, para identificar, compreender e reparar as dificuldades dos alunos; a falta de atenção destes, como exemplo usar o celular com desvio de foco durante a aula; a remuneração baixa para os professores, desencadeando um desestímulo para o mesmo em preparar aulas diferenciadas e motivadoras, entre outros.

É comum vermos professores do ensino médio da rede pública e particular serem bombardeados por desafios cada vez maiores para desempenharem as funções de maestros do saber. Os conteúdos cada vez mais corriqueiros se atualizam a todo ano e o professor precisa se atualizar de maneira constante com todo ele, além do conteúdo que precisa ser lecionado no livro didático. E a problemática maior é que um conteúdo de maior dificuldade, a física moderna, ainda é tratada de maneira última e tardia nos livros didáticos, fazendo com que os professores trabalhem de maneira acelerada para concluir todo o conteúdo. Diante de tudo isso, analisamos o uso da tecnologia, como o uso de plataformas e aplicativos, Quizzes ou outras ferramentas digitais, contribuem para a aprendizagem significativa propostas por David Ausubel, a fim de mitigar a defasagem do ensino de física moderna e suas aplicações no dia a dia.

Os questionários foram aplicados duas vezes online, uma no início de aplicação do produto, e o outra no final. Houve uma terceira aplicação do questionário. A aplicação de questionário online é uma maneira do uso da tecnologia dentro da sala de aula, e apesar de catastrófica a crise mundial de saúde pública, enxerga-se uma oportunidade de aplicação de produtos educacionais que podem ser usados remotamente. E a partir das análises das respostas dos questionários, vimos que ocorreu fixação dos conceitos aprendidos, e que podemos concluir que teve indícios da ocorrência de aprendizagem significativa.

Investigar situações e avaliar suas implicações no mundo é um de nossos objetivos, com a intenção de trazer a física moderna para junto dos alunos. A fim de mitigar o desinteresse com

a própria disciplina no geral. Além do mais, a transposição didática da própria linguagem cientifica é um alvo quando se utiliza de subsunçores para a junção de novas informações. Uma vez que o aluno precisará ao fim do curso, ter um bom respaldo científico com uma base para defender o seu pensamento crítico a respeito do mundo que o cerca.

Este trabalho aponta para conclusões acerca da tendência do uso de metodologias tecnológicas voltadas para as TIC's, tendo em vista que essa variedade de atividades e abordagens faz com que o aluno crie uma nova motivação gerando em si um interesse para as aulas, quando consegue enxergar os conceitos no seu dia a dia.

Ressalta-se o bom uso da plataforma Socrative diante da criação do quiz, bem como a aplicação no ambiente escolar. O App, apresenta diversas ferramentas para aplicação de um Quiz, além de permitir o compartilhamento de saberes através dos códigos gerados para cada questionário feito dentro da plataforma.

As aulas dentro de ambientes virtuais são capazes de atrair mais a atenção do aluno, algo que é bem disputado na contemporaneidade. Com isso, os conhecimentos serão proveitosos e significativos, como infere-se e foi possível visualizar nas análises gráficas após a aplicação do questionário. Mesmo sabendo que algumas escolas particulares apresentem um bom grau de desenvolvimento tecnológico, como laboratórios próprios de física e laboratórios de informática, queremos salientar que a defasagem do ensino de física moderna ainda é uma realidade, mesmo dentro de ambientes considerados "ideias" no quadro educacional. O redirecionamento do produto para aplicação em escolas públicas é totalmente possível, e não há dificuldade em formular a UEPS aqui apresentada em qualquer lugar que apresente o uso da internet.

Com tudo, é possível adquirir mais medidas, observar mais, e consequentemente extrair opiniões diversas, para formular uma boa Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, pois com a prática podemos elevar o estudante a vários níveis do conhecimento e localizá-los em alguma comunidade específica do saber.

A contribuição de uma física palpável, pode direcionar os alunos até mesmo para áreas de formação ainda não pensada por eles, quebrando o paradigma de que apenas, médicos, advogados e engenheiros possuem status social definido pela sua remuneração e valorização

em seu campo de trabalho. Como exemplo, podemos citar, a física médica, a física com ênfase em áreas diversas, física de matéria condensada e até física nuclear.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, Diana, et al. Micro-ondas. Escola Superior Agraria de Coimbra. Processamento geral de alimentos, 2010.

ALVES, R. M. M. et al. O Quiz como recurso pedagógico no processo educacional: apresentação de um objeto de aprendizagem. In: **XIII Congresso Internacional de Tecnologia na Educação. Pernambuco**. 2015.

ANASTACIO, Marco Antonio Sanches; VOELZKE, Marcos Rincon. O uso do aplicativo Socrative como ferramenta de engajamento no processo de aprendizagem: uma aplicação das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação no ensino de Física. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, p. 17, 2020.

ANATEL, Relatório anual 2017 Agência Nacional de Telecomunicação. Dísponivel em: http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=348421&pub=original&filtro=1&documentoPath=348421.pdf Acesso em: (21 de 04 de 2019).

ARAGÃO, Júlio. Introdução aos estudos quantitativos utilizados em pesquisas científicas. **Revista práxis**, v. 3, n. 6, 2013.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional. Rio de Janeiro: Editora Interamericana**, 1980.

AUSUBEL, David P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. **Lisboa: Plátano,** v. 1, 2003.

AUSUBEL, David Paul et al. Educational psychology: A cognitive view. 1968.

AUSUBEL, David Paul. Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento. **Elam, S. (Comp.)**, v. 211, p. 239, 1973.

AWEDH, Mohammad et al. Using Socrative and Smartphones for the support of collaborative learning. **arXiv preprint arXiv:1501.01276**, 2015.

BABBIE, Earl. **Métodos de pesquisas de survey**. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 1999.

BARRETO, Raquel Goulart. Tecnologia e educação: trabalho e formação docente. **Educação & Sociedade**, v. 25, n. 89, p. 1181-1201, 2004.

BARROS, A. et al. Sobre a contração de Lorentz-Fitzgerald. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** v. 27, n. 4, p. 621-623, 2005.

BECQUEREL, M. E. Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires. **Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences**, v. 9, p. 561-567, 1839.

BETZ, Michel; LIMA, Ismael de; MUSSATTO, Gabriel. Dualidade onda-partícula: um objeto de aprendizagem baseado no interferômetro de Mach-Zehnder. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 3501.1-3501.8, 2009.

BOHR, Niels; MARTINS, JL Rodrigues; TRAD. DE EGÍDIO NAMORADO. Sobre a constituição de átomos e moléculas. **Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian**, 1979.

BOSS, Sergio Luiz Bragatto; SOUZA, MPF; CALUZI, João José. Fontes primárias e aprendizagem significativa: aquisição de subsunçores para a aprendizagem do conceito de carta elétrica. **Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências**—ENPEC, v. 7, 2009.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação; Câmara de Educação Básica. Base Nacional Curricular Comum. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/ Acesso em: 01 de abril de 2020

BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. Serão as regras da Transposição Didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna?. **Investigações em Ensino de Ciências,** v. 10, n. 3, p. 387-404, 2016.

CARDEIRA, Ana Mafalda. **Caracterização material e técnica das" Académias de Nu" de José Veloso Salgado, pertencentes à colecção da FBAUL**. 2014. Tese de Doutorado.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano. Uma oficina de física moderna que vise a sua inserção no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, p. 372-389, 2004.

CHECHIA, Valéria Aparecida; ANDRADE, Antônio dos Santos. O desempenho escolar dos filhos na percepção de pais de alunos com sucesso e insucesso escolar. **Estudos de Psicologia (Natal)**, v. 10, n. 3, p. 431-440, 2005.

CHUIEIRE, Mary Stela Ferreira. Concepções sobre a avaliação escolar. **Estudos em avaliação educacional**, v. 19, n. 39, p. 49-64, 2008.

CIDADES Brasil. Município de Rio Branco. Disponível em: https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-rio-branco.html. Acesso em: 22 de abril de 2019.

DA SILVEIRA, Fernando L.; DE QUADRO PEDUZZI, Luiz Orlando. Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 27-55, 2006.

DE CAMPOS VALADARES, Eduardo; 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.

DE MOURA, Fábio Andrade; VIANNA, Pedro Oliveira. O Ensino de Física Moderna baseado no filme Interestelar: Abordagem didática para a aprendizagem significativa. **Research, Society And Development**, v. 8, n. 3, p. 14, 2019.

DE OLIVEIRA, Terezinha Marisa Ribeiro; AMARAL, Carmem Lúcia Costa. O uso do aplicativo socrative como ferramenta de diagnóstico e intervenção no ensino da matemática. **CIET: EnPED**, 2018.

DESLANDES, Suely Ferreira et al. Abordagens quantitativa e qualitativa em saúde: o diálogo das diferenças. **Caminhos do pensamento: epistemologia e método**, v. 2, p. 195-223, 2002.

DEVECHI, Catia Piccolo Viero; TREVISAN, Amarildo Luiz. Sobre a proximidade do senso comum das pesquisas qualitativas em educação: positividade ou simples decadência? **Revista Brasileira de Educação**, v. 15, n. 43, p. 148-161, 2010.

DINER, Simon et al. (Ed.). **The Wave-particle dualism: a tribute to Louis de Broglie on his 90th birthday**. Springer Science & Business Media, 2012.

DINER, Simon et al. (Ed.). **The Wave-particle dualism: a tribute to Louis de Broglie on his 90th birthday**. Springer Science & Business Media, 2012.

EFEITO fotoelétrico e Compton, a física quântica é maravilhosa. Disponível em: https://efeitofotoeletricoecompton.webnode.com.br/efeito-compton/aplica%c3%a7%c3%a3o/. Accesso em: 20 de Abril de 2020.

EINSTEIN, A. Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt. Annalen der physik, v. 322, n. 6, p. 132-148, 1905.

FARIA, Elaine Turk. O professor e as novas tecnologias. **Ser professor**, v. 4, p. 57-72, 2004.

FIGUEIREDO, Nébia Maria Almeida de. (Org.). Método e Metodologia na Pesquisa Científica. s.l., **Difusão Editora**, 2004, 247 p.

FONTAL, Bernardo; SUÁREZ, Trino; REYES, Maricela. El espectro electromagnético y sus aplicaciones. **Escuela de La Ingeniería**, v. 1, p. 24, 2005.

FRANKLIN, Allan. Doing much about nothing. **Archive for history of exact sciences**, v. 58, n. 4, p. 323-379, 2004.

FREITAS, Henrique et al. O método de pesquisa survey. **Revista de Administra&ccdeil; ão da Universidade de São Paulo**, v. 35, n. 3, 2000.

GEORGES, A. A. D. et al. Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC. **Physics Letters B**, v. 716, n. 1, p. 1-29, 2012.

GIBERT, Armando. **Origens históricas da física moderna: introdução abreviada**. 1982.

GRECA, Ileana Maria; MOREIRA, Marco Antonio; HERSCOVITZ, Victoria E. Uma proposta para o ensino de Mecânica Quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 4, p. 444-457, 2001.

GRIEBELER, Adriane**.** Inserção de tópicos de física quântica no ensino médio através de uma unidade de ensino potencialmente significativa. **Lume repositório digital**. 2012.

GUERRA, Andreia; BRAGA, Marco; REIS, José Cláudio. Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 575-583, 2007.

GUIDONI, Marcio. Como a Radiação Ultravioleta Causa o Foto envelhecimento da Pele. Disponível em: http://marcioguidoni.com.br/midia/post/do/action/code/NTM=. Acesso em: 08 de junho de 2020.

GÜNTHER, Hartmut. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão?. **Psicologia: teoria e pesquisa**, v. 22, n. 2, p. 201-209, 2006.

HEISENBERG, Werner. Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik. In: **Original Scientific Papers Wissenschaftliche Originalarbeiten**. Springer, Berlin, Heidelberg, 1985. p. 478-504.

HELERBROCK "Espectro eletromagnético"; Brasil Escola. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm. Acesso em 04 de junho

HOLTON, Gerald James; ELKANA, Yehuda. **Albert Einstein: Historical and cultural perspectives**. Courier Corporation, 1997.

JUNIOR, Ramalho F.; FERRARO, Nicolau G.; SOARES, Paulo A. de toledo; **Os fundamentos da Física 3.** Editora Moderna, 9º edição. São Paulo, 2007.

KLEPPNER, Daniel. Relendo Einstein sobre radiação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 87-91, 2005.

LEONEL, André Ary et al. Nanociência e Nanotecnologia: uma proposta de ilha interdisciplinar de racionalidade para o ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. 2012.

LOPES, Ângela Tenilly Ribeiro. A importância do planejamento para o sucesso escolar. 2014.

MANGILI, Arthur Issa. Heinrich Rudolph Hertz e a “descoberta” do efeito fotoelétrico: Um exemplo dos cuidados que devemos ter ao utilizar a história da ciência na sala de aula. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 6, p. 32-48, 2012.

MARTINS, Claudia Garrido; FERREIRA, Miguel Luiz Ribeiro. O survey como tipo de pesquisa aplicado na descrição do conhecimento do processo de gerenciamento de riscos em projetos no segmento da construção. In: **VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. sn, 2011.

MEIRELLES, S. Fernando. *FGV EAESP*. Pesquisa anual de TI. **FGV EAESP**. São Paulo. Disponível em: https://eaesp.fgv.br/ensinoeconhecimento/centros/cia/pesquisa Acesso em: 21 de abril de 2019

MICHA, D. N. P, et al. Enxergando no escuro: A física do invisível. **A Física na Escola** (Online), v.12, p. 19-, 2011.

MICHELSON, Albert A. ART. XXI.--The relative motion of the Earth and the Luminiferous ether. **American Journal of Science (1880-1910)**, v. 22, n. 128, p. 120, 1881.

MIDDLESEX. Middlesex 2020. Find your promisse. Disponível em: https://www.mxschool.edu/about-mx/mission-and-history/. Acesso em: 24 de março de 2020.

MILL, Tarvo et al. Road surface surveying using terrestrial laser scanner and total station technologies. In: **Environmental Engineering. Proceedings of the International Conference on Environmental Engineering. ICEE**. Vilnius Gediminas Technical University, Department of Construction Economics & Property, 2011. p. 1142.

MOREIRA, Marco A. A Teoria da aprendizagem Significativa Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. **Porto Alegre, Brasil**, 2016.

MOREIRA, Marco Antônio. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. **Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física**, 2013.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa, campos conceituais e pedagogia da autonomia: implicações para o ensino. **Anais online do IX Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade**, p. 4, 2015.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa, campos conceituais e pedagogia da autonomia: implicações para o ensino. **Anais online do IX Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade**, p. 17-19, 2015.

MOREIRA, Marco Antônio. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.

MOREIRA, Marco Antonio. Unidades de enseñanza potencialmente significativas–UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio. Unidades de enseñanza potencialmente significativas–UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio et al. ¿ Al final, qué es aprendizaje significativo?. 2012.

MOTA, Carolina Pimenta et al. Sistema de visão por infravermelho próximo para monitoramento de processos de soldagem a arco. 2011.

MULLIGAN, Joseph F. Heinrich Hertz and Philipp Lenard: two distinguished physicists, two disparate men. **Physics in Perspective**, v. 1, n. 4, p. 345-366, 1999.

NEVES, Simone et al. Aprendizagem significativa por descoberta: uma reflexão da problematização sob a abordagem de Ausubel. CIAIQ 2017, v. 1, 2017.

NÚÑEZ, Isauro Beltrán; NEVES, L. S.; RAMALHO, Betânia Leite. Uma reflexão em relação ao estudo da mecânica quântica: o caso do principio da incerteza. **OEI-Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653) Espanha**, p. 1, 2003.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de física básica: Eletromagnetismo (vol. 3)**. Editora Blucher, 2015.

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

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em ensino de ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2016.

PAIS, Abraham. **Subtle is the Lord: The Science and the Life of Albert Einstein: The Science and the Life of Albert Einstein**. Oxford University Press, USA, 1982.

PATRIOTA, Maria Eduarda de Proença Rosa. O impacto da tecnologia móvel no relacionamento interpessoal da Geração Z. 2015.

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

PHEULA, Arieta de França; SOUZA, Eduardo Chaves de. Estudo sobre comportamento dos jovens das gerações Y e Z quando conectados à internet. **ScientiaTec**, v. 3, n. 1, p. 54-94, 2016.

PIASSI, Luis Paulo de Carvalho. **Contatos: a ficção científica no ensino de ciências em um contexto sociocultural.** 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PRADO, Cláudia; VAZ, Débora Rodrigues; ALMEIDA, Denise Maria de. Teoria da aprendizagem significativa: elaboração e avaliação de aula virtual na plataforma Moodle. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 64, n. 6, p. 114-1121, 2011.

RENN, Jürgen. A física clássica de cabeça para baixo: como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial. **Revista brasileira de ensino de física**, v. 27, n. 1, p. 27-36, 2005.

RODITI, Itzhak. **Dicionário Houaiss de física**. Editora Objetiva, 2005..

RUTHERFORD, E.; GEIGER, H. An electrical method of counting the number of α-particles from radioactive substances. **Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character**, v. 81, n. 546, p. 141-161, 1908.

RUTHERFORD, Ernest; GEIGER, Hans. Anais da Royal Society de Londres. Série A, Contendo trabalhos de caráter matemático e físico, v. 81, n. 546, p. 141-161, 1908. /

SALES, Gilvandenys L.; LEITE, Eliana A. Moreira; VASCONSELOS, FHL. Quiz online como Suporte à Aprendizagem de Física no Ensino Médio. In: **Nuevas Ideas en Informática Educativa. In: nuevas ideas em Informática educativa: Memorias del XVI Congreso Internacional de Informática Educativa, Santiago de Chile**. 2014.

SAMPAIO, Brendo Mesquita; ALMEIDA, Rafael Pessoa. Quiz dominó de física: jogos adaptados como recurso pedagógico no ensino de Física1. **IV Congresso Nacional de Educação**. Fortaleza, 2019.

SANCHES, Mônica Bordim. A física moderna e contemporânea no ensino médio: qual sua presença em sala de aula. Universidade Estadual de Maringá. 2006.

SANCHES. JM Ron. El Origen y Desarrollo de la Relatividad (Alianza Universidad, Madri, 1983).

SANT'ANNA, Blaidi et al. **Conexões com a Física.** São Paulo: Moderna, 1º edição, v. 3, 2010.

SEARS, F. ZEMANSKY, M. YOUNG, H. Física: **Ondas Eletromagnéticas, Óptica, Física Atômica**, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 922, 1973.

SEEL, Norbert M. (Ed.). **Encyclopedia of the Sciences of Learning**. Springer Science & Business Media, 2011.

SEIXAS, Wladimir. O PRINCÍPIO DA RELATIVIDADE–DE GALILEU A EINSTEIN. **Revista Brasileira de História da Matemática**, v. 5, p. 43-56, 2005.

SILVA, Cármen A.; HALPERNI, Fernando Barros E. Sílvia C.; SILVA, Luciana A. Meninas bem-comportadas, boas alunas; meninos inteligentes, indisciplinados. **Cadernos de Pesquisa**, n. 107, p. 207-225, 1999.

SILVA, Domiciano Correa Marques da. "Efeito Compton"; *Brasil Escola*. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/fisica/efeito-compton.htm. Acesso em 12 de junho de 2020.

SILVA, Flavio Urbano da. Uso de Quiz em smartphones visando o auxílio na aprendizagem de física no ensino médio. **Dissertação de Mestrado MNPEF**, IFRN, 2015.

SILVA, Luciene Fernanda da; ASSIS, Alice. Física Moderna no Ensino Médio: um experimento para abordar o efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 313-324, 2012.

SILVA, Oreci Escobar da et al. Estudo do exchange bias em filmes finos de NiFe/FeMn (bicamadas) E NiFe/IrMn (multicamadas). 2016.

SOCRATIVE teacher. 2020. Disponível em: https://socrative.com/apps/. Accesso em: 6 de junho de 2020.

SOUZA, Graziela Ferreira; PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) na pesquisa brasileira: identificando tendências e traçando possibilidades**, Revista Tecné, Episteme y Didaxis**. 2018.

SOUZA, José Carlos et al. Quiz and Games as Previous Knowledge Organizers: A Medical Training Experience Report. **Creative Education**, v. 11, n. 1, p. 68-76, 2020.

TAUHATA, Luiz et al. **Radioproteção e dosimetria: fundamentos**. CBPF, 2003.

TAVARES, Romero. Aprendizagem significativa. **Revista conceitos**, v. 10, p. 55-60, 2004.

THORNDIKE E. L. Career Achievement Award. **America Psychological Association** disponível em: https://www.apa.org/about/awards/div-15-thorndike . Acesso em: 24 de março de 2020.

TOKANAI, Fuyuki et al. Performance of optical imaging capillary plate gas detector with synchrotron radiation. **IEEE transactions on nuclear science**, v. 53, n. 3, p. 1634-1642, 2006.

TORRES, Carlos Magno A. [et al.] **Física: ciência e tecnologia**, Editora Moderna. São Paulo, 2016.

UFRGS. Física Moderna. Rio Grande do Sul: Wolfgang Christian et al. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod01/index.html. acesso em: (03 de abril de 2020).

UNESCO debate TICs na educação básica da América Latina e Caribe. **Escola Nacional de Saúde Pública.** 01 abr. 2010. Disponível em: http://www.ensp.fiocruz.br/portal-ensp/informe/site/materia/detalhe/21146. Acesso em: 27 de março de 2020.

VALLÊRA, Antônio M.; BRITO, Miguel Centeno. Meio século de história fotovoltaica. **Gazeta de Física**, v. 1, n. 2, p. 17, 2006.

VETTORI, Marcelo; ZARO, Milton Antonio. Avaliação do Socrative App como ferramenta auxiliar de ensino para a construção de aprendizagens significativas em uma disciplina de física geral a partir do Peer Instruction. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. 2016. p. 190.

WEBER, Maíra Amélia Leite; BEHRENS, Marilda Aparecida. Paradigmas educacionais e o ensino com a utilização de mídias. **Revista Intersaberes**, v. 5, n. 10, p. 245-270, 2012.

WIKWAND. Radiação eletromagnética. Disponível em: https://www.wikiwand.com/pt/Radia%C3%A7%C3%A3o_eletromagn%C3%A9tica7. Acesso em: 08 de abril de 2019

WORKSHOP Laboratórios de Aprendizagem (PT) /Future Classroom Lab (EUN). Embaixadoras LA-FCL. Disponível em: http://edx.dge.mec.pt/asset-v1:ERTE+LA-FCL+LA-2016-2ed+type@asset+block/Tutorial_SOCRATIVE_MOOCedicao2.pdf Acesso em: 28 de abril de 2020

YOSHIMURA, Elisabeth Mateus. Física das Radiações: interação da radiação com a matéria. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 3, n. 1, p. 57-67, 2009.

APÊNDICE A- QUESTIONÁRIO INICIAL/FINAL – PRÉ TESTE/PÓSTESTE

QUESTIONÁRIO DE FÍSICA MODERNA

Nome:

Data:

---

socrative

Questionário de Física Moderna

1. Caríssimo (a) aluno, este questionário faz parte de um levantamento realizado pelo mestrando **Érik Rocha de Oliveira,** discente do Mestrado Nacional Profissional do Ensino de Física (**MNPEF**). Um dos seus principais objetivos consiste em buscar subsídios para o entendimento do seu cognitivo a respeito do conteúdo de física moderna. E, subsidiar a construção de novas metodologias de execução para o ensino, que tenham como preocupação assegurar o ensino aprendizagem com qualidade. As informações que você registrará servirão de base para um diagnóstico, cujo objetivo é levantar um perfil cognitivo do seu entendimento sobre física moderna. Suas respostas são importantes para compormos um quadro avaliativo da situação e dos desafios enfrentados no seu cotidiano de estudante. Os dados que nos forem apresentados neste questionário não serão divulgados individualmente, sendo tratados somente por processos estatísticos e relatórios analíticos. Desde já agradecemos a sua colaboração e nos colocamos a sua disposição para quaisquer dúvidas e/ou informações complementares.

Em caso de aceite com os termos supracitados, selecione a opção **VERDADEIRO.** Em discordância do método exposto, por favor marcar **FALSO**.

(V) VERDADEIRO

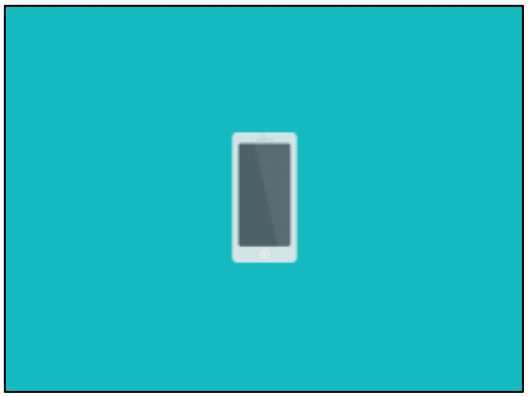
(F) FALSO

2. Como você costuma utilizar seu tempo livre?

a) Lendo Livros
b) Assistindo televisão
c) Mexendo no telefone
d) Saindo com os amigos
e) Utilizando o computador
f) Interagindo com os pais

Imagem disponível em: https://ismailbolden.files.wordpress.com/2019/08/e3af65bb-cef3-4272-998e-20d9ae611613- 1258-000001167cc7764a.gif?w=640

3. Você gosta de brincar com jogos ou sites interativos no seu Smartphone?



a) Muito
b) Frequentemente
c) Algumas vezes
d) Raramente
e) Não gosto de Jogos

Imagem disponível em:
http://gph.is/2fgXSRC

4. Levando em consideração as aulas lecionadas durante o ano letivo. Você acredita que as aulas em sala de aula têm seguido o ritmo do crescimento tecnológico, isto é, os professores usam esses recursos?

Imagem disponível em: https://i.makeagif.com/media/11-06-2016/tG3PHE.gif

a) Os professores UTILIZAM MUITOS recursos tecnológicos e a aula é atrativa.
b) Os professores UTILIZAM POUCOS recursos tecnológicos e a aula é atrativa.
c) Os professores NÃO UTILIZAM recursos tecnológicos e a aula é atrativa.
d) Os professores NÃO UTILIZAM recursos tecnológicos e a aula NÃO é atrativa.
e) Não sei opinar diante dessa afirmação.

5. Qual das alternativas abaixo você acredita ser o conceito de Física Moderna?

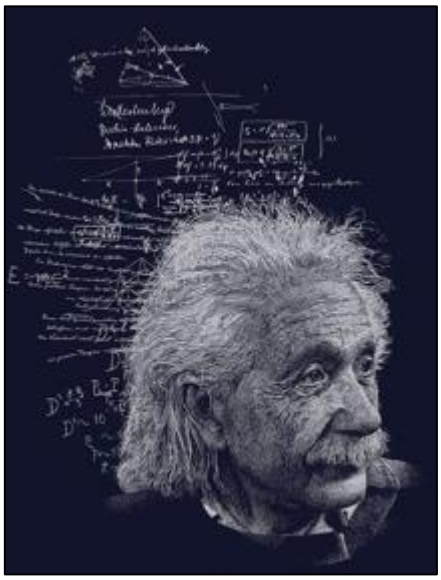


Imagem disponível em:
https://i.pinimg.com/originals/30/1c/50/301c50799e6ea65aeb01c9a51f0a7d62.jpg

a) Física moderna é a parte da física que utiliza os conceitos que surgiram no início do século XX com a mecânica quântica e com a relatividade especial.

b) Física moderna é o conjunto de teorias surgidas no começo do ano de 2000, iniciando com a descoberta das Ondas Gravitacionais provando a Teoria da Relatividade e as alterações no entendimento científico daí decorrentes, bem como todas as teorias posteriores.

c) Física moderna é o conjunto de teorias surgidas no começo do ano de 2000, iniciando com a descoberta das Ondas Gravitacionais e os Buracos Negros, com as alterações no entendimento científico daí decorrentes, bem como todas as teorias posteriores.

d) Física moderna é toda a física estudada durante os 3 anos de ensino médio, englobando os mais diversos conteúdos e suas contribuições para as tecnologias hoje existentes.

e) Não sei o conceito de física moderna.

6. O efeito fotoelétrico, fenômeno estudado por Albert Einstein que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Física, consiste no fenômeno que se manifesta pela liberação de elétrons quando determinadas substâncias são submetidas à radiação eletromagnética. Este fenômeno é compatível com a mecânica quântica e com os fótons que são quanta da radiação eletromagnética. A partir disso, que fenômeno do cotidiano pode se relacionar com esse fenômeno?

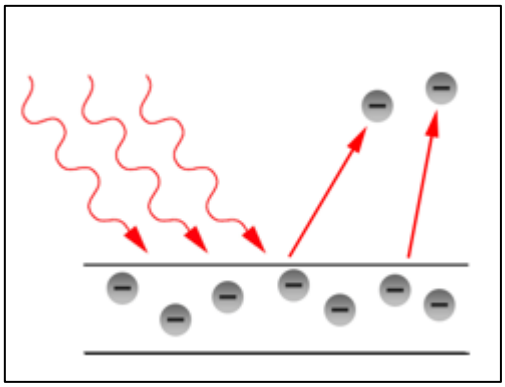


Imagem disponível em:
https://static.todamateria.com.br/upload/ph/ot/photoelectric_effect_1.jpg

a) As portas automáticas e as placas solares
b) As Tv's de plasma e os óculos escuros
c) Os óculos 3d e a TV de tubo
d) Buraco de minhoca e Buraco negro
e) Viagem no tempo e teletransporte

7. Quais dos conceitos abaixo se relaciona com a teoria da relatividade?

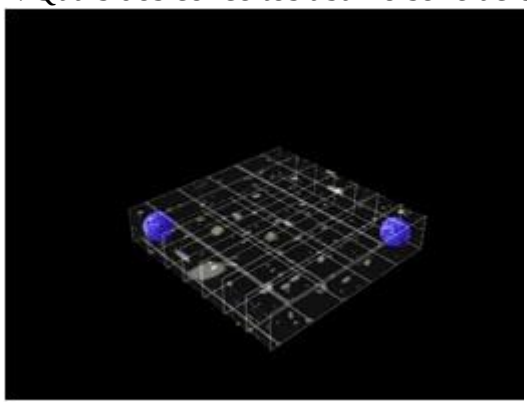


Imagem disponível em**: https://fu2re.files.wordpress.com/2010/06/graviton.gif?w=549**

a) Sistemas de GPS
b) Viagem no tempo
c) Carro em alta velocidade
d) TV de plasma
e) Geladeira em funcionamento

8. Todos os dias ficamos expostos a vários tipos de radiações. Seja numa clínica para se realizar um exame com raios X ou simplesmente andando pelas ruas, nosso organismo é constantemente bombardeado por elas. Marque a alternativa que apresenta a radiação de maior penetração no organismo humano.

Imagem disponível em: https://pa1.narvii.com/6455/ff903b65c827e80f86c69603d871d51772622a86_hq.gif

a) Luz visível
b) Raios Gama
c) Ultravioleta
d) Infravermelho
e) Micro-ondas

9. Os raios X são produzidos em tubos de vidro a vácuo, nos quais elétrons sofrem uma brusca desaceleração quando colidem contra um alvo feito de metal. Desta forma podemos dizer que os raios X constituem um feixe de:

Imagem disponível em: https://bluebus-wp.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2014/01/xray-skeleton.gif

a) Elétrons
b) Fótons
c) Prótons
d) Nêutrons
e) Pósitrons

10. Que alternativas abaixo podem melhor definir Corpo Negro no conteúdo de "Radiação de Corpo Negro"?

Imagem disponível em: https://blog.borealled.com.br/wp-content/uploads/2018/12/lampada-filamento-carbono-led-vintage.jpg

a) Corpo hipotético que absorve totalmente qualquer radiação que sobre ele incide e para o qual nenhuma radiação é refletida. Permanecendo em equilíbrio em relação a radiação incidente e por ela emitida a qualquer temperatura dada. Um reservatório com um único e pequeno orifício se comporta de maneira semelhante a um corpo negro.

b) É definido como corpo negro todo corpo completamente opaco. Toda matéria que se encontra em um estado solido ou líquido, também conhecido como matéria condensada, emite um espectro contínuo de frequências. Ou seja, existem espaços vazios no espectro.

c) É um ramo da física hipotético que pode emitir luz negra e matéria escura.

d) É a radiação que ocorre por meio de Energia Escura, incidente em metais ou ametais que podem ser encontrados dentro de buracos negros. Objeto hipotético que absorve toda a radiação eletromagnética que nele incide: nenhuma luz o atravessa e nem é refletida.

Gabarito questões de 5 a 10:

5- A

6- A

7- A

8- B

9- B

10- A

APÊNDICE B - QUIZ FÍSICA MODERNA

PARTE I: A NOVA ONDA

Nome:

Data:

socrative

Física moderna: A nova Onda

1. A cor preta em um tabuleiro de Xadrez, significa AUSÊNCIA de cor?

Disponível em: http://www.queroxadrez.com.br/products/product-8191a17ab74ab092bce62dd32d3993bd03600ef1.jpg

a) A cor preta é uma cor como qualquer outra.

b) A cor preta pode ser considerada como ausência total da reflexão da Luz.

c) A cor preta não tem relação direta com a luz, mas pode se manifestar de diferentes formas e escalas, incluindo o cinza.

d) Todas as cores são ondas cerebrais manipuladas pelo nervo óptico, codificadas e enviadas até o cérebro.

e) A cor preta não significa ausência de cor, pois o próprio nome já sugere que é uma cor.

2. Por que o céu é azul?

Disponivel em: https://th.bing.com/th/id/OIP.HDm8qFODMvfiBnMnIBSBAgHaEo?pid=Api&rs=1

a) Isso ocorre devido ao fenômeno chamado de DISPERSÃO LUMINOSA. Os gases e partículas da atmosfera possuem um comprimento de onda menor que o comprimento de luz incidente do sol. Todavia, a frequência de luz azul é 1,4 vezes maior que a frequência da luz vermelha, o que faz com que ela seja seis vezes mais espalhada que a luz vermelha, tornando a cor do céu azul.

b) Isso ocorre devido ao fenômeno chamado de REFLEXÃO GASOSA. Os gases e partículas da atmosfera possuem um comprimento de onda menor que o comprimento de luz incidente do sol. Todavia, a frequência de luz azul é 1,4 vezes maior que a frequência da luz vermelha, o que faz com que ela seja seis vezes mais espalhada que a luz vermelha, tornando a cor do céu azul.

c) Isso ocorre devido ao fenômeno chamado de REFLEXÃO ATMOSFÉRICA DA LUZ VÍSIVEL. Os gases e partículas da atmosfera possuem um comprimento de onda menor que o comprimento de luz incidente do sol. Todavia, a frequência de luz azul é 1,4 vezes maior que a frequência da luz vermelha, o que faz com que ela seja seis vezes mais espalhada que a luz vermelha, tornando a cor do céu azul.

d) Isso ocorre devido ao fenômeno chamado de REFRAÇÃO DOS GASES ATMOSFÉRICOS. Os gases e partículas da atmosfera possuem um comprimento de onda menor que o comprimento de luz incidente do sol. Todavia, a frequência de luz azul é 1,4 vezes maior que a frequência da luz vermelha, o que faz com que ela seja seis vezes mais espalhada que a luz vermelha, tornando a cor do céu azul.

e) Porque ele reflete a cor da água do mar.

3. Você já viu uma televisão como essa? Qual o princípio físico que a representa?

Disponivel em: https://abrilveja.files.wordpress.com/2016/12/tv-tubo.jpg?quality=70&strip=info

a) A tela é recoberta por um vidro especial que é atingido por prótons emitidos pelo canhão protônico e acelerado em baixas velocidades. E a parte quadrada de trás é um computador embutido.

b) As imagens são recepcionadas através de um sensor dentro da TV, que retransmite a

imagem modulada no formato quântico.

c) As antenas presentes nos televisores de tubo, recepcionam a imagem através de ondas de rádio que codificam a imagens e a transformam em luz.

d) Todos os televisores funcionam da mesma forma, com computações que vão melhorando ao longo do tempo, mas o funcionamento é o mesmo.

e) A tela é recoberta por um material fluorescente que é atingido por elétrons emitidos pelo canhão eletrônico e acelerado a altíssimas velocidades. O impacto desses elétrons na tela produz luz e forma, consequentemente, as imagens.

4. Como explicar a diferença de temperatura entre o alimento e o prato após aquecido no Micro-ondas?

Disponivel em: https://moveissimonetti.vteximg.com.br/arquivos/ids/159395-300-300/48692.jpg?v=636277967154030000

a) Isso ocorre, porque o micro-ondas só aquece alimentos que ele identifica previamente por um scanner presente dentro do de seu interior, direcionando o aquecimento só para os alimentos. Os recipientes não aquecem pois são desprezados pelos sensores.

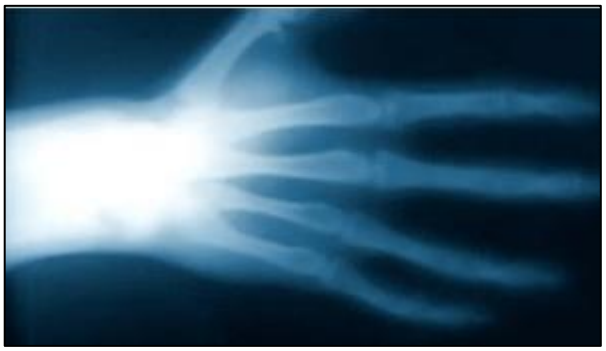
b) Os recipientes não são aquecidos pois são sólidos, e o micro-ondas é programados pelo magnetron, apenas para alimentos com baixa densidade.

c) A micro-ondas aquece tanto os alimentos quanto os recipientes de igual forma, entretanto os alimentos são suscetíveis a aquecerem mais rápido, e os recipientes não, pois possuem uma resistência maior.

d) Isso ocorre porque os alimentos possuem moléculas de água, pelos quais o micro-ondas provoca rotações nas moléculas, causando atrito entre elas, o que aumenta a agitação molecular e esquenta os alimentos. E os recipientes não são aquecidos pela ausência dessas moléculas de água.

e) O micro ondas é uma onda como qualquer outra, aquecendo os alimentos que possuem moléculas de água e os recipientes de igual forma, só que com menor intensidade.

5. Em 1895, o físico alemão Wilheim Conrad Roentgen descobriu os raios X, que são usados principalmente na área médica e industrial. Esses raios são:



Disponível em: http://bluebus-wp.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2014/01/hand.gif

a) Radiações formadas por partículas alfa com grande poder de penetração.

b) Radiações formadas por elétrons dotados de grandes velocidades.

c) Ondas eletromagnéticas de frequências maiores que as das ondas ultravioletas.

d) Ondas eletromagnéticas de frequências menores do que as das ondas luminosas.

e) Ondas eletromagnéticas de frequências iguais as das ondas infravermelhas.

6. Analise o fenômeno descrito: Incide nas regiões claras e escuras e retorna a informação para o sensor. Os dados viram sinais elétricos e são processados por um computador. A qual aparelho/fenômeno está se referindo?

Disponível em: https://i.ytimg.com/vi/Bx_5wMYNlRc/maxresdefault.jpg

a) O laser - Cirurgia Ocular

b) O laser - O leitor código de Barras

c) O laser - Mísseis teleguiados

d) O controle Remoto - Radiação Infravermelho

e) Laser - Leitor de Cd e Dvd

7. O funcionamento de televisores, rádios e celulares se dá por meio da transmissão da informação a partir da antena do emissor até o aparelho do usuário. A propagação dessa informação ocorre sob a forma de ondas:

Disponivel em: https://img.freepik.com/free-vector/young-couple-talking-on-the-phone-vector-illustration_1212-963.jpg?size=338&ext=jpg

a) eletromagnéticas, que são formadas pela oscilação de um campo elétrico e um magnético perpendiculares entre si.

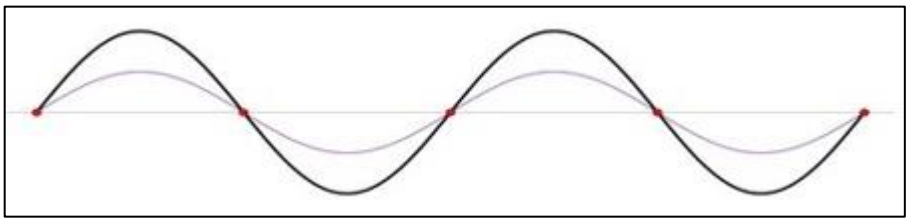
b) sonoras, que transportam energia e entram em ressonância com os elétrons das antenas desses equipamentos.

c) de pressão, que oscilam em movimento harmônico simples (MHS) com amplitude proporcional à frequência do sinal.

d) gravitacionais, que são ondulações na curvatura espaço- tempo, previstas pela teoria da relatividade geral.

e) Duais, que funcionam tanto de maneira mecânica quanto eletromagnética.

8. Considere M para ondas do tipo mecânica e E para ondas do tipo eletromagnéticas.



Disponivel em: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7d/Standing_wave_2.gif

( ) Ondas do mar.
( ) Ondas sonoras.
( ) Ondas de radiofrequência.
( ) Ondas nas cordas de um piano.
( ) Bluetooth.
( ) Raios X.
( ) Ondas produzidas pelo aparelho de ultrassonografia.

a) M,M,M,E,M,E,M

b) M,M,E,M,E,E,M
c) M,M,M,M,E,E,E
d) E,E,E,E,E,E,E
e) E,E,E,M,M,M,M

9. Qual o tipo de Ultravioleta usado para o bronzeamento da pele?

Disponivel em: https://cdn.pixabay.com/photo/2017/10/28/21/39/cartoon-2898206__340.png

a) Ultra violeta longo: UV-A
b) Ultra violeta médio: UV-B
c) Ultra violeta curto: UV-C
d) Ultra Violeta curto: UV-A
e) Ultra violeta longo: UV-C

10. Qual o princípio físico que rege o funcionamento do controle remoto?

Disponivel em: https://i.ytimg.com/vi/ml2ZqmC_aIs/maxresdefault.jpg

a) Micro-ondas
b) Raios Ultravioletas
c) Raios Gama
d) Raios Infravermelho
e) Raios x

APÊNDICE B - QUIZ FÍSICA MODERNA

PARTE II: #CHALLENGEACCEPTED

Nome:

Data:

socrative

Física moderna: #challengeaccepted

1. A radiação com maior poder de penetração no organismo humano é a **Radiação Gama**.

(X) VERDADEIRO
( ) FALSO

Disponivel em: https://th.bing.com/th/id/OIP._iyEc2CLLOcc-lghHdDMGAAAAA?pid=Api&rs=1

2. Os raios X se constituem em um feixe de **Elétrons.**

( ) VERDADEIRO
(X) FALSO

Dipsonivel em: https://i.ytimg.com/vi/AT7Ho_17SnA/hqdefault.jpg

3. Uma das fórmulas mais famosas da física moderna é $E=mc^2$, onde c é igual a **velocidade**.

(X) VERDADEIRO
( ) FALSO

Diponivel em: https://th.bing.com/th/id/OIP.qnSEUql8FETAohZhQA1HYQHaId?pid=Api&rs=1. .

4. É proibido fotografar em museus, pois o flash da câmera pode adulterar a cor dos quadros, devido a emissão de fótons. Gerando exposição das obras à radiação ultravioleta

(X) VERDADEIRO
( ) FALSO

Disponível em: https://vladcordeiro.files.wordpress.com/2013/01/proibido-flash.jpg?w=228

5. Considerando a teoria da relatividade, é possível medir um objeto com a mesma régua e obter valores muito diferentes?

(X) VERDADEIRO
( ) FALSO

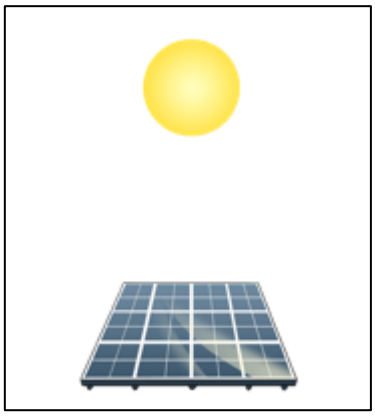
Disponível em: https://2.bp.blogspot.com/-79c5l8BDbEg/WEYT-XYbCDI/AAAAAAAAHJ0/4V5N3LtS5-09XIfN1g-qzX-WCgmtxZyTACLcB/s1600/top-10-the-flash-gifts-lover-running-gif-dc-comics.gif

6. O carvão em chamas em um churrasco de domingo, pode ser considerado um corpo negro IDEAL?

( ) VERDADEIRO
(X) FALSO

Disponível em:https://i.ytimg.com/vi/dEdNS4xY85k/maxresdefault.jpg

7. É possível obter corrente elétrica iluminando um pedaço de metal?



(X) VERDADEIRO
( ) FALSO

Disponível em: http://addinpower.com/images/solar/solar.gif

8. Na prática, os processos Compton e fotoelétrico, contribuem ambos, para a produção da radiografia.

(X) VERDADEIRO
( ) FALSO

Disponível em:
https://th.bing.com/th/id/OIP.eTe2NUqkofDPBFrzdju36AHaEC?pid=Api&rs=1

9. Os dispositivos de GPS são programados para realizar as correções necessárias com cálculos baseados na relatividade de Einstein.

(X) VERDADEIRO
( ) FALSO

Disponível em: https://cdn.dribbble.com/users/20752/screenshots/2125432/dot-animation.gif

10. A utilização da física moderna ainda não é muito aplicada na área da saúde. Não sendo realidade ainda, a sua utilização para o tratamento de doenças, como o câncer por exemplo.

( ) VERDADEIRO
(X) FALSO

Disponível em: https://static.medicoresponde.com.br/imagens/img/ca/nc/cancer%20pulmao_c.jpg

APÊNDICE B - QUIZ FÍSICA MODERNA

PARTE III: END GAME

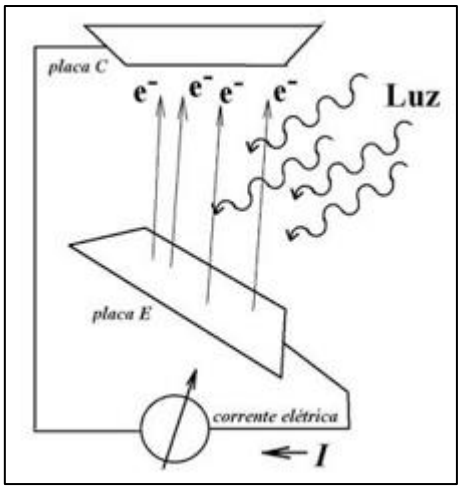
Nome:

Data:

socrative

Física moderna: EndGame

1. Cite uma aplicação do dia a dia que envolva o uso do fenômeno: Efeito Fotoelétrico.



Disponível em: http://1.bp.blogspot.com/-LkyZj2tBmnQ/UhZSxfPkyrI/AAAAAAAAAJo/9woJOw_2dmg/s1600/efeito+fotoeletrico.png

2. Cite uma aplicação do dia a dia que use o raio Laser.

Disponível em: https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-aaa676db378c8880ca4ada8af3ca6498

3. Cite um eletrodoméstico/aparelho que use em seu funcionamento mais de um conceito de física moderna.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Disponível em: http://3.bp.blogspot.com/-ktAjxrIBZOc/UXlzE7RTRBI/AAAAAAAAoNk/oG22h3qF0I4/w1200-h630-p-k-no-nu/dxj9zb1i.jpg

4. Diga quais conceitos de física moderna podem ser encontrados em um smartphone?

_____
_____
_____
_____
_____

Disponível em: https://s3-us-west-2.amazonaws.com/hs-production-blog/blog/wp-content/uploads/2017/02/03111816/headspace_blog_phone-phobia_feature_v3.gif

5. Cite o nome de 3 físicos que foram essenciais no desenvolvimento da física moderna para como a conhecemos hoje.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Disponível em: https://img.buzzfeed.com/buzzfeed-static/static/2016-06/8/23/asset/buzzfeed-prod-web04/anigif_sub-buzz-25599-1465442422-2.gif