



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ  
CAMPUS ANGICAL DO PIAUÍ  
CURSO LICENCIATURA EM FÍSICA**

**EDUARDO COSME DA SILVA**

**UMA ANÁLISE DO SURGIMENTO DA FÍSICA MODERNA E SUAS IMPLICAÇÕES  
NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA**

**ANGICAL DO PIAUÍ**

**2020**

EDUARDO COSME DA SILVA

UMA ANÁLISE DO SURGIMENTO DA FÍSICA MODERNA E SUAS IMPLICAÇÕES  
NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo)  
apresentado como exigência parcial para obtenção  
do diploma do Curso de Licenciatura em Física do  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Piauí. Campus Angical do Piauí.

Orientador: Prof. Msc. Wemerson José Alencar.

ANGICAL DO PIAUÍ

2020

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD**

---

Silva, Eduardo Cosme da

S586a      Uma análise do surgimento da física moderna e suas implicações  
na sociedade contemporânea / Eduardo Cosme da Silva. - 2020.  
20 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) -  
Instituto Federal do Piauí, Campus Angical, 2020.

Orientador : Prof. Me. Wemerson José Alencar.

1. Física moderna. 2. Contexto científico e tecnológico. 3.  
Sociedade contemporânea. I. Título.

CDD - 530

---

**Elaborado por Jesselina Soares de Sena CRB 3/1373**

EDUARDO COSME DA SILVA

UMA ANÁLISE DO SURGIMENTO DA FÍSICA MODERNA E SUAS IMPLICAÇÕES  
NA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo)  
apresentado como exigência parcial para obtenção  
do diploma do Curso de Licenciatura em Física do  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Piauí. Campus Angical do Piauí.

Aprovada em: 11 / 12 / 2020.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Msc. Wemerson José Alencar (Orientador)  
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

---

Prof. Prof. Esp. Juraci Pereira dos Santos  
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

---

Prof. Prof. Msc. Rubens Raimundo de Sousa Oliveira  
Universidade Federal do Ceará (UF)

## RESUMO

A Física Moderna surgiu no início do século XX a partir da incompreensão de alguns fenômenos analisados do ponto de vista clássico. Por consequência, ela proporcionou diversas mudanças no que diz respeito aos conceitos clássicos ao tentar responder alguns questionamentos daquela época. Desse modo, esta pesquisa possui o objetivo de analisar o surgimento da Física Moderna e suas principais implicações no contexto científico e tecnológico. Para tanto, buscou-se apresentar um breve histórico da Física Clássica, identificar as principais implicações da Física Moderna na sociedade e discutir a respeito da importância do ensino de Física Moderna na educação básica de nível médio. Realizou-se então, uma pesquisa bibliográfica com foco no aprofundamento das temáticas aqui envolvidas, como a radiação do corpo negro, o efeito fotoelétrico e a teoria da Relatividade de Einstein. Por fim, verificou-se que a Física Moderna possui diversas implicações que mudaram a forma de ver o mundo físico, tornando necessária sua introdução no ensino médio.

**Palavras-chave:** Física Moderna. Contexto científico e tecnológico. Sociedade contemporânea.

## ABSTRACT

Modern Physics emerged at the beginning of the 20th century from the lack of understanding of some phenomena analyzed from the classical point of view. Consequently, it provided several changes with regard to classical concepts when trying to answer some questions of that time. Thus, this research aims to analyze the emergence of Modern Physics and its main implications in the scientific and technological context. To this end, we sought to present a brief history of Classical Physics, to identify the main implications of Modern Physics in society and to discuss the importance of teaching Modern Physics in basic high school education. A bibliographical research was then carried out with a focus on deepening in relation to the themes involved here. Finally, it was found that Modern Physics has several contributions that changed the way of seeing the physical world, making it necessary to introduce it in high school.

**Keywords:** Modern Physics. Scientific and technological context. Contemporary society.

## 1 INTRODUÇÃO

A Física Moderna se caracteriza pelo conjunto de novas concepções da Física que foram desenvolvidas a partir do século XX. Surgiu a partir das propostas teóricas dos físicos Albert Einstein (1879-1955) e Max Planck (1858-1947), com as teorias da relatividade e da quantização de energia respectivamente, ampliando os limites da Física Clássica. Muitos fenômenos foram explicados após essas teorias, alguns relacionados a importantes aplicações tecnológicas que proporcionaram benefícios à sociedade, como a nanotecnologia, lasers, tomógrafos, dentre outros. Algumas dessas tecnologias, como os lasers, possuem uma gama

de “aplicações em diversos ramos da medicina, desde terapias médicas até procedimentos cirúrgicos” (PIRES; SANTOS; DAMASIO, 2020, p.54).

Entretanto, a Física Moderna é um tópico pouco abordado no ensino de Física do ensino médio. Verifica-se que os conteúdos selecionados a serem trabalhados em nível médio, são em sua maioria conceitos abstratos que pouco contextualizam com o cotidiano dos alunos, tornando o ensino de Física desmotivador e sem interesse significativo para eles. Visto que, a Física Moderna vem propiciando o desenvolvimento tecnológico e científico, é de suma importância que seus conteúdos sejam tratados ainda na educação básica de forma significativa e contextualizada.

Diante disso, esta pesquisa baseou-se no seguinte tema: Uma análise do surgimento da Física Moderna e suas implicações na sociedade contemporânea. Vale ressaltar, que este trabalho tinha como proposta inicial analisar o ensino de Física Moderna nas escolas de ensino médio da cidade de Angical do Piauí, além da realização de uma oficina com experimentos de Física Moderna que pudessem servir como proposta didática, mas devido à suspensão das aulas como medida preventiva ao coronavírus não foi possível sua realização. Neste sentido, buscou-se responder a seguinte problemática: Quais as implicações da Física Moderna na sociedade contemporânea do ponto de vista científico e tecnológico. Portanto, o objetivo geral desta pesquisa é analisar o surgimento da Física Moderna e suas principais implicações na sociedade sob uma perspectiva científica e tecnológica, tendo como objetivos específicos, apresentar um contexto histórico da Física e sua evolução; identificar as principais implicações da Física Moderna na sociedade contemporânea e discutir a importância do ensino de Física Moderna no ensino médio.

Quanto à metodologia, esta pesquisa possui natureza básica, caráter descritivo e exploratório com uma abordagem qualitativa. Trata-se de uma revisão bibliográfica, onde foram analisados artigos, monografias e livros didáticos que puderam dar embasamento a escrita.

## **2 UM BREVE HISTÓRICO DA FÍSICA CLÁSSICA**

A Física é uma ciência que explica os fenômenos da natureza em seus mais diversos aspectos. Ela surgiu na Grécia Antiga, com a tentativa de explicar os fenômenos naturais de modo racional, abandonando o uso da crença divina. Porém ela só alavancou de forma

significativa no período da revolução científica<sup>1</sup>, com Galileu Galilei (1564-1642) sendo seu principal precursor. Dessa maneira, “Galileu foi o primeiro cientista moderno que misturou matemática e experimentos para poder descrever o funcionamento da natureza de forma precisa” (TORIBIO, 2015, p.39).

Entre os séculos XVII e XVIII, Isaac Newton (1643-1727), físico e matemático inglês, considerado um dos cientistas mais importantes da história da Física, realizou grandes descobertas que promoveram muitas contribuições para a ciência. Segundo Pereira (2015), Newton, utilizando um prisma, foi o primeiro a verificar o espectro da luz<sup>2</sup> obtido a partir da decomposição da luz branca. Além disso, ele formulou o teorema hoje conhecido como binômio de Newton, contribuiu para o desenvolvimento do cálculo infinitesimal e desenvolveu a famosa Lei da Gravitação Universal, que descreve o movimento dos corpos, tanto terrestres como celestes. Dentre outras coisas, Newton inventou o primeiro telescópio refletor, que resolveu o problema da aberração cromática<sup>3</sup>. Desta forma, ele contribuiu significativamente para evolução do conhecimento científico daquela época.

No século XIX, surgiram os fundamentos do eletromagnetismo. Em 1820, o físico e químico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851) verificou a relação entre eletricidade e magnetismo ao observar o movimento da agulha de uma bússola quando esta se aproximava de um fio percorrido por corrente elétrica. Desta forma, muitos experimentos foram feitos, até que se comprovou experimentalmente que um fio percorrido por corrente elétrica gerava um campo magnético em seu entorno. Diante disso, “a simetria entre magnetismo e eletricidade levaram os físicos a acreditarem na proposição inversa: [...] um campo magnético deve gerar uma corrente elétrica” (GASPAR, 2013, p.181).

Com base nos estudos de Oersted e na tentativa de provar a proposição inversa, Michael Faraday (1791- 1867) descobriu que a variação do fluxo magnético<sup>4</sup> no tempo através de uma espira produzia uma corrente elétrica na mesma (Lei da indução de Faraday). Após muitos estudos, o físico escocês James Clerk Maxwell (1831-1879) concluiu que, “os

---

<sup>1</sup> Na história da ciência, chama-se Revolução da Científica ao período que começou no século XVI e prolongou-se até o século XVIII. Nesta época, os conhecimentos só eram considerados corretos depois de confirmados pela experiência e razão, surgindo assim o método experimental ou científico.

<sup>2</sup> Espectro visível (ou espectro óptico) é a porção do espectro eletromagnético cuja radiação é composta por fótons capazes de sensibilizar o olho humano de uma pessoa normal. Identifica-se a correspondente faixa de radiação por luz visível, ou simplesmente luz.

<sup>3</sup> Em óptica, chama-se aberração cromática a dispersão produzida por lentes que possuem diferentes índices de refração para diversos comprimentos de onda luminosa.

<sup>4</sup> O fluxo do campo magnético está relacionado ao número de linhas de campo magnético que atravessam determinada superfície de área.

campos elétricos e magnéticos se propagavam pelo espaço, como se fossem ondas, as ondas eletromagnéticas” (GASPAR, 2013, p.201).

Todas as conclusões obtidas por Maxwell foram formuladas em quatro equações, conhecidas hoje como equações de Maxwell do Eletromagnetismo Clássico. Tais equações demonstram que a luz é uma onda eletromagnética visível, a qual faz parte do espectro de ondas eletromagnéticas conhecidas atualmente. A teoria ondulatória da luz foi confirmada pelos padrões de interferência observados em um experimento de dupla fenda, feito por Thomas Young (PEREIRA, 2015).

Com o avanço das tecnologias no século XIX, novas experiências puderam ser realizadas, equipamentos foram construídos, permitindo o desenvolvimento de novas pesquisas no ramo da Física. Utilizando-se da espectroscopia<sup>5</sup>, Joseph Von Fraunhofer (1787-1826), um jovem aprendiz de vidreiro, observou o espectro de absorção da luz solar e evidenciou que a luz da lua e dos planetas era na verdade uma reflexão da luz solar, pois os espectros de absorção destes corpos celestes eram os mesmos que do sol (TORIBIO, 2015).

A Física do século XIX serviu de base para vários estudos, entretanto, havia alguns problemas que não podiam ser resolvidos com uso das teorias clássicas, como por exemplo, a dificuldade em explicar a distribuição de energia na radiação de um corpo negro, a questão do efeito fotoelétrico e o comportamento de objetos que se movem a altas velocidades comparáveis à velocidade da luz.

### **3 O SURGIMENTO DA FÍSICA MODERNA**

O nascimento da Física Moderna se deu a partir de estudos como o efeito fotoelétrico e a teoria da relatividade de Einstein, bem como a radiação do corpo negro por Max Planck. As explicações de tais processos físicos não puderam ser obtidas com uso de leis clássicas dando origem a Física Moderna no início do século XX.

#### **3.1 Radiação do corpo negro**

Segundo Gaspar (2013, p. 260) a “frequência da radiação emitida por um corpo sólido depende apenas de sua temperatura, independe de quaisquer outras características do corpo: massa, densidade, volume, forma e até da sua própria cor”. Gustav Kirchhoff (1824-1887),

---

<sup>5</sup> A espectroscopia é o estudo da interação entre a radiação eletromagnética e a matéria. Ela permite identificar quase todas as informações sobre as propriedades físicas de um objeto.



com intuito de compreender a natureza íntima da matéria, propôs um experimento denominado corpo negro, onde criou uma cavidade fechada que poderia ser aquecida até certo ponto. De acordo com a figura (1), um pequeno orifício numa cavidade ressonante se comporta como um corpo negro ideal.

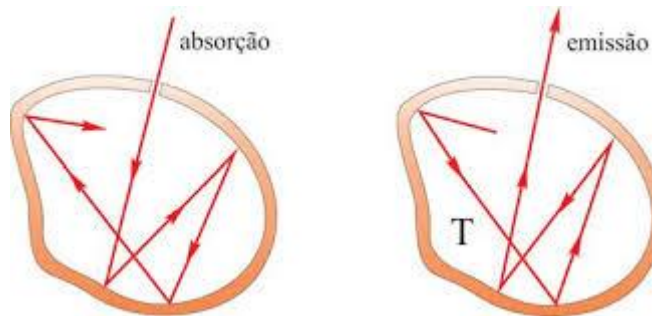


Figura 1 – Cavidade ressonante com um pequeno orifício que se comporta como um corpo negro ideal.  
Fonte – Carlos R. A. Lima.

Os átomos das paredes dessa cavidade ao chegarem a determinadas temperaturas, emitem radiação eletromagnética para o interior da cavidade, onde é absorvida pelas próprias paredes, mantendo um equilíbrio entre emissão e absorção, como pode ser observado na figura acima. Desta forma, um corpo negro é um corpo que absorve e/ou emite inteiramente toda radiação incidente sobre ele.

A figura (2) mostra o comportamento experimental da radiância espectral em função do comprimento de onda  $R_T(\lambda)$ , para diferentes temperaturas  $T$ , característico de um corpo negro além da curva baseada na teoria clássica.

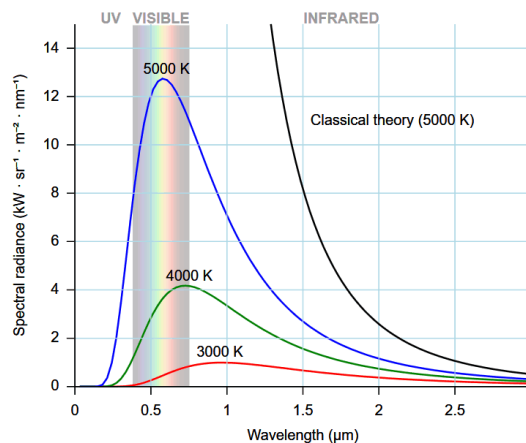


Figura 2 – Gráfico da Radiância espectral de um corpo negro em função do comprimento de onda  $\lambda$  e temperatura  $T$ . Fonte – Carlos R. A. Lima.

Observe que, com o aumento da temperatura  $T$ , há um deslocamento dos máximos do espectro correspondentes aos comprimentos de onda  $\lambda_{\text{máx}}$ . Isso implica dizer que os

comprimentos de onda  $\lambda_{\text{máx}}$ , correspondentes aos valores máximos da Radiância  $R_T(\lambda)$ , diminuem com o aumento da temperatura  $T$ , caracterizando a lei do deslocamento de Wien.

A teoria clássica previa que a intensidade de radiação deveria ser infinita para a região de altas frequências (Catástrofe do ultravioleta), como mostra a curva em cor preta na figura (2), porém, os resultados experimentais não corresponderam ao previsto. Várias tentativas hipotéticas baseadas em teorias clássicas tentaram descrever essa curva característica da radiação do corpo negro, mas todas elas possuíam uma certa discrepância quando comparadas aos dados experimentais. Essa discordância instigou Planck a buscar de todas as formas possíveis explicar tal fenômeno com base nas teorias clássicas. Como isso não foi possível, ele determinou – numa tentativa desesperada de solucionar o problema – que a energia era emitida ou absorvida em pequenos pacotes de energia ao qual ele chamou de quantum (no plural quanta) e não de modo contínuo como previa a Física Clássica. Como afirma Nussenzveig (2014, p.205), “um oscilador de frequência  $\nu$  só poderia emitir ou absorver energia em múltiplos inteiros de um quantum de energia”. O quantum  $E$  de energia radiante de frequência  $\nu$  é dado por:

$$E = h\nu \quad (1)$$

onde  $h$  é uma constante universal de proporcionalidade denominada constante de Planck, cujo valor é dado por  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J.s.

A solução encontrada por Planck que resolvia o problema da radiação do corpo negro, considerando que a energia era quantizada, foi o estopim para o surgimento da teoria quântica<sup>6</sup>. Nessa perspectiva, outra consequência da teoria de Planck foi o modelo atômico de Bohr, onde seu estudo permitiu descobrir que os “ganhos ou perdas de energia nos átomos são discretos e também guardam uma relação de números inteiros” (FILGUEIRAS, 1996, p.25).

### 3.2 Efeito Fotoelétrico

O efeito fotoelétrico trata-se da emissão de elétrons por um material, geralmente metálico, quando este é submetido a uma radiação eletromagnética de frequência suficientemente alta, a qual depende do material. De acordo com Valadares e Moreira (2004, p.360), “o efeito fotoelétrico é observado, por exemplo, quando uma superfície metálica ou semicondutora é iluminada com luz numa certa faixa de frequências”.

---

<sup>6</sup> Devido suas contribuições na área da física quântica, Planck foi laureado com o Nobel de Física de 1918. Por isso ele é considerado o pai da física quântica.

Einstein baseou-se na hipótese de Planck para explicar tal fenômeno, determinando que a luz era formada por corpúsculos de energia bem definida, mais tarde denominados de fótons. Cada fóton possui uma energia  $E$  definida de acordo com a equação (1). Quando um feixe de luz incide na superfície do material, cada elétron interage com um fóton. Se a energia desse fóton for maior que a energia de ligação do elétron, este pode ser arrancado absorvendo toda energia do fóton incidente. Experimentalmente, foi verificado que a energia cinética máxima  $K_{\text{máx}}$  dos elétrons ejetados não depende da intensidade da luz incidente no alvo, como era previsto classicamente, e sim da sua frequência. Segundo Halliday (2016, p. 399) “para uma dada frequência, a energia máxima dos elétrons emitidos pelo alvo é sempre a mesma, qualquer que seja a intensidade da luz incidente”.

Com isso, podemos observar pela equação (2), que a energia cinética máxima  $K_{\text{máx}}$  que o elétron pode obter ao ser ejetado, depende exclusivamente da função trabalho  $w$  do material utilizado e da frequência  $\nu$  do fóton.

$$K_{\text{máx}} = h\nu - w \quad (2)$$

Uma das principais implicações do efeito fotoelétrico foi a discussão sobre a natureza da luz, que até então era tida como uma onda eletromagnética, assumindo agora um caráter corpuscular. Alguns fenômenos são descritos com caráter ondulatório, como a interferência e difração da luz, entretanto, outros só podem ser explicados corretamente utilizando o modelo quântico de fótons. Isso provocou desconforto aos físicos da época que acreditavam nas certezas que a ciência havia construído. A dualidade onda/partícula da luz e a estatística dos fótons foram os primeiros estudos que serviram de base para o desenvolvimento da mecânica quântica.

O efeito fotoelétrico possui diversas aplicações tecnológicas no mundo contemporâneo. De acordo com Silva (2000, p.37), “atualmente as células fotoelétricas ou fotocélulas são largamente usadas em diversos dispositivos eletrônicos, como fotômetros, controles remotos, circuitos de segurança, etc”. Um exemplo disso são os dispositivos LDR (resistência dependente da luz), que se baseiam no efeito fotoelétrico para seu funcionamento. Segundo Ghellere (2009), “quando o LDR é exposto a um feixe luminoso, começa a dispor de elétrons livres, fazendo sua resistência diminuir” (apud JÚNIOR e JUNIOR, 2013, p.1). A incidência luminosa nesse tipo de dispositivo diminui sua resistência elétrica devido a presença de elétrons livres, isto possibilita a utilização deste componente para desenvolver um sensor que é ativado (ou desativado) quando sobre ele incidir energia

luminosa. Além de estar presente em vários dispositivos eletrônicos, uma aplicação dessa tecnologia é o princípio de funcionamento do sistema de iluminação pública.

Células fotovoltaicas utilizam de princípio semelhante ao efeito fotoelétrico na geração de energia elétrica através da luz solar. De maneira simples, o efeito fotovoltaico consiste no surgimento de uma tensão elétrica em um material semicondutor, quando este é exposto à luz visível (NASCIMENTO, 2004). Esse tipo de energia contribui para o desenvolvimento sustentável, pois consiste numa fonte de energia limpa e renovável.

### 3.3 Relatividade de Einstein

No ano de 1905, Albert Einstein publicou três artigos de grande importância científica. Um deles tratava a respeito do movimento Browniano<sup>7</sup>, o outro descrevia o efeito fotoelétrico e por último, e não menos importante, o que apresentava sua teoria da relatividade especial, a qual propunha uma drástica revisão dos conceitos newtonianos de espaço e tempo. Para Einstein, grandezas como massa, tempo e comprimento, tidas como absolutas, na verdade eram relativas, o que poderia ser verificado quando medidas a grandes velocidades comparadas a da luz. A teoria da relatividade é dividida em duas teorias: Teoria da Relatividade Restrita, que estuda os fenômenos em referenciais inerciais, e a Teoria da Relatividade Geral, que aborda fenômenos do ponto de vista não inercial.

A teoria da Relatividade Restrita de Einstein propõe uma formulação cinemática da mecânica newtoniana e baseia-se em dois postulados: a validade do princípio da relatividade<sup>8</sup> e a constância da velocidade da luz<sup>9</sup> no vácuo. Para Einstein a velocidade da luz é absoluta, em contrapartida, intervalos de tempo e espaço são relativos. A dilatação do tempo e a contração do espaço são duas consequências da teoria da Relatividade Restrita de Einstein.

Segundo Pereira (2015), o movimento relativo entre dois observadores implica na divergência dos resultados das medidas de tempo e distância obtidos por eles. Uma evidência disso, é a abundância de partículas múons detectadas próximo a superfície da Terra. Múons são partículas elementares instáveis, que possuem uma vida média de  $\tau\mu = 2,2 \mu s$  quando medida em laboratório a baixas velocidades. Elas normalmente são criadas à uma altitude de 15 km da superfície terrestre. Com uma velocidade média de  $v = 2,99 \times 10^8 \text{ m/s}$ , o tempo

<sup>7</sup> O movimento Browniano é o nome dado ao movimento aleatório de partículas num líquido ou gás como consequência dos choques das moléculas do meio nas partículas.

<sup>8</sup> Esse princípio supõe que as leis da Física são independentes do estado de movimento do sistema referencial, ao menos se o sistema não está acelerado.

<sup>9</sup> A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor para todos os observadores, independente do seu movimento ou do movimento de sua fonte.

que os múons levam para percorrer os 15 km de atmosfera é de  $t = 50,54 \mu s$ , muito maior que seu tempo de vida. Nesse sentido, a abundância dessas partículas na superfície terrestre se dá em função da dilatação do tempo de vida do múon e ou da contração do espaço no referencial do mesmo. Quando medido em laboratório essas partículas não sofrem interferência relativística, porém quando se considera a velocidade máxima que elas atingem em seu percurso, seu tempo de vida se dilata passando de forma mais lenta. A equação de dilatação do tempo possui a seguinte forma:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma \Delta t_0 \quad (3)$$

Onde  $\Delta t_0$  corresponde ao tempo próprio medido no referencial do múon. O tempo de vida média das partículas medidas no referencial do laboratório é dilatado proporcionalmente ao fator de Lorentz  $\gamma$  (4). Quanto mais próximo da velocidade da luz um corpo atingir maior é o valor de dilatação.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (4)$$

Ainda, segundo a teoria da Relatividade Restrita e como consequência direta do postulado da constância da velocidade da luz em qualquer referencial inercial, a medição de distâncias a partir de diferentes referenciais também é afetada. De acordo com a contração de Lorentz (5), um objeto sofre uma contração em seu comprimento quando o referencial onde ele é medido estiver em movimento em relação ao objeto.

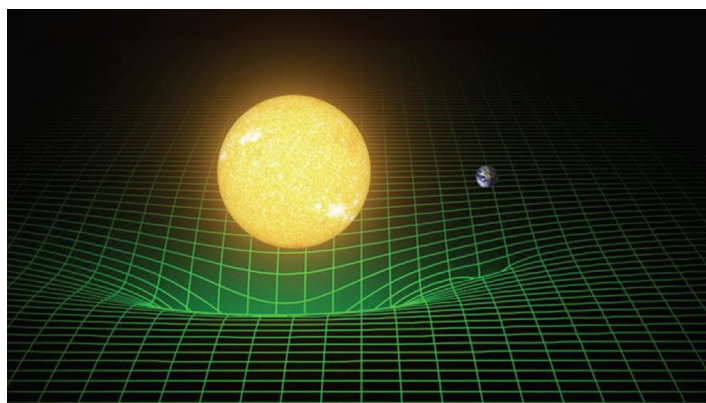
$$L = \frac{L_0}{\gamma} \quad (5)$$

Um referencial que está fixo no objeto (em repouso em relação a ele) mede um comprimento  $L_0$  chamado de comprimento próprio. Já outro que se move em relação ao objeto mede um comprimento  $L$  menor.

A segunda teoria da relatividade, denominada relatividade geral, só foi proposta dez anos depois da relatividade restrita. Em 1915, Einstein sugere um novo modelo de gravidade para a teoria da Gravitação Universal de Newton, que foi base para todos os desdobramentos científicos que edificaram a Física Clássica. Nessa nova teoria, Einstein, além de caracterizar o espaço como quadridimensional, com o tempo sendo a quarta dimensão (*espaço-tempo*),

eram suscetíveis a serem distorcidas pela presença de matéria e energia. Com isso a gravidade ganha uma interpretação mais profunda e fantástica (VANZELLA, 2016).

Para Einstein, a gravidade não era fruto das forças de atração entre corpos que continham massas bem definidas, mas sim, da distorção que esses corpos provocavam no *tecido do espaço-tempo*. Para ele, espaço e tempo estavam interligados, e dependiam dessa distorção causada pela presença de matéria e energia, denominado campo gravitacional.



*Figura 3 – Representação artística da curvatura do espaço(-tempo) devido à presença do Sol e da Terra. Fonte: T. Pyle/Caltech/MIT/LIGO Lab.*

Com isso, a ideia de força gravitacional foi reformulada. Corpos caem ao serem soltos de uma determinada altura porque estão *presos* dentro desse campo gravitacional, no qual seguem uma trajetória de queda mais retilínea possível nessa nova geometria do espaço-tempo. Essa nova maneira de entender a gravidade, embora um tanto diferente da Teoria da Gravitação Universal de Newton, só apresentava diferenças significativas à medida que o campo gravitacional fosse mais intenso. Para fenômenos a nível terrestre, com campos gravitacionais relativamente fracos, as duas teorias possuíam resultados muito próximos.

A teoria da Relatividade Geral de Einstein previa que a curvatura do espaço-tempo provocada pelo Sol poderia desviar o raio de luz de uma estrela, alterando a sua posição aparente quando vista da Terra, como descrito na figura (4).

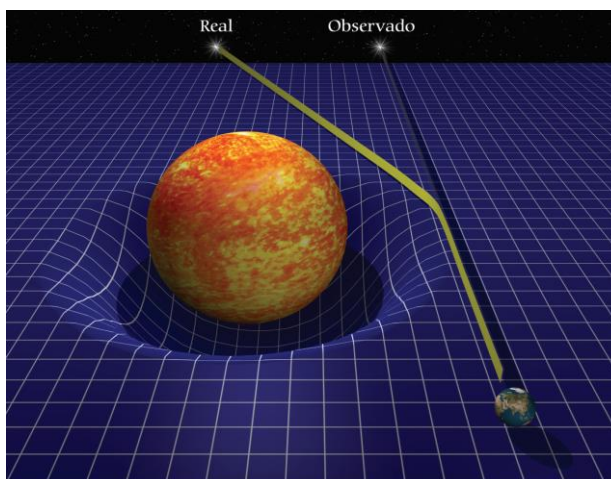


Figura 4 – Representação artística da deflexão de um raio de luz passando nas imediações do Sol devido à curvatura por ele produzida. Fonte – Dave Jarvis, <http://davidjarvis.ca/dave/gallery>.

Isso foi comprovado experimentalmente em 1925, numa expedição científica realizada em Sobral, no estado do Ceará (VANZELLA, 2016). Com isso, a previsão de Einstein foi comprovada, dando a ele um reconhecimento mundial no campo científico. Essas e outras questões parecem fugir à lógica e ao senso comum, uma vez que contradizem os conceitos da Física Clássica, porém, esses estudos puderam ser comprovados e servem como base para o desenvolvimento de algumas tecnologias que utilizamos hoje, como por exemplo, o sistema de posicionamento global (GPS). “Devido à distância da Terra e à velocidade dos satélites, o tempo para eles passa mais devagar, sem as correções relativísticas haveria uma perda de precisão significativa no sistema.” (VANZELLA, 2016, p.37).

Os satélites, responsáveis por receberem e transmitirem as informações via ondas de rádio, são colocados em órbita da Terra, onde a ação do campo gravitacional é menor em comparação a superfície da Terra. A teoria de Einstein prevê que o tempo avança de forma mais rápida a medida que a gravidade diminui. Desta forma, relógios presentes nos satélites, possuem um atraso em comparação ao seus receptores na superfície.

Outra consequência bastante instigante, com relação à Teoria da Relatividade Geral, é que ela prevê a existência de buracos negros, tema ganhador do premio Nobel em Física no ano de 2020. Os ganhadores comprovaram a existência desses corpos através das soluções das equações da teoria da Relatividade Geral de Einstein e de evidencias observacionais. Segundo Almeida (2020, p.1), “buracos negros são objetos super densos que produzem um forte campo gravitacional, distorcendo o espaço-tempo à sua volta, criando uma região de onde nada pode escapar.”

Esses fenômenos que vão muito além da nossa compreensão estão interligados à teoria da Relatividade Geral. Através deles, muitos cientistas buscam compreender o universo em

seus diversos aspectos, como sua origem, evolução e morte. Pouco se sabe a respeito de tudo isso, compreender a natureza no seu mais íntimo é um grande desafio para a humanidade, e para isso, precisamos pensar além das teorias clássicas e nos projetarmos para um futuro ainda desconhecido.

### 3.4 Teoria Quântica

A Teoria Quântica surgiu a partir da década 20 com a necessidade de descrever os fenômenos do universo microscópico das partículas atômicas e subatômicas, como elétrons, prótons, nêutrons e fótons, até então desconhecidos. Muita tecnologia moderna opera a uma escala onde os efeitos quânticos são significativos. Exemplos incluem “os transistores, os circuitos integrados, os microprocessadores, os fios supercondutores e os lasers semicondutores que deram origem às comunicações ópticas” (Sociedade Brasileira de Física, 1990, p. 1).

Atualmente, a mecânica quântica possui diversas aplicações tecnológicas, como no processo de funcionamento dos supercomputadores quânticos. De acordo com Alejandro Pozas-Kerstjens (2018), pesquisador do Instituto de Ciências Fotônicas de Barcelona, na Espanha, e do Grupo de Teoria da Informação Quântica.

Em vez de usar "um" e "zero" em sequências longas, como na computação clássica, um bit quântico - ou qubit - usa as propriedades das partículas subatômicas. Elétrons ou fótons podem estar, por exemplo, em dois estados ao mesmo tempo - um fenômeno chamado superposição. (BBC, 2018).

A teoria quântica também possui aplicações presentes nas tecnologias dos lasers. Segundo Neto (2019, p. 53) “a criação do que chamamos de Laser (Light amplification by stimulated emission of radiation) está vinculada diretamente com a ideia de emissão de fótons por excitação de átomos”. Os lasers possuem diversas aplicações no ramo das tecnologias, indústrias e medicina etc.

Essas e outras aplicações tecnológicas como, microscópios eletrônicos e a nanotecnologia, só puderam ser obtidas graças aos estudos da Física Quântica. Desta forma é evidente que a Teoria Quântica proporcionou grandes contribuições para a sociedade contemporânea.

## 4 ENSINO DE FÍSICA MODERNA



Não é de hoje que se discute a respeito da necessidade de ensinar conteúdos de Física Moderna nas escolas de ensino médio. Diversos autores relutam em defender essa perspectiva, evidenciando a importância da Física Moderna na atualidade através de suas contribuições e implicações para a sociedade. Para Loch (2009), a compreensão dos conteúdos de Física Moderna possibilita uma leitura do mundo atual, tornando-os mais significativos aos olhos dos estudantes.

O fato é que se vive em uma sociedade altamente tecnológica, onde os conceitos da Física Moderna se fazem presentes, tornando necessário que a educação forme cidadãos capazes de conhecer tais conceitos que envolvem os processos de produção tecnológica, para que não se tornem meros escravos da tecnologia e possam participar de forma ativa no processo de desenvolvimento social. Além disso, a inserção da Física Moderna possibilita a compreensão dos modelos físicos atuais que o avanço da ciência permitiu construir através de teorias e experimentos comprovacionais. Diante disso, Terrazzan (1992), destaca a importância da compreensão de conteúdos de Física Moderna necessária para o entendimento do mundo atual, assim como a inserção participativa do cidadão neste mesmo mundo.

Portanto, é preciso ensinar para a obtenção de uma aprendizagem significativa, onde os conteúdos de Física Moderna possam ser contextualizados com os princípios científicos e tecnológicos presentes no mundo atual, para que os alunos enxerguem a beleza da Física presente em tudo ao seu redor. A contextualização permite uma aprendizagem profunda, uma vez que o aluno relaciona os conceitos ensinados na sala de aula com o cotidiano do qual ele faz parte e precisa atuar. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) enfatiza a contextualização com a realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas (BRASIL, 2017).

Nesse sentido, é preciso desenvolver práticas metodológicas que favoreçam o ensino de Física Moderna nas escolas de nível médio, facilitando a aprendizagem dos alunos através da contextualização histórica, científica e tecnológica. Compreender os caminhos que a ciência traçou para chegar ao nível que conhecemos hoje é de suma importância para que os alunos percebam que as mudanças ocorrem graças à construção humana, através de estudos, erros e vitórias.

Por fim, observou-se que a Física Moderna possui aplicações práticas que podem ser abordadas no ensino de Física, onde as mesmas podem contribuir para um aprendizado significativo, possibilitando ao indivíduo uma obtenção de pensamento crítico em relação ao contexto científico-tecnológico-social, tornando-o capaz de atuar ativamente na sociedade em

que vive. Além disso, verificou-se que a Física Moderna deve ser ensinada o quanto antes para que os alunos possam compreender a ciência dessa atualidade.

## **5 METODOLOGIA**

Esta pesquisa possui caráter puramente bibliográfico, com foco no aprofundamento e discussão dos temas aqui tratados. Para Fonseca (2002, p. 32) “a pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos”.

Dessa maneira, utilizou-se a ferramenta google acadêmico como motor de busca, onde foram escolhidas obras relacionadas ao tema. A Revista Brasileira do Ensino de Física também serviu como meio de pesquisa para a obtenção de material bibliográfico. Utilizou-se também de livros didáticos que puderam servir como fonte de referência para o desenvolvimento do trabalho.

Quanto aos objetivos, esta pesquisa se classifica em exploratória e descritiva. Segundo Gil (2002, p.41), “estas pesquisas têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses”. Diante disso, o presente trabalho buscou analisar e discutir a respeito das implicações que a Física Moderna proporcionou à sociedade atual. Deste modo, a pesquisa possui caráter qualitativo no que se refere a sua abordagem.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base nesta pesquisa, foi possível verificar a importância do ensino de Física Moderna, por se tratar de um ramo da Física no qual é pouco abordado no ensino médio, e que possui muita relevância no tocante a compreensão dos conceitos físicos estabelecidos no início do século XX. A Física Moderna possibilitou a explicação de diversos fenômenos que a teoria clássica não permitiu, e por consequência proporcionou uma forma diferente de enxergar o mundo a partir das teorias da relatividade e da mecânica quântica.

Por possuir diversas aplicações tecnológicas, a Física Moderna se concretiza como ferramenta essencial para o despertar do conhecimento tecnológico e científico, promovendo ao indivíduo uma compreensão do mundo no qual está inserido. Para isso, é preciso que a educação acompanhe o ritmo de desenvolvimento das ciências e suas relações com as tecnologias para que os alunos possam atuar de forma consciente na sociedade.

Do exposto verificou-se que esta temática possui uma riqueza de conteúdos de muita relevância no campo científico e tecnológico que podem favorecer o ensino de Física do ensino médio. Com isso, espera-se que este trabalho possa servir como incentivo para o desenvolvimento de novas pesquisas referentes aos temas aqui tratados.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Carla R. A pré-história dos buracos negros. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 42, e20200197, 2020. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172020000100712&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172020000100712&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 28 nov. 2020. Epub 17-Ago-2020. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2020-0197>.

BBC NEWS. **Entenda o que é tecnologia quântica, novo campo de batalha entre EUA e China**. dez. 2018. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-46636742>>. Acesso em: 15 de nov. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Educação é a base. Ensino médio. Publicada no D.O.U. de 21/12/2017, Seção 1, Pág. 146. Brasília: MEC, 2017. Disponível em: <[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC\\_EnsinoMedio\\_embaixa\\_site\\_110518.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf)>. Acesso em: 03 de nov. de 2020.

FERREIRA JUNIOR, Milton Batista et al. Ensinando efeito fotoelétrico de forma contextualizada e prática no ensino médio. **Anais da Semana de Licenciatura**, Jataí, GO, p. 20-24, maio 2014. ISSN 2179-6076. Disponível em: <<http://revistas.ifg.edu.br/semlic/article/view/443>>. Acesso em: 07 nov. 2020.

FILGUEIRAS, C. A. L. A espectroscopia e a química da descoberta de novos elementos a teoria quântica. **Química Nova na Escola**, n. 3, p. 22-25, Maio 1996. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/historia.pdf>>. Acesso em: 03 de nov. 2020.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Disponível em: <<http://www.ia.ufrj.br/ppgea/conteudo/conteudo-2012-1/1SF/Sandra/apostilaMetodologia.pdf>>. Acesso em: 20 de nov. 2020.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. 2ª. ed. São Paulo: Ática, v. 3, 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas S. A. 2002.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: óptica e física moderna**. 10ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 4, 2016.

JÚNIOR, J. J. A. M.; JUNIOR, S. L. S. **LDR e sensores de luz ambiente: funcionamento e aplicações**. Semana de Eletrônica e Automação. Ponta Grossa - PR: [s.n.], 2013. p. 1-6. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/287958715\\_LDR\\_E\\_SENSORES\\_DE\\_LUZ\\_AMBIENTE\\_FUNCIONAMENTO\\_E\\_APLICACOES](https://www.researchgate.net/publication/287958715_LDR_E_SENSORES_DE_LUZ_AMBIENTE_FUNCIONAMENTO_E_APLICACOES)>. Acesso em: 10 de nov. 2020.

LOCH, J.; GARCIA, N. M. D. **Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do ensino médio**. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis : [s.n.]. 2009. p. n.p. Disponível em: <<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viiienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/1335.pdf>>. Acesso em: 25 de out. de 2020.

NETO, J. V. O. **As aplicações da Física Quântica no cotidiano**: uma análise dos livros de Física do Ensino Médio. Monografia (Licenciatura em Física) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte Campus Santa Cruz. Rio Grande do Norte, p. 74, 2019. Disponível em: <<https://memoria.ifrn.edu.br/bitstream/handle/1044/1733/TCC%20-%20JO%C3%83O%20VICTOR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 23 de nov. 2020.

NUSSENZVEIG, H.M. **Curso de Física Básica**: ótica, relatividade e física quântica. 2ª ed. v.4. São Paulo: Blucher, 2014.

PEREIRA, F. C. Uma breve história da Física Moderna e Contemporânea. **Professare**, Blumenau, 4, n. 3, 22 Março 2015. 177-188. Disponível em: <<https://periodicos.uniarp.edu.br/index.php/professare/article/view/734>>. Acesso em: 25 de out. de 2020.

PIRES, L. D. N.; SANTOS, I. M. D.; DAMASIO, F. Lasers as ferramentas de luz: Prêmio Nobel de 2018. **A Física na escola**, Santa Catarina, v. 18, n. 1, p. 54-61, 2020.

SILVA, E. A. P. **O Efeito Fotoelétrico**. 2000. 55 f. Trabalho de Final de Curso - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **A Física no Brasil na Próxima Década**. São Paulo, Instituto de Física da USP, 1990.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de Física na escola de 2º grau. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, SC, 01 Janeiro 1992. 209-214. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7392>>. Acesso em: 15 de out. de 2020.

TORIBIO, A. M. V. **História da Física**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, Secretaria de Ensino a Distância, 2012

VALADARES, Eduardo de Campos. **Aplicações da Física Quântica**: do transistor à nanotecnologia. 1 ed. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. **Ensinando Física Moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro**. [Online] Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 15, p. 121-135, 1998. Disponível em: < HYPERLINK "<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6896>" <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6896> >. Acesso em: 07 nov. 2020.

VANZELLA, D. A. T. Teoria da Relatividade Geral: 100 anos encurvando como vemos o universo. **Física na Escola**, v. 14, n. 1, p. 34-39, 2016. Disponível em: < HYPERLINK "http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol14-Num1/fne-14-1-a081.pdf" <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol14-Num1/fne-14-1-a081.pdf> > Acesso em: 03 de nov. 2020.