



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ**  
**UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL/CAPES**  
**COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**  
**MODALIDADE A DISTÂNCIA**

**JOSE RIBAMAR MARQUES DE ARAUJO JUNIOR**

**COMPREENDENDO A GRAVITAÇÃO UNIVERSAL: UMA ABORDAGEM  
HISTÓRICA E CONCEITUAL DOS SEUS PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS**

**TERESINA**  
**2023**

JOSE RIBAMAR MARQUES DE ARAUJO JUNIOR

COMPREENDENDO A GRAVITAÇÃO UNIVERSAL: UMA ABORDAGEM  
HISTÓRICA E CONCEITUAL DOS SEUS PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado como exigência parcial para obtenção  
do diploma no Curso de Licenciatura em Física na  
Modalidade a Distância, da Universidade Aberta  
do Piauí, do Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia do Piauí. *Campus* Teresina  
Central

Orientador(a): Prof.Me. Domingos dos Santos  
Ponciano

TERESINA  
2023

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

---

Araújo Júnior, José Ribamar Marques de  
A663c      Compreendendo a gravitação universal: uma abordagem histórica  
e conceitual dos seus princípios fundamentais / José Ribamar Marques  
de Araújo Júnior. - 2023.  
30 f.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Instituto  
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina  
Central, 2023.  
Orientador: Prof Me. Domingos dos Santos Ponciano.  
1. Gravitação universal. 2. Ensino de física. 3. Abordagem histórica.  
I. Título.

CDD - 530

---

**Elaborado por Maria Rosismar Farias CRB 3/631**

JOSE RIBAMAR MARQUES DE ARAUJO JUNIOR

COMPREENDENDO A GRAVITAÇÃO UNIVERSAL: UMA ABORDAGEM  
HISTÓRICA E CONCEITUAL DOS SEUS PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado como exigência parcial para obtenção  
do diploma no Curso de Licenciatura em Física na  
Modalidade a Distância, da Universidade Aberta  
do Piauí, do Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia do Piauí. *Campus Teresina*  
Central

Aprovado em: \_06\_/\_05\_/\_2023\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Orientador **Prof. Me. Domingos dos Santos Ponciano**

IFPI - INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ **SIAPE 1809485**

---

Membro da banca **Prof. Ma. Teresinha Vilani Vasconcelos de Lima**

IFPI - INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ **SIAPE 2374122**

---

Membro da banca **Prof. Me. Etevaldo Macedo Valadão**

IFPI - INSTITUTO FEDERAL DO PIAUÍ **SIAPE 1809452**

“Dedico este trabalho aos meus pais Francilene Sousa Marques e José Ribamar Marques de Araújo e ao meu irmão Francimar Sousa Marques, que incentivam a persistir em meus sonhos e superar os desafios que foram impostos durante essa jornada”.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus a oportunidade de vida que me foi dada, por estar sempre ao meu lado, em todos os momentos do processo de amadurecimento, a única certeza que eu tenho, dentro de uma vida de incertezas é que Deus sempre estará ao meu lado e sempre farei o máximo para honra-lo, de todas as formas que acredito serem corretas. Grato pelos amigos, colegas, pelos professores honrados e honestos e principalmente pela linda família onde tive a benção de nascer.

Agradeço a todos os meus familiares que de alguma forma, seja ela direta ou indiretamente, contribuíram para o meu crescimento tanto pessoal quanto profissional. Agradeço em especial aos meus pais e ao meu irmão por sempre estarem presentes nos momentos difíceis, agradeço por serem compreensivos, amorosos, carinhosos e respeitosos, sempre dando apoio e ótimos conselhos. Não podendo deixar de ressaltar a ajuda do meu irmão para a conclusão desse trabalho, que me ajudou de como um coorientador fazendo correções e apreciações do trabalho, e por fim agradeço a todos que contribuíram para o meu crescimento.

*“isso também vai passar”.*

***Rei Salomão***

### RESUMO

Apresenta-se a gravitação universal de uma forma mais simplificada com uma abordagem e escrita para alunos do ensino médio com um entendimento mais objetivo, usando as teoria dos diversos cientistas, que contribuíram diretamente e indiretamente para a construção da Teoria da Gravitação, usando uma linguagem e um método para alunos do ensino médio, por isso nesse trabalho não irar constar a teoria de Albert Einstein, devido ao seu método muito complexo; descrever a evolução do conhecimento humano sobre a gravitação universal; Esse trabalho tratou-se de uma revisão literária narrativa, utilizando como local de pesquisa os periódicos retirados das bases de dados SciELO, LILACS, CAPS e Google acadêmico. Como critério de inclusão foi utilizado artigos completos na língua portuguesa ou tradução disponível, já como critérios de exclusão: trabalhos que apresentavam opiniões anacrônicas sobre os cientistas, artigos incompletos e trabalhos da teoria da relatividade de Albert Einstein; Foi identificado a seguinte ordem cronológica dos cientistas: Aristóteles (A Física Aristotélica), Claudio Ptolomeu (Geocentrismo), Nicolau Copérnico (Heliocentrismo), Galileu Galilei (Lei da queda dos corpos), Johannes Kepler (Provou o movimento elíptico em torno do sol) e Isaac Newton (A velocidade da queda de um copo é proporcional ao quadrado da distância); O objetivo desse trabalho foi alcançado com sucesso, identificando os principais cientistas relacionado a gravitação universal, relatando suas obras e detalhando suas experiências, cada uma delas cronologicamente e principalmente mantendo uma abordagem simples.

**Palavras-Chave:** Gravitação Universal, Ensino de física, Abordagem histórica.

### **ABSTRACT**

Universal gravitation is presented in a more simplified way with an approach and written for high school students with a more objective understanding, using the theory of diverse students, which are directly related and imply for the construction of the Theory of Gravitation, using a language and a method for high school students, so this work will not include Albert Einstein's theory, due to its very complex method; describe the evolution of human knowledge about universal gravitation; This work was a narrative literary review, using as a research site the journals taken from the SciELO, LILACS, CAPS and Google academic databases. As inclusion, complete articles in Portuguese or available translation were used, as exclusion criteria: works that presented anachronistic opinions about the scientists, incomplete articles and works on Albert Einstein's theory of relativity; The following chronological order of scientists was identified: Aristotle (Aristotelian Physics), Claudius Ptolemy (Geocentrism), Nicolaus Copernicus (Heliocentrism), Galileo Galilei (Law of falling bodies), Johannes Kepler (Proved elliptical motion around the sun) and Isaac Newton (The speed of a falling glass is proportional to the square of the distance); The objective of this work was successfully achieved, identifying the main scientists related to universal gravitation, reporting their works and detailing their experiences, each one of them chronologically and mainly keeping a simple approach.

**Keywords:** Universal Gravitation, Physics teaching, Historical approach.

**LISTA DE TABELAS**

|          |   |                                                                                                             |    |
|----------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 | – | Identificação cronológica dos principais cientistas e suas experimentações sobre a gravidade universal..... | 26 |
|----------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## SUMÁRIO

|                                        |           |
|----------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>              | <b>13</b> |
| <b>2. OBJETIVOS.....</b>               | <b>15</b> |
| 2.1 OBJETIVO GERAL                     | 15        |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS              | 15        |
| <b>3. EMBASAMENTO TEÓRICO .....</b>    | <b>16</b> |
| 3.1. A TEORIA DE ARISTÓTELES           | 16        |
| 3.2. A TEORIA DE CLAUDIO PTOLOMEU      | 17        |
| 3.3. A TEORIA DE NICOLAU COPÉRNICO     | 17        |
| 3.4. A TEORIA DE GALILEU GALILEI       | 18        |
| 3.5. A TEORIA DE JOHANNES KEPLER       | 19        |
| 3.6. A TEORIA DE ISAAC NEWTON          | 20        |
| <b>4. METODOLOGIA.....</b>             | <b>22</b> |
| 4.1 TIPO DE ESTUDO                     | 22        |
| 4.2 LOCAL DE PESQUISA                  | 22        |
| 4.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO   | 22        |
| 4.4 PERCURSO METODOLÓGICO              | 23        |
| <b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b> | <b>24</b> |
| <b>6. CONCLUSÃO .....</b>              | <b>28</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>               | <b>29</b> |

COMPREENDENDO A GRAVITAÇÃO UNIVERSAL: UMA ABORDAGEM  
HISTÓRICA E CONCEITUAL DOS SEUS PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS

Autor(a)<sup>1</sup>: Jose Ribamar Marques de A. Junior

Orientador(a)<sup>2</sup>: Prof. Me. Domingos dos Santos  
Ponciano

<sup>1</sup> Jose Ribamar Marques de Araújo Junior, estudante do Curso de Licenciatura em Física na Modalidade a Distância, da Universidade Aberta do Piauí, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. *Campus* Teresina Central. E-mail: junior-marques@hotmail.com fone: (89)99467-6407.

<sup>2</sup> Domingos dos Santos Ponciano Professor mestre em matemática pela Universidade Federal do Piauí (mestre em análise) e licenciado em matemática pela Universidade Federal do Piauí, professor efetivo desde de 2010 do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. *Campus* Teresina Central. E-mail. domingosponciano@ifpi.edu.br

## 1. INTRODUÇÃO

Em meados dos séculos IV A.C. até XVI D.C., a ideia do universo era baseada na Cosmologia Aristotélica, embora anos mais tarde a ideia de Aristóteles mostrou-se inconsistente, diante novas abordagens, mas ainda sim a ideia aristotélica, serviu sendo utilizada de base para estimular o conhecimento humano a respeito do universo e da cosmologia. A cosmologia aristotélica, era baseada nos 4 elementos da terra, (água, ar, terra e fogo), e na sua utilização da vivencia humana, ou seja, toda a sua ideia da cosmologia era fundamentada em aspectos filosóficos (COHEN, 1994).

Anos mais tarde o cientista Claudio Ptolomeu, estudou sobre o sistema planetário e desenvolveu um modelo das órbitas celeste, com o mesmo fundamento da teoria aristotélica, baseada em observações e ideias filosóficas. Segundo Ptolomeu, o sistema planetário movimentava-se em círculos, e para isso seria necessário a existência de um centro, em seu livro *Almagesto*, Ptolomeu defendeu o conceito de que a terra era o centro do universo e os astros giravam ao seu redor. (TOOMER,1998) (VELÁSQUEZ; OLIVEIRA, 2018).

Nicolau Copérnico, foi um cientista altamente renomado, desenvolveu a teoria heliocêntrica, sendo assim, considerado o fundador da astronomia moderna, sua teoria afirmava que o centro do universo é o sol e que todo o sistema planetário gira a sua volta, por receio de ser alvo de muitas críticas, o seu livro que constava essa teoria só foi publicado 30 anos depois, por motivos políticos e religioso, entretanto seu trabalho foi consagrado, após as ideias de Galileu Galilei e Johannes Kepler. (REALE, 1994), (GILSON, 1995).

Com os trabalhos de Galileu Galilei mudou-se a forma de entendimento da física, metafísica e até da astronomia, até então todos os pensamentos e trabalhos eram baseados na filosofia e na observação dos corpos celestes e objetos, no entanto Galileu considerado pai da ciência moderna passou a realizar experimentos e assim comprovando várias teorias, além de criar aparelhos usados até hoje. Uma das principais teorias comprovada de Galileu é sobre os objetos e seus movimentos, de modo uniforme e em queda livre. Embora os experimentos de Galileu tenham sido bem-sucedidos, após a publicação desses experimentos e de sua manifestação a favor do trabalho de Nicolau Copérnico passou a sofrer represália de origem política e religiosa, pois suas ideias iriam de encontro as teorias aristotélicas. (KOYRÉ; 2006).

Outro grande cientista que contribuiu para o avanço do conhecimento da gravitação universal, foi Johannes Kepler, sua ideia junto ao sistema planetário de Copérnico, fortaleceram a teoria heliocêntrica. Kepler comprova não só, que o sistema planetário é solar, e que todo sistema planetário é regido através de três leis: das orbitas elípticas, das áreas e dos períodos e essas três leis, embora não pareça no momento, mas possuem uma grande influência sobre a gravitação universal. (KUHN; 1972).

A Teoria de Newton, vem com base na anedota da maçã que caiu sobre sua cabeça, até hoje é base de discussão se é verdade ou não, mas uma coisa é irrefutável, que Newton usou a lua como base de constatação de sua experimentação, de que a Terra exercia uma força de atração sobre a lua, e que ela estava em constantemente em queda sobre a terra, e essa teria coloca em tese, que todo corpo celeste exerce uma força de atração para seu centro, porém ela não explicava o porquê de os astros exercerem essa força, ou até mesmo como essa força é criada. (SANTOS; DIAS; SOUZA; 2018), (ARTHURY; TERRAZZAN; 2018).

No Universo existe 4 forças elementares nuclear forte, nuclear fraca, eletromagnética e gravitacional, essas forças são a base de todo o universo, seja nos movimentos dos astros, ou até a energia que os move ou que eles fornecem, e dentre essas 4 forças elementares a gravitacional é a força responsável pela atração dos objetos, e essa atração é causada pela massa dos objetos. Galileu realizando alguns experimentos entendeu que a Terra possui uma força gravitacional de  $9,81 \text{ m/s}^2$ , e identificou a sua influência sobre os corpos. (SILAS).

A relevância desse estudo vem através do levantamento da evolução do conhecimento humano da gravitação universal e como os corpos reagem sobre sua força de atração, facilitando assim a sua compreensão, além de contribuir de forma qualitativa e quantitativa, com as publicações sobre o tema

Esse estudo tem como hipótese detectar a evolução histórica do conhecimento humano sobre a gravitação universal, tendo como base os estudos dos principais cientistas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Descrever a evolução do conhecimento humanos sobre a gravitação universal.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Identificar os principais cientistas a respeito da gravitação universal.

Relatar cronologicamente os cientistas e suas experimentações.

Manter uma abordagem superficial, especifica para alunos do ensino médio.

### 3. EMBASAMENTO TEÓRICO

Esse capítulo tem como objetivo desenvolver a temática em estudo, apresentando os aspectos histórico da gravitação, baseado nos conceitos de cada cientista envolvido diretamente e indiretamente, seguindo cronologicamente cada cientista e sua e suas opiniões.

#### 3.1. A TEORIA DE ARISTÓTELES

Nascido na Macedônia no ano de 384 a.C., Aristóteles foi um dos 3 pilares da filosofia grega junto com Platão e Sócrates. Teve como mestre Platão, estudando na academia de Platão quando jovem, Aristóteles foi um grande estudioso, suas ideias percorriam os *campos* da sistematização, metafísica, lógica, empirismo e exercendo participação na política e na ética de sua época, especula-se que Aristóteles produziu mais de 20 obras. Quando não concederam o cargo de Gestor da Academia de Platão, se mudou para Macedônia, fundou sua própria escola filosófica chamada Liceu, tendo um dos seus discípulos o filho do imperador Filipe, Alexandre, O Grande. (Porfirio,).

A ciência aristotélica, era toda baseada na filosofia e em observações cotidianas, desse modo é essencial entender que, para Aristóteles e a sua teoria de que o mundo é relativamente finito, e essa ideia filosófica de mundo, era fundamentada na natureza e como cada um dos quatro elementos naturais da terra, se posicionava para a construção Cósmica. (G. REALE, 1994).

A ideia de Aristóteles era que cada elemento “permanecia” em seu lugar natural e através da observação foi identificado que de acordo com o peso do elemento determinava o seu lugar de origem, sendo apenas alterado por uma força exercida sobre o objeto e na ausência dessa o elemento voltava ao seu lugar natural. Diante disso os elementos: terra e água, por possuírem uma natureza pesado encontravam-se no centro do universo e os demais elementos como ar e água, por serem mais leves ficam por cima da superfície, para Aristóteles e sua

construção cósmica tornava a terra o centro do universo, que também tinha uma ideia de um universo finito.(G. REALE, 1994).

### 3.2. A TEORIA DE CLAUDIO PTOLOMEU

Claudio Ptolomeu nasceu na época da dominação romana por volta dos anos 100, em Ptolemaide, Hérnia no Egito, viveu e trabalhou em Alexandria, e durante os anos 120 a 151 elaborou diversas anotações sobre astronomia, realizou diversas contribuições nas áreas da matemática, geografia e física. Desenvolveu um mapa através por meio de informações de viajantes dos mercadores romanos, e formulou assim a famosa teoria geocêntrica, sendo considerado um dos últimos grandes sábios gregos da antiguidade. (FRAZÃO, 2019).

Ptolomeu baseou a sua ideia em um sistema planetário diferente como descrevia em seu livro *Almagesto*, onde desenvolveu uma construção de modelagem das órbitas celeste por epiciclos deferente. Em seu livro Ptolomeu fala que os planetas giram em torno de um ponto imaginário, em diferentes ciclos em volta do centro do universo, onde cada planeta se posicionava em um *diferente*, ou seja um ciclo em volta do centro e os *epiciclos* são pequenos ciclos em volta do *diferente*, assim os planetas giram em torno desses *epiciclos* e ao mesmo seguindo a trajetória do seu *diferente*. O sistema planetário de Ptolomeu seguia a seguinte sequência: Terra posicionando-se no centro do universo, logo em seguida pela Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter, Saturno, portanto Ptolomeu acreditava em um Universo Geocêntrico. (LERNER, 1996).

Embora o trabalho de Ptolomeu seja um pouco diferente da teoria aristotélica em relação a matéria celeste e sua natureza, é notório perceber que existem bastantes convergência entre os dois trabalhos, onde ambos explicam um cosmo de uma maneira finita, descrevendo ~~que~~ a terra de forma central. (LERNER, 1996).

### 3.3. A TEORIA DE NICOLAU COPÉRNICO

Nascido em Torun na Polônia, no ano de 1473 Nicolau Copérnico, aos 18 anos entrou na universidade de Cracóvia, estudou matemática, medicina e astronomia, se tornou cônego da igreja católica por influência de seu tio. Estudou direito canônico na Universidade de Bolonha, foi desenvolvida uma torre em sua homenagem, “Torre de Copérnico”, local onde usou como a base de seu observatório, e posteriormente elaborou e desenvolveu a teoria que revolucionaria a terra. (Oliveira, 2010).

Nicolau Copérnico, com o seu livro *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (das revoluções das esferas celestes), surgiu uma nova ideia sobre o universo cosmológico e onde seria o seu centro e como os corpos celestes interagiam com ele. O seu livro só foi publicado trinta anos depois de feito, por razões políticas e religiosas, em seu leito de morte, por que sua ideia abalava a estrutura idealizada e já conceituada na época. (COPERNICUS, 1519).

A ideia central de Copérnico, é que não existia um centro singular para todos os corpos celestes, e que a terra, só exerce uma força gravitacional sobre a lua, e que os corpos celestes giram em torno do Sol, com isso o sol seria o centro do universo, tornando o sistema planetário heliocêntrico. Existia um movimento ilusório do sol, que é causado pelos movimentos de aproximação ou de distanciamento entre a terra e o sol, que ficaria estático no centro do universo. (COPERNICUS, 1519).

### 3.4. A TEORIA DE GALILEU GALILEI

Italiano, nascido em 1564 na cidade de pisa, Galileu Galilei quando criança destacou-se como um estudante exemplar no monastério de Santa Maria de Vallombrosa, em seguida seu pai incentivou a estudar medicina, na Universidade de Pisa, embora conta a vontade de seu pai Galileu resolveu abandonar o curso de medicina, para estudar matemática. Com o seu interesse pela astronomia e pela matemática, se tornou um dos mais importantes cientistas daquele século. Newton usou de base, o seu estudo para formular a lei da gravitação, e além de grandes teorias Galileu foi um grande inventor, e devido sua capacidade, passou a ministrar aulas na Universidade de Pisa. (GOUVEIA).

Galileu Galilei, considerado o pai da ciência moderna, e para muitas pessoas é estimado o primeiro físico da história, toda essa fama de Galileu foi adquirida por causa de seu método, que era baseado na física experimental, e isso foi revolucionário para sua época, pois até então os métodos aplicados para a explicação do universo, e de seus corpos celestes e de como os elementos da terra reagem a uma suposta força aplicada sobre ela, era tudo baseado na filosofia e metafísica, ou seja, através da observação. É relevante lembrar que Galileu inventou e aprimorou vários instrumentos, que são usados até hoje, tais como telescópios, microscópios, bússolas, lentes/ e termômetros, sendo que o mais famoso deles é o pêndulo. Considerado um grande astrônomo Galileu, defendeu a teoria do heliocentrismo idealizada por Nicolau Copérnico, que dizia que a terra girava em torno do sol, após defender essa teoria publicamente, Galileu foi alvo de muitas críticas e foi acusado de heresia pela igreja católica. (KOYRÉ, 2006), (GILBERT, 1600).

A teoria mais famosa de Galileu foi a dos movimentos dos objetos e de como eles reagem a uma força externa, o trabalho de Aristóteles afirma que todo corpo ou elemento natural, só sairia de sua origem natural quando aplicada uma força sobre ele, já de acordo com Galileu tem-se a teoria da inércia dos corpos ou objetos, idealizou que da mesma maneira que um corpo tendia a permanecer em repouso, também eles tendia a permanecer em movimento, e só aplicando-se uma força externa sobre o objeto, mudaria o estado primitivo do corpo. Com base nessa ideia, Galileu desenvolveu o teorema da velocidade média, onde conceitualizou que a velocidade instantânea é o deslocamento do objeto no tempo, ou seja, o deslocamento é igual a  $v \times t$ , onde  $v$  é a velocidade e  $t$  o intervalo de tempo. (DIAS, 1992).

A partir de suas experimentações como, quanto Galileu pegou dois objetos de massas diferentes, do alto de uma torre jogou ambos os objetos em direção ao chão, e também quando pegou uma bola e colocou em um plano inclinado, após esses experimentos, Galileu entendeu que existe uma força “gravitacional” de atração para o centro da terra, e que ele mesmo não conseguiu entender esse fenômeno. (GALILEI, 1632).

### 3.5. A TEORIA DE JOHANNES KEPLER

Nascido em dezembro de 1571, Kepler quando criança ficava doente com facilidade, e sua condição financeira era ruim. Formando na Universidade de Tübingen, acreditou na teoria Heliocêntrica, formulada por Copérnico e Galileu, Kepler escreveu os primeiros trabalhos quando ainda era professor da universidade de Graz, após deixar a universidade, trabalhou de auxiliar de Tycho Brahe. Com a morte de Brahe, Kepler passou a obter importantes dados realizados por ele, mediante a esses dados Kepler publicou o seu livro intitulado de “Astronomia Nova”, onde continha as duas primeiras leis de Kepler, anos mais tarde, Kepler publicou a sua obra chamada “Harmonia do Mundo“, onde explicava a relação da sua terceira lei. A vida de Kepler foi bastante conturbada, casou-se duas vezes, sua primeira esposa morreu junto com seus filhos, após contrair febre e varíola, e com sua segunda esposa teve bastante problemas financeiros. (SILAS).

Tycho Brahe foi um grande astrônomo, obtendo também vários instrumentos necessário para a observação astronômica, com isso ele coletou inúmeros dados do sistema solar, Tycho precisou de um assistente, foi quando ele convidou Johannes Kepler para trabalhar ao seu lado, inicialmente para solucionar o problema da trajetória de Marte, e por fim em 1609 resultou em uma Nova Astronomia. O estudo de Nicolau Copérnico em que o sol é o centro do universo e que todos os corpos celestes giram a sua volta, só foi concretizado quando Galileu passou a apoiar a sua teoria, e também quando Johannes Kepler publicou três leis que regem as orbitas celestes, e com isso concretizou mais ainda o heliocentrismo. (KUHN, 1957), (GILBERT, 1600).

Kepler inicialmente, com toda a base de dados de Tycho, e aprofundando-se mais, entendeu que Marte não transladava em torno do sol em um círculo perfeito, mas com uma orbita planetária elípticas, e com isso poderia ter não só um, mais dois focos centrais, onde o sol permaneceria sendo um desses pontos, Kepler percebeu e nomeou como Lei das áreas, que os planetas varre áreas iguais em intervalo de tempo iguais ao redor do sol, em seguida anos mais tarde e acrescenta outra ideia, onde o período ao quadrado ( $T^2$ ), da órbita celeste, que é proporcional ao raio ao cubo ( $R^3$ ) do planeta. (CURTIS, 1972).

### 3.6. A TEORIA DE ISAAC NEWTON

Nascido no ano de 1643 em Londres, Inglaterra, Newton foi físico, químico, matemático e mecânico, formou-se na universidade de Trinity, em Cambridge, onde passou a lecionar aula de ótica, teve como base os estudos de Copérnico, Galileu e Kepler, onde demonstrou os efeitos da mecânica e de como os planetas interagem sobre a gravitação, e assim identificou suas três leis universais, trabalhou junto com Leibniz, para a elaboração do cálculo diferencial e integral (DELECAVE, 2021).

Durante a grande Peste da Europa, com a Universidade fechada, Newton realizou experimentos em sua casa, onde identificou que a luz branca continha todas as luzes do arco-íris, diante seus estudos e realizações, a Rainha Anne, consagrou Newton como cavaleiro da coroa Britânica, em 1705, Newton não teve esposas-e também não teve filhos, sendo assim sua herança e seu legado, foi seus estudos e contribuições para a humanidade. (DELECAVE, 2021).

A teoria de Newton, foi a primeira a entender essa força gravitacional constante que é exercida sobre a terra, embora muitos desconsideram a veracidade da teoria, que Newton usou como base uma maçã caindo da árvore, para presumir toda a ideia da gravitação e de como os corpos agem sobre essa força, no entanto há confirmações que Newton usou como base de sua teoria a Lua, ele estudou o porquê a Lua nunca se afasta da Terra, e identificou que a Lua está constantemente caindo sobre a Terra, ou seja, a Terra faz uma força de atração sobre a Lua, anos mais tarde Newton percebeu que a Lua também exerce uma força de atração sobre a Terra, onde é explicado as mares altas e baixas. (NEWTON, 1726).

Em sua obra *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, onde Newton publicou os seus principais estudo da mecânica clássica, estabelecendo um aprimoramento o conhecimento dos efeitos natural mecanicista. Nesse seu livro, Newton enfatiza a *Lei da Gravitação Universal* onde é baseado em suas leis fundamentais. Para Newton deduzir uma fundamentação apoiando nas ideias de Kepler, Huygens e Galileu, onde conseguiu entender a inercia de um objeto e através de uma força extra mudará o seu movimento inicial, entendeu também a dinâmica fundamental de uma força, e principalmente a ação e reação dos objetos. Para Newton a Força Gravitacional nasce por meio das massas dos objetos ou corpos celestes, e é uma força atrativa e através de seus estudos entendeu que a Força Gravitacional diminui com o quadrado da distância dos objetos. (FRIEDMANN, 1922), (COHEN, 1981).

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1 TIPO DE ESTUDO**

Esse trabalho trata-se de uma revisão literária narrativa, que visa conceituar toda a história da gravitação universal e a sua interação dos corpos, detalhando os estudos de cada cientista que ajudou diretamente ou indiretamente para sua compreensão real, abordando ideia dos cientistas e destacaremos seus métodos e teorias cada ponto por ele abordado em sua época, sem o uso de anacronismos, ou seja, detalhar uma ideia fora de seu tempo construído. Foi utilizado diversos artigos científicos, onde foi realocado em seus devidos critérios, seja de inclusão ou exclusão, consequentemente nesses artigos, continha referências externa produzida por outros autores, e que foi devidamente alocada de acordo com a ABNT.

O estudo bibliográfico, consiste em uma revisão, seja, com ou sem comentários do autor de um determinado conteúdo: livros, peças, artigos ou documentos. A pesquisa bibliográfica, é dirigida praticamente por todos os estudos acadêmicos e são usados para concretizar a preparação de um referencial teórico que, guiará na construção da argumentação do trabalho, com isso, trazendo informações relevantes para embasar a pesquisa, gerando encontro de ideias e ajudando no aprofundamento do tema abordado.

### **4.2 LOCAL DE PESQUISA**

Para construção da requerida pesquisa, os periódicos serão retirados da base de dados SciELO, LILACS, CAPS com leitura previa de alguns artigos do Google acadêmico. Aplicado critérios de inclusão e exclusão estabelecidos pelo preponente da pesquisa.

### **4.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO**

Com o critério de inclusão serão utilizados, artigos completos, em língua portuguesa ou com traduções disponíveis. Será incluído trabalhos específicos de cada cientista que contribuíram para o conhecimento da gravitação universal, que continham a sua ideia inicial.

Foram excluídos trabalhos que continham opiniões anacrônicas sobre o cientista e sua ideia, além de trabalhos que contenham críticas em relação as ideias com exposições de opiniões dos estudiosos da época. Artigos que não tenham tradução para o português ou que não estejam disponíveis íntegra.

Serão excluídos trabalhos e abordagem que relacione Albert Einstein e a sua teoria da relatividade. Embora a teoria da relatividade é o conceito mais atual da gravitação, não será utilizado nesse trabalho, pois a abordagem de Albert Einstein requer um entendimento mais aprofundado de toda a física e esse trabalho visa obter um entendimento simplificado sobre a gravitação universal.

#### 4.4 PERCURSO METODOLÓGICO

Mediante a pesquisa com as seguintes palavras chaves Gravitação Universal, Ensino de física, Abordagem histórica e após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão foram encontrados e usados 20 (vinte) artigos de auxílio para a ideia e conclusão desse trabalho, onde recolhemos de diferentes bancos de dados: 10 (dez) artigos da SciELO, 3 (três) da LILACS, 4 (quatro) da CAPS e 3 (três) do Google acadêmico.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela a seguir descreve todos os cientistas de forma cronológica, nomeando seus experimentos e descrevendo os materiais utilizados com um intuito de comprovarem suas respectivas afirmações sobre a gravitação universal.

Tabela 1 – Identificação cronológica dos principais cientistas e suas experimentações sobre a gravidade universal

| <b>Cientista</b>         | <b>Nascimento / Morte</b> | <b>Teoria</b>           | <b>Material</b>                                                                 | <b>Descrição</b>                                                                                                 | <b>Autor</b>        |
|--------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Aristóteles</b>       | 384 a.C. / 322 a.C.       | A Física Aristotélica   | Filosofia e também através da observação de como os 4 elementos de comportavam. | A firmava que todos os corpos se movem em direção ao seu lugar natural.                                          | (Porto, 2010)       |
| <b>Claudio Ptolomeu</b>  | 90 d.C. / 168 d.C.        | Geocentris mo           | “sistema terrestre”                                                             | Constava que a terra era o centro do universo e os astros giravam em sua volta.                                  | (Souza et al, 2022) |
| <b>Nicolau Copérnico</b> | 1473 / 1543               | Heliocentris mo         | Sistema solar                                                                   | Consta que o sol é o centro do universo e os corpos giram em sua volta.                                          | (Porto, 2019)       |
| <b>Galileu Galilei</b>   | 1564 / 1642               | Lei da queda dos corpos | Dois corpos do alto de uma torre                                                | Galileu propôs que a velocidade de corpos em queda era determinada pela gravidade, não pelo peso de cada objeto. | (Dias, 2004)        |

|                        |             |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                          |
|------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| <b>Johannes Kepler</b> | 1571 / 1630 | Provou o Sistema Solar e como movimento as orbitas giram em elíptico em todos do sol. to no do sol.                  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. A primeira lei afirma que os planetas do sistema solar giram ao redor do sol e descreve órbitas elípticas, aproximadamente circulares.</li> <li>2. A segunda lei demonstra que a velocidade do movimento se adapta à posição do planeta na curva elíptica de modo uniforme, ainda que não constante.</li> <li>3. A terceira lei estabelece uma proporção fixa entre o raio da órbita e o tempo que o planeta leva para descrevê-la.</li> </ol> | (Tossato et al, 2010)    |
| <b>Isaac Newton</b>    | 1643 / 1727 | A constante queda da lua em relação a terra. velocidade da queda de um copo é proporcional ao quadrado da distância. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Primeira Lei de Newton: Princípio da Inércia</li> <li>2. Segunda lei de Newton: Princípio da Dinâmica</li> <li>3. Terceira Lei de Newton: Princípio da Ação e Reação</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                | (Ferreira, et al, 2021 ) |

**Fonte:** Elaborada pelo próprio autor.

A teoria aristotélica é fundamentada na finidade do cosmo, estando relacionada nos quatro elementos empíricos da terra e de como eles se comportam no meio. Ao mesmo tempo que essa ideia aristotélica serviu de base para outros cientistas que agregaram com novos

conceitos, embora alguns deles ia de encontro a base aristotélica e dessa forma a teoria do cosmo de Aristóteles cairia por terra, e com isso as ideia de Galileu Galilei, que passou a idealizar através do experimentalismo desenvolvendo uma lógica-filosófica da física, mostrando a incoerência da logica aristotélica, que se mostrou ineficaz.( KOYRÉ, 1992).

A ideia de Ptolomeu, de que a terra é o centro do universo, teve apoio dos cientistas, acadêmicos e da igreja católica, e por muitos séculos o seu livro *Almagesto* foi irrefutável, tendo uma base matemática, trigonométrica e astronômica era bastante reconhecida na comunidade científica, influenciando muito astrônomos e matemáticos por muitos séculos. A ideia de Copérnico, junto com o apoio de Galileu e a teoria de Kepler fizeram com que todo o Modelo lunar de Ptolomeu fosse refutado, mas é preciso destacar que toda a teoria de Ptolomeu, era baseado na teoria aristotélica. (DREYER, 1953).

A ideia de Nicolau Copérnico, conhecido por muito como autor da “A Revolução Copernicana” foi considerando um dos grandes marcos na história da cultura moderna, pois até então a teoria vigente de Ptolomeu fazia com o que a terra fosse imóvel e assim sendo o centro do universo, já Copérnico com sua teoria falava que o centro seria o sol, como sua ideia mudava tradições centenárias da igreja católica, do cristianismo e até mesmo a política, sua teoria precisou do apoio de Galileu Galilei e de Johannes Kepler para ganhar notoriedade na comunidade científica e com isso a ideia de Ptolomeu foi substituída pela de Copérnico. (PORTO, 2019).

Galileu Galilei é o patrono da astronomia moderna, suas ideias faziam com que toda a teoria de Aristóteles caísse por terra, idealizando o conceito de inercia, que partindo do referencial específico os objetos podem permanecem parados ou em movimentos de acordo com a velocidade da terra e também inserindo o experimentalismo no processo científico. Galileu foi condenado pela igreja católica por apoiar a teoria heliocêntrica de Copérnico, foi um dos inspiradores de Newton. (PORTO et al; PORTO, 2009).

A astronomia de Kepler só foi possível por causa do apoio de Tycho Brahe, pois embora Kepler tinha um grande conhecimento, era possível efetua-lo sem os materiais de Brahe. A suposição de Copérnico mantendo o Sol estacionado no centro do Universo foi a grande base para seus estudos, dando ênfase a primeira e segunda lei, no qual as órbitas são elípticas e que o sol ficava em um desses ponto (1º LEI), e também as proporções das áreas e tempos em que os astros percorre (2º LEI), todas essas estruturas teóricas foi usada de base para o estudo de

Isaac Newton que outrora passou a formular toda a base teórica da Gravitação Universal. (TOSSATO & P. R. MARICONDA, 2010).

A chamada física newtoniana é entendida através da chamada força gravitacional, que é uma força atrativa que os corpos através de sua massa exercem sobre outros corpos, usando como base os trabalhos de Galileu Galilei e Johannes Kepler. A anedota de que Newton passou a estudar a gravitação universal por que viu uma maçã caindo da árvore é um pouco contraditória, mas uma coisa é irrefutável, que Newton usou como base de seu trabalho a força de atração que a terra exerce sobre a lua, e de como ela está em uma constante queda sobre a terra. (COSTA, 2017).

Como já foi dito esse trabalho tenta abordar a ideia da gravidade para que alunos do ensino médio possa analisar e compreender e até mesmo conceituar a gravitação universal. Diante isso, após a teoria newtoniana a gravitação teve bastante alterações, como a teoria da relatividade do Albert Einstein, e também uma possível atualização que seria a partícula Gráviton, que representa a gravidade no modelo padrão e assim obter uma teoria unificada de todos as quatro forças elementares do universo. Com base em um dos objetivos desse trabalho opta-se por não colocar a teoria de Einstein e também a possível teoria do modelo padrão e sua partícula Gráviton, pois requerem um conhecimento avançado o que iria de encontro a um dos objetivos específicos estabelecidos.

## 6. CONCLUSÃO

Obteve-se êxito na descrição das obras e detalhamento das experiências de cada cientista de forma cronológica, mantendo uma abordagem simples, para que os alunos do ensino médio possam entender todo o processo histórico e conceitual da gravitação universal. Pode-se concluir que houve uma grande evolução do conhecimento humano a respeito da gravitação universal, embora alguns cientistas junto com suas teorias e experimentações conseguiram refutar as ideias de outros teóricos, mas é notório destacar a importância de cada um desses cientistas, seus conceitos e contribuições, assim identificando não um erro dos teóricos refutados, mas sim um conhecimento ou pensamento limitado do cientista na sua linha temporal.

É comum os professores do ensino médio não abordar todo o processo histórico e o avanço científico mostrando que a chave da evolução humana é o conhecimento, seja esse motivo pelo cronograma escolar limitado em relação ao quantitativo de aulas ou por falta de motivação, mas é importante que os professores de física do ensino médio entendam todo esse processo histórico da gravitação para que os alunos possam analisar e aprender a evolução da teoria da gravitação universal ao longo da história, desde as suas primeiras formulações e contribuições dos antigos gregos até as colaborações de Isaac Newton, explorando a relação entre a teoria da gravitação universal e a cosmologia, para um avanço do conhecimento do aluno.

## REFERÊNCIAS

ARISTÓTELES, *Metafísica*, £8, 1050, b 20-27, p. 384.

COHEN H.F., *The Scientific Revolution* Disponível em:

<[https://monoskop.org/images/1/13/Shapin\\_Steven\\_The\\_Scientific\\_Revolution.pdf](https://monoskop.org/images/1/13/Shapin_Steven_The_Scientific_Revolution.pdf)>

Acesso em: 21 de dezembro de 2022.

COHEN I.B., *Scientific American* (1981).

COPERNICUS N., *Commentariolus* (Livraria da Física, São Paulo, 2003).

CURTIS W., *Scientific American*, 226, 93 (1972).

DELECAVE, Bruno. "A vida de Newton"; Disponível em:

[http://www.invivo.fiocruz.br/historia/a-vida-de-](http://www.invivo.fiocruz.br/historia/a-vida-de-newton/#:~:text=Isaac%20Newton%20nasceu%20em%204,meses%20antes%20do%20filho%20nascer)

[newton/#:~:text=Isaac%20Newton%20nasceu%20em%204,meses%20antes%20do%20filho%20nascer](http://www.invivo.fiocruz.br/historia/a-vida-de-newton/#:~:text=Isaac%20Newton%20nasceu%20em%204,meses%20antes%20do%20filho%20nascer). Acesso em 10 de janeiro de 2023.

DREYER, L.E., *A history of astronomy from Thales to Kepler*, Disponível

em: <[http://www.mathship.com/900/Astronomy/Dreyer-](http://www.mathship.com/900/Astronomy/Dreyer-AHistoryOfAstronomyFromThalesToKepler1953.pdf)

[AHistoryOfAstronomyFromThalesToKepler1953.pdf](http://www.mathship.com/900/Astronomy/Dreyer-AHistoryOfAstronomyFromThalesToKepler1953.pdf)> Acesso em: 21 de março de 2023.

FRIEDMANN A., (*Zeitschrift fur Physik* 10,377-386 [1922])

Disponível em: <[https://cosmology.education/documents/friedmann\\_1922.pdf](https://cosmology.education/documents/friedmann_1922.pdf)> Acesso em: 21 de dezembro de 2022.

FRAZÃO, Dilva. Disponível em: [https://www.ebiografia.com/claudio\\_ptolomeu/](https://www.ebiografia.com/claudio_ptolomeu/). Acesso em 09 de janeiro de 2023.

GALILEI G. *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*, 1632

GILBERT W., *De Magnete*, Disponível em: <<https://www.new-science-theory.com/william-gilbert-de-magnete.pdf>> Acesso em: 21 de dezembro de 2022.

GOUVEIA, Rosimar. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/galileu-galilei/>.

Acesso em 09 de janeiro de 2023

JÚNIOR, Joab Silas da Silva. "Johannes Kepler"; Brasil Escola. Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/johannes-kepler.htm>. Acesso em 10 de janeiro de 2023

KOYRÉ A., *Do Mundo Fechado ao Universo Infinito*, Disponível em:

<<https://fpa2014.files.wordpress.com/2014/01/koyrc3a9-alexandre-do-mundo-fechado-ao-universo-infinito.pdf>> Acesso em: 21 de dezembro de 2022.

KUHN T.S., *The Copernican Revolution* Disponível em:

<<https://fpa2014.files.wordpress.com/2014/01/kuhn-thomas-s-the-copernican-revolution.pdf>> Acesso em: 21 de dezembro de 2022.

NEWTON, *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*

OLIVEIRA, Catarina. Disponível em: <https://www.infoescola.com/biografias/nicolau-copernico/>. Acesso em 09 de janeiro de 2023.

PORFÍRIO, Francisco. "Aristóteles"; Brasil Escola. Disponível em:

<https://brasilescola.uol.com.br/filosofia/aristoteles.htm>. Acesso em 09 de janeiro de 2023.

PORTO, C. M., *A Revolução Copernicana: aspectos históricos e epistemológicos*, Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/fJNPZmsCN6ZXdJdKfwBDy5r/?lang=pt>> Acesso em: 29 de março de 2023.

PORTO C. M. e PORTO M.B.D.S.M., *A Revolução Copernicana: aspectos históricos e epistemológicos*, Disponível

em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/KmH6PRLNwhVd4gCchSkDLzb/?lang=pt>> Acesso em: 29 de março de 2023

REALE G., ANTISERI D., *História Da Filosofia Antiga*

Disponível em: <<https://marcosfabionuva.files.wordpress.com/2012/04/reale-g-antiseri-d-historia-da-filosofia-vol-2.pdf>> Acesso em: 21 de dezembro de 2022.

TOOMER G.J., *Ptolemy's Almagest* Disponível em:

<[https://wisdomhomeschooling.com/images/courses/content/ClassicAstronomy/Ptolemys\\_Almagest\\_Excerpts\\_-\\_Ptolemy\\_Claudius\\_Toomer\\_G\\_5114.pdf](https://wisdomhomeschooling.com/images/courses/content/ClassicAstronomy/Ptolemys_Almagest_Excerpts_-_Ptolemy_Claudius_Toomer_G_5114.pdf)> Acesso em: 21 de dezembro de 2022.

VELÁSQUEZ-TORIBIO A.M. e OLIVEIRA M., *Discutindo o modelo de Ptolomeu e sua equivalência com o modelo de Copérnico*, Disponível

em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/wBQvM9ZrKZR9zJ9T8CPcHCP/abstract/?lang=pt>> Acesso em: 21 de dezembro de 2022.