

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
CURSO DE GRADUAÇÃO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

Antonio Branco

BREVES NOÇÕES SOBRE AS BASES FILOSÓFICAS E METAFÍSICAS DO  
PENSAMENTO NEWTONIANO

Maringá, Paraná

Abril de 2023

Antonio Branco

BREVES NOÇÕES SOBRE AS BASES FILOSÓFICAS E METAFÍSICAS DO  
PENSAMENTO NEWTONIANO

Monografia apresentada como parte da  
avaliação para obtenção do título de  
Licenciado em Física ao Departamento de  
Física – UEM.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Gardelli

Maringá, Paraná

Abril de 2023

BREVES NOÇÕES SOBRE AS BASES FILOSÓFICAS E METAFÍSICAS DO  
PENSAMENTO NEWTONIANO

Monografia apresentada como parte da  
avaliação para obtenção do título de  
Licenciado em Física ao Departamento de  
Física – UEM.

Aprovado em 03/04/2023

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Daniel Gardelli (Presidente) – Universidade Estadual de Maringá

---

Prof. Dr. Luciano Carvalhais Gomes – Universidade Estadual de Maringá

---

Profa. Dra. Lidiane Vizioli de Castro Hoshino – Universidade Estadual de Maringá

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho a minha amada Stella que manteve minha sanidade nesses quatro anos de graduação, e minha mãe que me apoiou em todos os momentos dos últimos anos, e é claro aos meus professores que serviram de catalisador na busca incessável por conhecimento.

## **Agradecimentos**

Agradeço:

Primeiramente a minha mãe Juliana por todo o apoio ao longo dos últimos anos, por sempre me motivar aos estudos e a seguir os meus sonhos, pelas valiosas lições que me deu ao longo da vida, mesmo que muitas delas não tenham sido intencionais.

Ao meu orientador Prof. Dr. Daniel Gardelli, por ter aceitado me orientar e por sua valiosa contribuição na minha graduação, em especial suas aulas de História da Física e Epistemologia da Ciência que foram o catalisador para este trabalho, e que despertaram meu interesse em ler os clássicos. A ele expresso meu respeito.

Aos meus amigos, novos e antigos, que fizeram parte dessa caminhada e que foram o principal motivo para ter mantido minha sanidade e não ter me isolado por completo.

Aos professores da Universidade Estadual de Maringá que fizeram parte dessa jornada, por toda a raiva, sofrimento e alegria que me fizeram passar ao longo desses quatro anos, pois assim pude superar os obstáculos que haviam no caminho.

A todos meus mais sinceros agradecimentos

## Resumo

Ao serem introduzidos aos estudos da Física, os alunos do Ensino Médio se deparam primeiramente com a chamada Mecânica Newtoniana, e abordam seus aspectos matemáticos e experimentais, porém, a base do pensamento newtoniano não é estudada e nem sequer mencionado, com esse trabalho iremos definir e estudar os conceitos de Espaço, Tempo, Massa e Movimento da forma como foram originalmente definidos por Newton nos *Principia*. Realizaremos a associação desses conceitos com a concepção newtoniana de Deus. Mostraremos a justificativa de Newton para a causa da gravidade na forma da matéria etérea. E mostrar que embora a mecânica seja de fato uma área extremamente empírica e matemática, ela necessitou de uma base filosófica metafísica para poder ser desenvolvida. Para escrever esse trabalho utilizamos materiais escritos por grandes pesquisadores de História da Ciência, como Alexandre Koyré, Edwin Arthur Burt e Ernan McMullin, juntamente com materiais de grandes filósofos como Voltaire, Samuel Clarke e Leibniz.

**Palavras-chaves:** História da Ciência, Newton, Metafísica de Newton, Éter.

## **Abstract**

When being introduced to studies of Physics, the high-school students at first face the so called Newtonian Mechanics, and study its mathematical and experimental aspects, although, the basis of the Newtonian Thought, is never to be seen, with this work we intend to study the concepts of space, time, matter and movement in the way they were defined by Newton in the *Principles*. Realize the association of this concepts with the Newtonian conception of God. Debate the justification that Newton gives to aetherium matter as cause of gravity. And show that even if mechanics are a mathematical and empirical field of knowledge, it needed a philosophical and metaphysical basis so it could be developed. To write this thesis we used materials written by great researches of History of Science, like Alexandre Koyré, Edwin Arthur Burt and Ernan McMullin, alongside with materials of great philosophers like Voltaire, Samuel Clarke and Leibniz.

**Key-Words:** History of Science, Newton, Newton's Metaphysic, Aether.

## Lista de Figuras

Figura 1: Etapas do Movimento para o Balde de Newton.....	24
Figura 2: Refração da luz no éter.....	38
Figura 3: Éter como causa da interação gravitacional.....	38

## Sumário

Lista de Figuras.....	viii
Introdução .....	11
Filosofia da Natureza e Metafísica.....	11
Método de Estudo de Newton.....	11
1 Princípios Filosóficos de Filosofia Natural.....	16
1.1 Massa e Inércia.....	16
1.2 Tempo, Espaço e Movimento.....	18
2 O Experimento do Balde de Newton.....	23
3 O Deus de Newton.....	28
4 O Éter Newtoniano.....	34
Considerações Finais.....	43
Notas.....	45
Referências.....	46

“Eu não sei como eu posso parecer ao mundo, mas para mim, eu pareço ser apenas como uma criança brincando na beira do mar, divertindo-me e encontrando um seixo mais liso ou uma concha mais bonita do que o ordinário, enquanto o grande oceano da verdade permanece todo inexplorado diante de mim.”

Sir Isaac Newton

## Introdução

### Filosofia da Natureza e Metafísica

A Filosofia da Natureza é uma expressão usada para descrever o estudo da natureza, tanto do ponto de vista empírico e experimental como do ponto de vista filosófico e metafísico. Podemos associar o que chamamos hoje de Física como sendo a sucessora da Filosofia Natural, tanto é, que o título do *Principia* de Newton é *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural*. Portanto a Filosofia da Natureza na concepção de Newton nada mais é do que o estudo e observação dos fenômenos naturais e a partir disso descrevê-los matematicamente.

A expressão Metafísica pode ser associada diretamente a Aristóteles (384 a.C – 322 a.C), o qual se referenciava a essa expressão como sendo “Sabedoria” ou “Filosofia Primeira”. Sampaio da Silva (2016) explica que Aristóteles classificou a Filosofia Primeira de quatro formas, primeiro como sendo o estudo das causas e dos princípios primeiros e supremos. Segundo como estudo do Ser enquanto ser (buscando o significado do “ser”), terceiro, a pesquisa das entidades estruturantes da realidade. Por fim como um estudo teológico, ao estudar entidades não corpóreas, as quais podem ser a explicação para aquilo que existe.

### Método de estudo de Newton

Para o mais apressado estudante de Newton, é óbvio que ele era tão ativamente empírico como matematicamente perfeito (BURTT, 1983), ele se mostrou um exímio experimentador (SAPUNARU, 2006) e defendia que a experimentação deveria acompanhar todo o processo de demonstração de obtenção das leis que descrevem os fenômenos naturais, tal como deixa claro no prefácio dos *Principia*:

*[...]ofereço esse trabalho como os princípios matemáticos da filosofia, pois toda a essência da filosofia parece constituir nisso – a partir dos fenômenos do movimento, investigar as forças da natureza e, então dessas forças demonstrar os outros fenômenos; e para esse fim dirigem-se as proposições gerais no primeiro e segundo Livros. No terceiro Livro dou um exemplo disso na explicação do*

*Sistema do Mundo; pois pelas proposições matematicamente demonstradas no Livros anteriores, no terceiro derivo dos fenômenos celestes as forças da gravidade com os quais os corpos tendem para o Sol e para os vários planetas. Então dessas forças, por outras proposições que também são matemáticas, deduzo os movimentos dos planetas, dos cometas, da Lua e do mar. [...], os filósofos até agora tem tentado em vão a investigação da Natureza; mas espero que os princípios aqui expostos tragam alguma luz, seja a esse ou a algum outro método mais verdadeiro de filosofar.<sup>1</sup>*

Para Newton a experimentação não era apenas uma forma de comprovar a demonstração matemática, mas a parte mais importante de seu método, tal como declara Edwin Burtt:

*Não é demais afirmar que, para Newton, a matemática era unicamente um método para a solução de problemas apresentados pela experiência perceptível. Era pouco interessado em raciocínios matemáticos que não fossem destinados à aplicação em problemas físicos; essencialmente, considerava-os um instrumento útil na redução de fenômenos físicos.<sup>2</sup>*

Raquel Sapunaru (2006) ainda declara que a base experimental foi o fundamento da epistemologia newtoniana e estava extremamente relacionada à sua Metafísica e que Newton não fazia distinção entre Metafísica e Filosofia Natural.

Em defesa de seu caráter empírico e experimental Newton realiza um ataque às chamadas hipóteses. Alexandre Koyré (1965) define as hipóteses como sendo termos de caráter não unívocos que podem ter uma gama enorme de significados, que podem ser correlacionados uns com os outros e que irão atenuar ou suprimir a proposição em questão. As hipóteses não possuem caráter empírico, são suposições adotadas para permitir explicar certas situações. Newton se concentra nas propriedades a partir dos fatos, e estas ele insistiu em distinguir, de forma absoluta das hipóteses (BURTT, 1983). Essa constatação pode facilmente ser observada logo no primeiro parágrafo do primeiro volume dos *Óptica*. “*Meu objetivo nesse Livro não é explicar as Propriedades da Luz através de Hipóteses, mas para propô-las e as comprovar por meio de argumentos e experimentos*”<sup>3</sup>

Em *O Sistema do Mundo*, terceiro e último livro dos *Principia*, Newton define uma regra para lidar com as hipóteses:

*Na filosofia experimental devemos considerar as proposições inseridas pela indução geral e a partir dos fenômenos como precisamente ou muito aproximadamente verdadeiras, apesar de quaisquer hipóteses contrárias que possam ser imaginadas, até o momento em que outros fenômenos ocorram pelos quais elas possam ou ser tornadas mais precisas, ou fiquem sujeitas a exceções.*

*Temos que seguir essa regra para que o argumento da indução não seja iludido por hipóteses.<sup>4</sup>*

Esse trecho deixa claro que a percepção por meio da experimentação e proposições é deveras mais importante que as hipóteses, mesmo se essas hipóteses forem contrárias ao resultado do experimento. Nenhuma dedução de um princípio aceito, não importa quão geral ou quão claramente proveniente de fenômenos passados, pode portanto, passar por absoluta ou fisicamente certa sem verificação experimental cuidadosa e contínua (BURTT, 1983).

Embora Newton seja contrário à utilização de hipóteses, o mesmo admitia seu uso, desde que aplicado em situações adequadas, isso fica evidente em um trecho de uma carta de Newton para Oldenburg, o trecho em questão foi retirado do livro *Newton's Philosophy of Nature: Selection from His Writings* (1ª Edição 1953), de H. S. Thayer e John Herman Randall.

*[...] O melhor e mais seguro método de filosofar aparenta ser, primeiro, investigar minuciosamente as propriedades das coisas e estabelecer essas propriedades por meio de experimentos, e proceder depois para hipóteses para a explicação das próprias coisas. Visto que as hipóteses devem ser aplicadas apenas nas explicações das propriedades das coisas, e não em determina-las; exceto apenas se elas fornecerem experimentos. Caso alguém forneça conjecturas sobre a verdade das coisas, meramente pela possibilidade de hipóteses, eu não vejo como estipular pode determinar algo certo em qualquer ciência; sendo que um ou outro conjunto de hipóteses pode ser inventado para suprimir novas dificuldades. Portanto julgo que se deva abster de contemplar hipóteses, a partir de argumentação imprópria[...]<sup>5</sup>*

Mas ainda resta uma pergunta: É possível explicar as leis dos movimentos, o funcionamento do mundo sem se utilizar de proposições metafísicas? Para responder a essa pergunta, Burt (1983) menciona a posição central do Positivismo, onde se afirmam que é possível chegar-se a verdades sem pressupor-se qualquer teoria sobre sua natureza fundamental

ou, mais simplesmente, é possível ter-se um conhecimento correto de uma parte sem saber a natureza do todo. Porém, o que seria a “natureza fundamental” ou a “natureza do todo”? “A tentativa de escapar da metafísica trará postulados metafísicos altamente significativos.”<sup>6</sup>

*[...]suas explorações científicas, para a corrente geral de opinião inteligente da Europa foi aceita sem discussão, porque insinuava, sem argumentos defensivos e, tomando emprestado uma não-questionada certeza da clara demonstrabilidade dos teoremas mecânicos ou ópticos aos quais estava ligada, tornou-se o cenário permanente para todos os desenvolvimentos adicionais importantes na ciência e filosofia. Realizações magníficas, irrefutáveis, conferiram a Newton uma autoridade sobre o mundo moderno, que, sentindo ter-se livrado da metafísica através de Newton, o positivista, tornou-se acorrentado e controlado por uma metafísica muito mais definida através de Newton[...]*<sup>7</sup>

Mesmo que na maior parte dos Princípios Matemáticos de Filosofia Natural, Newton tivesse restringido sua abordagem filosófica ao mundo natural, isto não significou, de modo algum, que ele tivesse desprezado a Metafísica, a Teologia e a inspiração dos textos da Antiguidade e no neoplatonismo clássico (SAPUNARU, 2006). Principalmente nas mãos de Newton a Metafísica pode se desenvolver de forma oculta e quase que imperceptível, nas sombras da magnífica natureza experimental e matemática de seus trabalhos, porém suas proposições metafísicas se tornaram os alicerces para o desenvolvimento da Física a partir do século XVII.

*Até aqui estabeleci as definições dos termos acima do modo como eles são menos conhecidos e expliquei o sentido no qual eles devem ser entendidos no que segue. Não defino tempo, espaço, lugar e movimento por serem bem conhecidos de todos. Contudo, admito que o leigo não concebe essas qualidades sob outras noções, exceto a partir das relações que guardam com objetos perceptíveis. Daí surgem certos preconceitos, para a remoção dos quais será conveniente distingui-las entre absolutas e relativas, verdadeiras e aparentes, matemáticas e comuns.*<sup>8</sup>

Raquel Sapunaru (2006) ainda declara que a base experimental foi o fundamento da epistemologia newtoniana e estava extremamente relacionada à sua Metafísica e que Newton não fazia distinção entre Metafísica e Filosofia Natural. Para desenvolver seu trabalho, Newton sugere concepções que estavam bastante além do seu alcance de verificação experimental e

perceptível, tudo isso no corpo principal do seu trabalho clássico (BURTT, 1983). Nos próximos capítulos deste trabalho iremos debater a respeito dos conceitos metafísicos presentes nas obras de Newton.

## 1 Princípios Filosóficos de Filosofia Natural

*O importante a ser observado é que aqui, também, seu experimentalismo o deserda consideravelmente; ele sugere concepções que estavam bastante além do alcance de verificação experimental e perceptível, tudo isso no corpo principal do seu trabalho clássico.<sup>9</sup>*

### 1.1 Massa e Inércia

*[..]A tradição filosófica que teve maior influência no jovem Newton colocava-o ao invés de ‘matéria é um princípio passivo e não pode mover a si mesmo’, uma teoria que aparecia com frequência em seus trabalhos. Aparentava com frequência que ‘matéria’ era para ele, por definição, o princípio passivo dos sistemas mecânicos, ‘aquilo que é movido’. Se algo possuía dentro de si mesmo uma fonte de atividade, não pode ser apenas ‘matéria’, ele aparentava dizer; precisa haver outro princípio, um ‘princípio ativo’ distinto (embora não necessariamente fisicamente separado) da matéria envolvida.<sup>10</sup>*

O conceito de “massa” é algo que leva a grandes debates e diversas definições complexas. Para Galileu e Huygens, massa foi um equivalente de peso, e para Descartes que via o movimento como um conceito matemático em geral, a redução de todas as variedades de movimento a fórmulas exatas não foi considerada (BURTT, 1983), tais como analisar os efeitos da massa de cada corpo no movimento.

*O fato fundamental da natureza física que tornou a mecânica cartesiana inadequada foi o de dois corpos equivalentes geometricamente poderem mover-se diferentemente quando colocados em relações idênticas com outros mesmos corpos. Descartes com efeito tinha consciência deste fato, mas, em vez de tentar reduzi-lo matematicamente, ele escolheu escondê-lo sob a atração especulativa da teoria dos vórtices.<sup>11</sup>*

O repouso e o movimento já haviam sido definidos antes de Newton. Em seu livro *De motu corporum ex percussione* (1ª Edição, 1703), Huygens define como Hipótese I: “Um corpo

*em movimento, quando não encontra nenhum obstáculo, tende a mover-se perpetuamente com a mesma velocidade e em linha reta”* (Koyré, 1965, tradução do autor). Sendo essa hipótese definida primeiramente por Galileu, e sendo ainda hoje a Primeira Lei do Movimento.

A grande questão foi explicar essa mudança no estado de movimento, não de forma especulativa hipotética, mas de forma quantitativa exata. Newton observou que sob ação de diferentes forças corpos distintos podiam adquirir estados de movimento diferentes, mantendo seu estado original, ou entrar em estados acelerados diferentes. Para explicar esse fenômeno Newton introduz o que viria a ser conhecido como princípio da inércia:

*A vis insita, ou força inata da matéria, é um poder de resistir, através do qual todo o corpo, no que depende dele, mantém seu estado presente, seja ele de repouso ou de movimento uniforme em linha reta.*<sup>12</sup>

Além da função de conservar movimento, é dada à *vis insita* uma segunda função, descrita como o poder de resistir (McMullin, 1978). Esse poder atuando quando uma força age de forma a mudar o estado de movimento do corpo.

*[...]A partir da natureza inerte da matéria, um corpo não tem seu estado de repouso ou movimento facilmente alterado. Nesse sentido, essa vis insita pode, por um nome mais apropriado, ser chamada de **inércia (vis inertiae)** ou força de inatividade. Mas um corpo só exerce essa força quando outra força imprimida sobre ele, procura mudar sua condição; e o exercício dessa força pode ser considerado tanto como resistência quanto como impulso; resistência na medida em que, para conservar seu estado, o corpo opõe-se à força imprimida; e impulso na medida em que o corpo, não cedendo facilmente a força imprimida por um outro, esforça-se para mudar o estado deste outro corpo. [...]*<sup>13</sup>

Em relação a *vis inertiae* Burt (1983) declara:

*[...]Quando falamos de corpos como massa, queremos dizer que, além das características geométricas, eles possuem esta qualidade mecânica de vis inertiae. É óbvio pelo acima mencionado que força e massa são termos inteiramente correlativos, mas uma vez feita a descoberta da massa, tornou-se fácil definir a força em termos de massa, e não vice-versa, uma vez que a força é invisível, enquanto uma massa padrão é um objeto físico que pode ser percebido e usado. [...]*<sup>14</sup>

Newton define massa, utilizando-se do termo matéria, no primeiro parágrafo do *Principia*: “*A quantidade de matéria é a medida da mesma, obtida conjuntamente a partir de sua densidade e volume.*”<sup>15</sup> Sendo essa a relação massa, densidade e volume utilizada até os dias atuais.

Além de definir matéria, Newton defendia que a mesma podia ser transformada. Seus primeiros trabalhos em alquimia asseguram-lhe a convicção na doutrina da unidade e transformabilidade da matéria, a qual defendeu até o fim, e que aparece em seus trabalhos publicados, como na primeira edição dos *Principia* (1687): “Qualquer corpo pode ser transformado em outro, de qualquer tipo e todos os níveis intermediários de características podem ser induzidas ao mesmo.” (RODRIGUES, 1988).

## 1.2 Tempo, Espaço e Movimento

No escólio do primeiro livro dos *Principia*, Newton nos apresenta os conceitos de tempo e espaço:

*I – O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si mesmo e por sua própria natureza, flui uniformemente sem relação com qualquer coisa externa e é também chamado de duração. O tempo comum aparente e relativo é uma medida de duração perceptível e externa (seja ela exata ou irregular) que é obtida por meio de movimento e que é normalmente usada no lugar do tempo verdadeiro, tal como uma hora, um dia, um mês, um ano.*<sup>16</sup>

*II – O espaço absoluto, em sua própria natureza, sem relação com qualquer coisa externa, permanece sempre similar e imóvel. O espaço relativo é alguma dimensão ou medida móvel dos espaços absolutos, a qual nossos sentidos determinam por sua posição com relação aos corpos, e é comumente tomado por espaço imóvel; assim é a dimensão de um espaço subterrâneo, aéreo ou celeste, determinado pela sua posição com relação a terra. Espaços absolutos e relativos são os mesmos em configuração e magnitude, mas não permanecem sempre numericamente iguais. Pois, por exemplo, se a Terra se move, um espaço do nosso ar, o qual relativamente a*

*Terra permanece sempre o mesmo, será em algum momento parte do espaço absoluto no qual o ar passa; em outro momento será outra parte do mesmo, e assim, com certeza, estará continuamente mudando.*<sup>17</sup>

A partir dos dois trechos dos *Principia* mencionados acima, fica clara a diferença entre os conceitos absolutos e relativos. As noções absolutas são infinitas, homogêneas, entidades contínuas, independentes de qualquer movimento ou objeto pelo qual tentemos medi-los, em que o tempo flui por toda a eternidade e o espaço existe em imobilidade infinita (BURTT, 1983). Em contraposição as noções relativas são noções às quais é possível mensurar e para isso basta se utilizar de referenciais e eventos perceptíveis para realizar as medidas.

Após definidas as noções de tempo e espaço, Newton introduz as noções de lugar e movimento:

*III – Lugar é uma parte do espaço que um corpo ocupa, e de acordo com o espaço, é absoluto ou relativo. Digo parte do espaço, e não situação, nem superfície externa do corpo. Pois os lugares de sólidos iguais são sempre iguais, mas suas superfícies, em função de suas formas diferentes, são frequentemente desiguais. As posições propriamente não têm quantidade, e nem são propriamente lugares, mas antes propriedades dos lugares. O movimento do todo é o mesmo que a soma do movimento das partes. Isto é, a translação do todo, de seu lugar, é a mesma que a soma das translações das partes, e por essa razão, é interno e está em todo corpo.*<sup>18</sup>

*IV – Movimento absoluto é a translação de um corpo de um lugar absoluto para outro; e movimento relativo, a translação de um lugar relativo para outro [...]*<sup>19</sup>

Raquel Sapunaru (2006) explicou que o lugar newtoniano é uma parte específica do espaço à qual os corpos ocupavam, onde sua posição seria absoluta ou relativa, de acordo com o espaço que o mesmo ocupasse.

Para explicar suas definições Newton propôs uma situação em que analisou o movimento de um navio em relação à Terra e em relação ao espaço absoluto.

*[...] em um navio que está navegando, o lugar relativo de um corpo é aquela parte do navio que o corpo ocupa; ou aquela parte da cavidade que o corpo preenche, e que, portanto, move-se junto com o navio; repouso relativo é a*

*permanência do corpo naquela mesma parte do navio ou de sua cavidade. Mas repouso real, absoluto, é a permanência do corpo na mesma parte do espaço imóvel, no qual o próprio navio, sua cavidade e tudo que ele contém, se move. Por essa razão, se a terra está realmente em repouso, o corpo que está relativamente em repouso no navio, real e absolutamente se moverá com a mesma velocidade que o navio tem na Terra. Mas se a Terra também se mover, surgirá o movimento verdadeiro e absoluto do corpo, em parte devido ao movimento verdadeiro da Terra, em espaço imóvel, e em parte devido ao movimento relativo do navio na Terra; e se o corpo também tem movimento relativo no navio, seu movimento verdadeiro surgirá, parcialmente devido ao movimento verdadeiro da Terra, em espaço imóvel, e parcialmente aos movimentos relativos, tanto do navio na Terra como do corpo no navio e, desses movimentos, surgirá o movimento relativo do corpo na Terra.<sup>20</sup>*

Ou seja, para ser possível determinar o movimento absoluto de um corpo, primeiramente é necessário conhecer todos os movimentos relativos que influenciam no movimento desse corpo. Newton utiliza-se de um exemplo numérico aplicado no movimento do navio citado anteriormente:

*Assim se aquela parte da Terra onde está o navio, fosse de fato, levada na direção leste, com uma velocidade de 10.010 partes, enquanto o navio propriamente dito, com velas desfraldadas por um vento forte, fosse levado para oeste, com uma velocidade expressa por 10 daquelas partes, um marinheiro caminhando, no navio na direção leste, com uma parte da velocidade mencionada, vai ser levado, de fato, através do espaço imóvel na direção leste, com uma velocidade de 10.001 partes, e relativamente na Terra na direção oeste, com uma velocidade de nove daquelas partes.<sup>21</sup>*

O movimento absoluto deve ser computado, no caso de qualquer corpo, pela combinação matemática dos seus movimentos relativos na Terra com o movimento da Terra no espaço absoluto. Assim, no caso de um corpo que se move num navio, o seu movimento absoluto será determinado por uma combinação matemática do seu movimento no navio, do movimento do navio na Terra e da Terra no espaço absoluto (BURTT, 1983).

Um exemplo proposto por Newton para distinção de tempo absoluto e relativo foi a equação de correção do tempo em astronomia.

*Tempo absoluto, em astronomia, é distinguido do tempo relativo, pela equação ou correção do tempo aparente, porque os dias naturais são de fato desiguais, apesar de serem comumente considerados como iguais e usados como uma medida de tempo. Os astrônomos corrigem essa desigualdade, para que possam medir os movimentos celestes por um tempo mais rigoroso. Pode ser que não haja algo como movimento uniforme, por meio do qual o tempo possa ser rigorosamente medido. Todos os movimentos podem ser acelerados e retardados, mas o fluxo de tempo absoluto não é passível de mudanças. A duração ou perseverança da existência das coisas permanece a mesma, sejam os movimentos rápidos ou lentos, ou até completamente nulos. E, portanto, essa duração deve ser distinguida daquelas que são apenas suas medidas perceptíveis, a partir das quais aquela é deduzida a partir da equação astronômica[...]*<sup>22</sup>

Ou seja, não é possível medir a passagem do tempo absoluto, é possível tentar aproximar-se dele a partir de equações e correções astronômicas, mas essa aproximação ainda não será a absoluta, pois a mesma se baseia no movimento dos corpos celestes, e como Newton declara pode ser que não haja movimento uniforme para o qual seja possível medir o tempo de maneira rigorosa, pois esses movimentos podem ser acelerados e retardados, rápidos e nulos e não seria possível distinguir as diferenças nos movimentos, logo não seria uma medida exata, e sim uma medida relativa.

Newton também escreveu uma explicação para a noção de espaço absoluto (imóvel).

*Da mesma forma como a ordem das partes do tempo é imutável, assim também o é a ordem das partes do espaço. Supondo-se que essas partes sejam deslocadas de seus lugares, elas também serão deslocadas (se for possível usar tal expressão) de si mesmas. Pois é como se tempos e espaços fossem lugares tanto de si mesmos como de todas as outras coisas. Todas as coisas são colocadas no tempo de acordo com uma ordem de sucessão; e no espaço, de acordo com uma ordem de situação. É de sua essência ou natureza que elas sejam lugares, e é absurdo dizer que os lugares iniciais das coisas sejam móveis. Esses, portanto, são os lugares absolutos, e as translações a partir desses lugares são os únicos movimentos absolutos.*<sup>23</sup>

O espaço absoluto em sua própria natureza é imóvel, ele não pode ser movimentado, tendo em mente que se fosse movimentado, esse movimento seria em relação a ele mesmo, de

tal forma que estaria sendo deslocado de seu lugar inicial, e se o local inicial do espaço absoluto fosse deslocado o mesmo não seria absoluto. Se não é possível medir distâncias utilizando o espaço absoluto, então o que se pode fazer para contornar esse problema? Burt (1983) explica a proposta de Newton para espaço absoluto argumentando que:

*Todavia, as partes do espaço absoluto não são visíveis ou distinguíveis perceptivelmente; daí, para medir ou definir distâncias, temos de considerar algum corpo como imóvel, e então estimar os movimentos e medir as distâncias de outros corpos em relação a ele[...] usamos espaços e movimento relativos.<sup>24</sup>*

Raquel Sapunaru (2006) argumenta que Newton defendia a coerência da ideia de um espaço vazio, visto que lugares vazios no espaço era o que permitia que os corpos adquirissem movimento, pois deixaria o espaço maleável. E caso corpos fossem retirados de seu lugar no espaço, o espaço não se alteraria, pois o lugar antes ocupado pelo corpo continuaria existindo, logo o espaço continuou imutável, portanto, o espaço é absoluto.

Newton (1687) argumenta que corpos verdadeiramente em repouso (repouso absoluto) mantêm-se em repouso uns com relação aos outros, sendo isso uma propriedade dos corpos em repouso absoluto. Na região remota das estrelas fixas no céu, ou além delas pode haver um corpo verdadeiramente em repouso, porém é impossível observar o seu repouso a partir dos corpos presentes nas nossas regiões, pois não é possível determinar se esses corpos mantêm a mesma posição com o corpo além das estrelas fixas, logo não é possível medir o repouso absoluto das nossas posições.

Newton fornece uma explicação teórica e prática quanto ao movimento relativo e absoluto, sendo ela hoje em dia conhecida como “Experimento do Balde de Newton”. Iremos explicar esse tópico no próximo capítulo desse trabalho.

## 2 O Experimento do Balde de Newton

A distinção entre forças de inércia e forças verdadeiras atribui um papel privilegiado aos referenciais inerciais (NUSSENZVEIG, 1981). Isso se dá ao fato de um referencial inercial em que apenas forças verdadeiras atuam não ser acelerado em relação ao espaço absoluto, lembrando que na concepção de Newton, o espaço absoluto era por sua própria natureza, sempre idêntico e imóvel independentemente dos referenciais adotados. O movimento verdadeiro sofre sempre modificação a partir de qualquer força exercida sobre o corpo; mas movimento relativo não sofre necessariamente qualquer modificação por tais forças (NEWTON, 1687). Isso se tornaria evidente caso uma força venha a atuar igualmente nos corpos adotados como referencial para identificar o movimento relativo, a alteração no referencial não seria percebida, tendo em vista que os corpos sofreram ação da mesma força, logo, mesmo sobre a ação de uma força verdadeira, o movimento continua relativo.

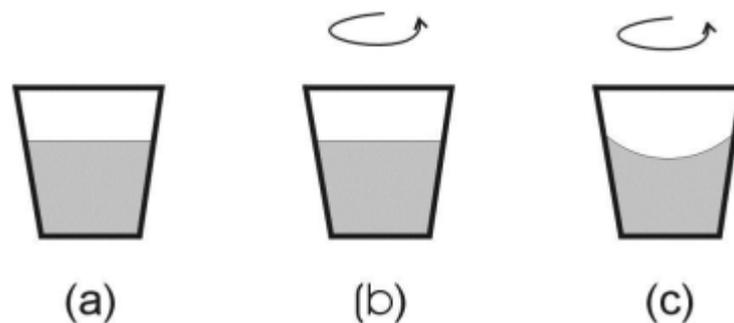
Para identificar os movimentos absolutos e relativos e distingui-los e mostrar a existência de um referencial inercial absoluto, Newton no escólio do primeiro livro dos *Principia* nos apresenta um experimento realizado por ele.

*Se um recipiente suspenso por uma longa corda, é tantas vezes girado, a ponto de a corda ficar fortemente torcida, e então enchido com água e suspenso em repouso junto com água; a seguir, pela ação repentina de outra força, é girado para o lado contrário e, enquanto a corda desenrola-se, o recipiente continua nesse movimento por algum tempo; a superfície da água, de início, será plana, como antes de o recipiente começar a se mover; mas depois disso, o recipiente, por comunicar gradualmente o seu movimento à água, fará com que ela comece nitidamente a girar e se afastar pouco a pouco do meio e a subir pelos lados do recipiente, transformando-se em uma figura côncava (conforme eu mesmo experimentei), e quanto mais rápido se torna o movimento, mais a água vai subir, até que, finalmente, realizando suas rotações nos mesmos tempos que o recipiente, ela ficará em repouso relativo nele.<sup>25</sup>*

A conclusão óbvia é de que o movimento final da água é verdadeiro, isso porque o estado da água se alterou ao ser aplicado sobre o sistema a ação de uma força, isso está em concordância com a citação anterior de Newton: “O movimento verdadeiro sofre sempre modificação a partir de qualquer força exercida sobre o corpo”. Mas a pergunta que deve ser

feita é a seguinte, a força que causou a forma côncava na água foi a força que levou ao movimento do recipiente, ou a forma côncava foi consequência de outra ação?

Para responder a essa pergunta notemos que o movimento da água não se torna verdadeiro de maneira instantânea, a mesma necessita de um pequeno intervalo de tempo até que o formato côncavo apareça na superfície da água e ela adquira movimento junto ao recipiente. Isso ocorre pois o movimento do recipiente demora para ser transferido para a água, de forma que a mesma aumente sua velocidade de forma gradativa, ou seja em um movimento acelerado, portanto existe uma variação no movimento da água, logo existe o aparecimento de uma força. Observemos também que quando a água começa a subir, não há mais a ação da força que levou ao movimento do recipiente, visto que a ação que levou o balde a girar teve atuação momentânea com a única finalidade de causar o movimento de rotação no balde, portanto ela não pode ter sido responsável pelo movimento da água, visto que o movimento de subida da água inicia-se algum tempo depois do balde começar a girar. Aqui temos certos movimentos como causas de certas forças, as últimas expressando-se em fenômenos adicionais mensuráveis (BURTT, 1983). A força que surge na água não estava presente quando o movimento da água era relativo em relação ao balde, mas começa a surgir quando ela adquiriu o movimento do balde e atinge seu maior valor quando a superfície côncava está em seu máximo. Com esses argumentos podemos concluir então que o movimento da água se trata de um movimento verdadeiro, pois o mesmo é proveniente da ação de uma força que levou a uma alteração do sistema inicial, e essa força aumenta conforme a velocidade da água aumenta. Agora a pergunta final, esse movimento é verdadeiro em relação a quem?



**Figura 1 – Etapas do Movimento para o Balde de Newton**

Fonte: Cap XII Experimento do Balde e Espaço Absoluto (2019)

Raquel Sapunaru (2010) e Pessoa Jr. (2019) explicam que devemos dividir o experimento em três etapas (Figura 1). A primeira etapa, tanto o recipiente quanto a água estão parados em relação a Terra, a segunda etapa o balde se move em relação a Terra com velocidade angular constante e momentaneamente a água continua parada em relação a Terra, a terceira e última etapa, o balde continua se movendo com velocidade angular constante, porém agora a água possui sua superfície com forma côncava bem definida e se move junto ao balde com a mesma velocidade angular, ou seja no referencial do balde agora a água se encontra em repouso, e em relação à Terra ambas encontram-se em movimento.

A primeira suposição a ser analisada é onde a água se encontra em movimento em relação ao balde, isso só ocorre na segunda etapa, tanto na primeira e terceira etapas a água se encontra em repouso relativo em relação ao balde a única mudança é a forma da água, e caso o movimento fosse verdadeiro em relação ao balde, a água não poderia ter como estado final o repouso, logo não é possível classificar o balde como o referencial inercial absoluto.

A próxima análise lógica é do sistema em relação à Terra, pois em um caso a água encontra-se parada e depois em movimento no referencial Terra-balde. Qual seria a ação da Terra na água? A resposta lógica é a de ação gravitacional, e essa interação se aplica de forma igual em todas as partes da água, ou seja não há razão para que a força gravitacional seja a responsável por causar a concavidade na superfície da água se a mesma atua de maneira igualmente distribuída em todas as partes da superfície, e a interação gravitacional não depende de velocidade e aceleração, apenas da distância entre os corpos, logo a superfície côncava da água não pode ser causada pelo referencial da Terra.

E quanto às estrelas, seria possível que o movimento da água seja devido a relações com as estrelas fixas no céu? O conjunto de corpos distantes não exerce forças sobre a água. Por estarem os corpos distribuídos em todos os lugares do céu, suas forças gravitacionais se anulam mutuamente (SAPUNARU, 2010). O ponto que Newton coloca é que se todas as estrelas movimentassem-se circularmente em torno da Terra, isso não geraria uma aceleração centrífuga na Terra (e no balde), mas apenas nas estrelas (PESSOA JR. 2019).

As três possibilidades mencionadas anteriormente estariam todas associadas a referenciais materiais, e na concepção de Newton nenhuma delas pode explicar o fenômeno, “então a curvatura da água só poderia ser justificada por seu giro em relação a um espaço desprovido de coisas materiais. A este espaço Newton chamou de ‘espaço absoluto’” (SAPUNARU, 2010).

De fato, é evidente que, os fenômenos de revolução em torno de um eixo são independentes da Terra e das estrelas fixas, a partir do fato notado por Newton, de que, se não houvesse nenhum outro corpo no universo, a distinção entre as superfícies plana e côncava da água seria igualmente real e determinada (BURTT, 1983).

Newton propõe um experimento mental para reforçar o argumento de que a força no movimento do balde aparece como um resultado da interação da água com o espaço absoluto. Nesse experimento analisou uma situação onde dois globos conectados por uma corda interagem com as estrelas fixas ou em movimento no céu.

*[...] se dois globos, mantidos a uma dada distância um do outro por meio de uma corda que os ligue, forem girados em torno de seu centro comum de gravidade, poderíamos descobrir, a partir de uma tensão da corda, o esforço dos globos a se afastarem do seu eixo de seu movimento, e a partir daí poderíamos calcular a quantidade de seus movimentos circulares[...], mesmo em um imenso vácuo, onde não existisse nada externo ou sensível com o qual os globos pudessem ser comparados. Porém, se naquele espaço fossem colocados alguns corpos remotos que mantivessem sempre uma dada posição uns com relação aos outros, como as estrelas fixas mantêm nas nossas regiões, não poderíamos, de fato, determinar a partir da translação relativa dos globos entre aqueles corpos, se o movimento pertence aos globos ou aos corpos. Mas se observássemos a corda, e descobríssemos que sua tensão era aquela mesma tensão que os movimentos dos globos exigiam, poderíamos concluir que o movimento estava nos globos e que os corpos estavam em repouso; então, finalmente, a partir da translação dos globos entre os corpos, devemos obter a determinação dos seus movimentos.<sup>26</sup>*

Nesse novo experimento fica claro que caso os globos estivessem se movendo sem nada ao redor existiria a ação de uma força de tensão na corda, e esse movimento seria em relação ao espaço vazio ao redor. Os mesmos globos ainda ligados pela corda, mas agora em repouso em relação ao espaço vazio, porém com estrelas em movimento relativo ao seu redor, é observado que o movimento das estrelas não afetam o sistemas dos globos, pois a tensão não surge na corda como anteriormente, mesmo com os globos estando em movimento relativo às estrelas, porém se as mesmas fossem fixas e os globos em movimento a tensão na corda iria

ressurgir, de tal forma que ficaria claro que o aparecimento dessa força se dá por conta do movimento em relação ao espaço absoluto e não em relação às estrelas.

Burt (1983) fornece uma ótima conclusão sobre os resultados observados nesses dois experimentos: “Observe-se que, nessas afirmações de Newton, a doutrina do movimento absoluto não é oposta à concepção do movimento relativo; ela simplesmente afirma que os corpos *realmente mudam suas relações espaciais de determinadas maneiras precisas, e que nosso sistema de referência não é arbitrário.*”

No próximo capítulo desse trabalho discutiremos a respeito da teologia de Newton e sua concepção de Deus. Para isso utilizaremos o livro *Elementos da Filosofia de Newton* (1ª edição de 1738) de Voltaire, que aborda de forma muito detalhada as relações entre o espaço absoluto de Newton com a sua concepção de Deus, em que também é abordado a troca de correspondência de Gottfried Leibniz e Samuel Clarke (discípulo de Newton) a cerca das noções de espaço e Deus.

### 3 O Deus de Newton

*“O espaço e a duração são dois atributos necessários, imutáveis do Ser eterno e imenso”*  
(VOLTAIRE, 1738)

Newton acreditava que a Filosofia Natural necessitava de uma origem, e o mesmo acreditava que essa origem deveria ser metafísica. Newton fez necessária a introdução de Deus em sua Filosofia, como sendo a origem de todos os fundamentos descritos nos *Principia*.

*Toda a filosofia de Newton conduz necessariamente ao conhecimento de um Ser Supremo, que tudo criou e ordenou livremente. Pois se, segundo Newton (e segundo a razão), o mundo é finito, se o vazio existe, então a matéria não existe por si mesma, logo recebeu a existência de uma causa livre. Se a matéria gravita, como está demonstrado, não gravita por sua natureza do mesmo modo como é extensa por natureza; logo ela recebeu de Deus a gravitação. Se os planetas giram num sentido em vez de outro, num espaço não resistente, a mão de seu Criador dirigiu, portanto, seu curso nesse sentido como liberdade absoluta.<sup>27</sup>*

Em sua concepção, a maior prova da existência de Deus eram as causas finais, que para ele foram reveladas nos estudos dos movimentos e princípios que constituem a sua Filosofia Natural. Pois as relações que ele obteve das interações entre os corpos eram tão belas e perfeitas, que só poderiam ter sido criadas por um hábil artesão. Tal posicionamento se torna evidente na questão 28 do *Opticks*:

*E para rejeitar tal meio, temos a autoridade daqueles antigos e célebres filósofos da Grécia e da Fenícia, que fizeram do vácuo, átomos e da gravidade dos átomos, o primeiro princípio de suas filosofias. Atribuindo a gravidade a outra causa que a matéria densa. Filósofos posteriores baniram a consideração dessa causa da Filosofia da Natureza, utilizando de hipóteses para explicar todas as coisas mecanicamente, e referindo as outras causas a metafísica; quando a maior característica da Filosofia Natural é argumental a partir dos fenômenos mecânicos sem se utilizar de hipóteses, e deduzir causa dos efeitos, até que cheguemos a primeira causa, que certamente não é mecânica [...] E sendo essas coisas*

*corretamente observadas, não aparenta a partir dos fenômenos a existência de um Ser incorpóreo, vivo, inteligente, que está no espaço infinito como se estivesse em seu sensorium, sente as coisas intimamente, as vê inteiramente por sua presença em si mesmo.*<sup>28</sup>

Com essa última afirmação é possível associar o espaço como algo dependente de Deus, pois foi assim que Newton as interpretou. Voltaire (1738) explica que o espaço e a duração são seres que a existência segue de Deus, pois Deus sendo infinito está em todos os lugares, então se o Mesmo existe, todos os lugares existem. Fica claro então que a existência de Deus e a existência do espaço são simultâneas, e como o espaço está em Deus o mesmo é responsável pela criação e manutenção daquilo que coloca os corpos presentes no espaço em movimento, pois Deus atua como um agente inteligente, e não apenas como provedor. Foram essas crenças que permitiram a Newton conceituar as bases de sua Física: o espaço, o tempo e o movimento absolutos; as forças e a massa (SAPUNARU, 2006).

Podemos associar Deus com a ideia de espaço absoluto e dos corpos, partindo de que os corpos existentes estão localizados em algum lugar no espaço, quando esse corpo é identificado, por consequência o espaço é identificado, logo a identificação do espaço se tornou o resultado da identificação do corpo, mas como discutimos no capítulo anterior a existência do espaço independe da existência dos corpos, assim também é Deus. E todo o espaço está presente Nele, assim também todos os corpos e interações emanam Dele, e como o espaço absoluto em seu cerne é a ausência de matéria, assim também é Deus, portanto Deus independe da matéria, mas a matéria depende de Deus.

Como mencionado anteriormente na questão 28 do *Opticks*, para Newton o espaço é o *sensorium* de Deus. Essas concepções newtonianas de Deus foram altamente criticadas por Gottfried Leibniz (1646-1716), numa carta escrita por ele em 1715 a Wilhelmine Caroline, Princesa de Gales.

*3. Sir Isaac Newton diz que o espaço é um órgão que Deus faz uso como meio para perceber as coisas. Mas, se Deus precisa de qualquer órgão para perceber as coisas, isso significa que elas não dependem totalmente dEle, nem que foram produzidas por Ele.*

*4. Sir Isaac Newton e seus seguidores também têm uma opinião muito estranha sobre a obra de Deus. De acordo com sua doutrina, o Deus Todo Poderoso precisa dar corda em seu relógio de vez em quando, caso contrário este deixaria de se mover. Ele não tinha, ao que parece, previsão suficiente para fazer com que o movimento fosse perpétuo. Não, a máquina feita por Deus é tão imperfeita, de acordo com esses senhores, que Ele é obrigado a limpá-la de vez em quando por meio de um concurso extraordinário, e até a consertá-la, do mesmo modo que um relojoeiro faz um reparo em seu trabalho; ele deve, conseqüentemente, ser tanto mais inábil quanto mais frequentemente é obrigado a consertar seu trabalho e a corrigi-lo. Segundo minha opinião, a mesma força e vigor permanecem sempre no mundo e só passam de uma parte da matéria para outra de acordo com as leis da natureza e com a bela ordem pré-estabelecida. E sustento que, quando Deus faz milagres, Ele não o faz para suprir as necessidades da natureza, mas as da graça. Quem pensa o contrário deve, necessariamente, ter uma noção muito ruim sobre a sabedoria e o poder de Deus.<sup>29</sup>*

Os dois trechos acima foram retirados da primeira carta de Leibniz. A Princesa encaminhou a carta para Samuel Clarke (1675-1729), discípulo e amigo de Newton, e importante teólogo inglês. Clarke responde aos ataques de Leibniz em uma carta própria, na qual explica o posicionamento dos princípios matemáticos da filosofia.

*3. Sir Isaac Newton não diz que o espaço é o órgão que Deus usa como meio para perceber as coisas, nem que Ele tem necessidade de qualquer meio para perceber as coisas, mas, pelo contrário, [...] Deus vê todas as coisas por sua presença imediata às coisas em si, dado que Ele está realmente presente às coisas em si, a todas as coisas no universo, como a mente do homem está presente a todas as figuras das coisas formadas em seu cérebro. [...]E ele não considera as coisas no universo como se fossem imagens formadas por certos meios ou órgãos, mas como coisas reais formadas pelo próprio Deus e vistas por Ele em todos os lugares onde estão, sem a intervenção de nenhum meio. E esta similitude é tudo o que ele quer dizer quando supõe que o espaço infinito é (por assim dizer) o sensorium do Ser onipresente.*

4. [...] *Ele não só compõe ou reúne as coisas, mas é Ele mesmo o autor e o preservador contínuo de suas forças originais ou dos seus poderes móveis; e, conseqüentemente, isso não é uma diminuição, mas a verdadeira glória de Sua obra, pois nada é feito sem seu governo e inspeção contínuos. A noção de que o mundo é uma grande máquina, que funciona sem a interposição de Deus – como um relógio que continua a funcionar sem a ajuda do relojoeiro –, é a noção do materialismo e a de destino, e tende (sob o pretexto de fazer de Deus uma supramundane intelligence) a excluir a providência e o governo de Deus da realidade do mundo. E, pela mesma razão que um filósofo pode representar todas as coisas que acontecem desde o início da criação sem qualquer governo ou interposição da providência, um cético facilmente argumentará de forma ainda mais retrógrada e suporá que as coisas continuaram desde a eternidade (assim como eles fazem agora) sem qualquer tipo de criação verdadeira ou de autor original, mas tão-somente com o que tais argumentistas chamam de natureza onisciente e eterna. Se um rei tivesse um reino no qual todas as coisas continuam acontecendo sem seu governo ou interposição, ou sem seu atendimento e ordenação daquilo que é feito no reino, este seria para ele apenas um reino nominal, e ele não mereceria de forma alguma o título de rei ou de governador. [...] quem quer que afirme que o curso do mundo pode continuar sem a direção contínua de Deus, o Governador Supremo, sua doutrina, de fato, tende a excluir Deus do mundo.*<sup>30</sup>

A resposta de Clarke resultou em outra réplica de Leibniz, e ambos os pensadores iriam continuar sua discussão por meio de cartas durante os anos de 1715 e 1716 até a morte de Leibniz. A crítica de Leibniz se fundamentou na sua interpretação das proposições de Newton de que Deus necessitaria fiscalizar seu trabalho e continuar a agir sobre ele, como se o mesmo necessitasse de reparos, e de que ele precisaria de um *sensorium* para poder interagir com sua criação, logo o mesmo não seria onisciente, pois precisa de um meio para perceber as coisas. Em sua primeira resposta Clarke argumenta que Deus estaria no próprio espaço, pois Ele se encontra presente em todos os espaços e lugares e corpos, essa seria a interpretação correta de *sensorium*. Ainda defende que a obra de Deus não necessita de manutenção, mas de preservação, pois essa é a função do Criador, manter seu reino em funcionamento, estar presente em todos os momentos e todos os lugares de sua obra.

Nas cartas subsequentes Leibniz faz diversas críticas à noção de espaço absoluto infinito e vazio e sua relação com Deus, o mesmo defende que o espaço é composto de partes, logo não pode ser parte de Deus, pois Ele não necessita de partes. Também defende que o espaço é algo relativo assim como o tempo, sendo que eles são respectivamente ordem de coexistência e sucessão. Para ele não faz sentido a noção absoluta da ausência de matéria, pois os lugares dos corpos não iriam diferir um do outro, logo Deus não teria motivo para colocar os corpos em lugares diferentes um do outro, se no fim a ausência de matéria torna todos os lugares dos corpos iguais. Portanto o espaço não é real, é apenas uma sequência de corpos, e uma noção relativa para identificá-los.

Respondendo a esse posicionamento, Clarke sustenta que se o espaço fosse composto de partes, ao remover uma parte do espaço, não haveria ali um espaço na partição resultante? O espaço é indivisível e infinito, e o espaço não é Deus, mas a consequência da existência de um ser infinito e eterno. Se o espaço fosse basicamente a ordem de coexistência das coisas, caso fosse removida uma parte do mundo material, com uma determinada velocidade, as coisas continuariam no mesmo lugar, pois são apenas uma ordem e coexistência. E se o tempo então é apenas a ordem e sucessão, então se a criação acontecesse milhões de anos mais cedo, não teria ocorrido mais cedo de modo algum, pois se trata apenas de uma sucessão de eventos. Leibniz não trata espaço e tempo como grandezas quantitativas, quando na realidade elas são. Quanto a uniformidade do espaço, de fato não há motivo para Deus colocar um objeto em um lugar e não no outro, mas isso não impede de Sua própria vontade colocar os corpos nos lugares que estão.

O espaço puro, o vazio, existe, pois, tanto quanto a matéria, e existe mesmo necessariamente, ao passo que a matéria só existe pela livre vontade do criador (VOLTAIRE, 1738).

Em relação à matéria, Voltaire argumentou que se o espaço infinito fosse composto de matéria, a mesma seria infinita, tal como é Deus, e a matéria seria uma propriedade necessária a esse Ser infinito. E como se trata de algo material, se ela fosse infinita, a mesma seria o próprio Deus, mas como mencionado anteriormente, a mesma pode ser divisível, logo ela não pode ser Deus. Caso o vazio exista e a matéria faça parte do vazio, a mesma seria relativa, algo não necessário para a existência do vazio, então ela por consequência foi criada. Quanto ao espaço e ao tempo Voltaire declara:

*O espaço é uma consequência necessária da existência de Deus. Deus não está rigorosamente falando, nem no espaço nem em um lugar. Mas, estando necessariamente em todo lugar, constitui por isso apenas o espaço imenso e o lugar. Do mesmo modo que a duração, a permanência eterna é uma consequência indispensável da existência de Deus. Ele não está nem na duração infinita nem num tempo. Mas, existindo eternamente constitui, por isso, a eternidade e o tempo.<sup>31</sup>*

O espaço está existindo em diversas porções, cada porção contendo um corpo, o espaço onde se encontra um corpo não pode se achar outro, não é possível separar essas partes do espaço, mas é possível colocar os corpos dessas partes no lugar do outro. De forma similar podemos avaliar o tempo, infinito e inseparável, mas podendo ser dividido em porções, uma porção nunca podendo ser concebida no lugar da outra. Os corpos se encontram na porção que chamamos de tempo, e podem existir em outros tempos. Mas uma porção da duração ou do tempo não pode existir em lugar diferente a que está.

Deus é o único capaz de conhecer todo o espaço e a duração, nós apenas medimos partes do espaço por meio dos corpos que tocamos e partes da duração por meio de movimentos que captamos.

As noções absolutas propostas por Newton são a própria existência de Deus, as medidas relativas, espaço, matéria e tempo mensuráveis, são noções que existem pela vontade de Deus, sendo essas as noções que percebemos e medimos. E as forças que agem entre as partículas, são a manifestação da vontade de Deus na Natureza (RODRIGUES, 1988).

O Deus newtoniano possui um sentido determinado e absoluto. “Deus age a cada momento, sempre.” (RODRIGUES, 1988).

## 4 O Éter Newtoniano

Durante o século VI a.C, os estudiosos do mundo antigo passaram por uma significativa transição na sua concepção de explicar os fenômenos da natureza. Até então os fenômenos eram explicados por meio de contos mitológicos sobre deidades divinas capazes de manipular seus elementos de controle e causar os fenômenos naturais, porém aos poucos os filósofos do período passaram a observar os fenômenos da natureza e a pensar sobre algo que poderia vir a explicar a origem das coisas, a essência da natureza, a partir de causas racionais e filosóficas. Uma das formas para explicar a essência da natureza e os processos de transformação que nela ocorriam foi o éter, como uma forma de interação sutil e primordial. Camargo (2018) explica que na concepção aristotélica o universo era em sua totalidade preenchido por matéria, e era finito e dividido em partes, sendo essa divisão perfeita e baseada em esferas elementares, onde no centro se encontra a esfera da Natureza, ou a Terra, e acima dela viriam os demais elementos em uma ordem de sucessão por densidades, água, ar e fogo, cada um em sua própria esfera. Além das esferas da terra e da lua encontraríamos as esferas dos demais planetas e das estrelas, e como esses são perfeitos e eternos eles são constituídos pelo quinto elemento, a quintessência ou éter.

Com o constante ganho de influência da Filosofia da Natureza a partir de século XVII, os estudos a respeito da origem e essência das coisas e suas relações com os fenômenos naturais observáveis ganhou novamente importância, surgindo novamente a ideia de éter, como algo sutil e responsável pelas interações de corpos em movimento.

Dentre os filósofos da natureza que desenvolveu um conceito de éter, o de maior destaque foi Isaac Newton, que veio a desenvolver a ideia de éter que foi passada à posterioridade, a noção de uma matéria sutil e elástica presente dentro e fora dos corpos e em todo o universo. Nesse capítulo iremos tratar brevemente da concepção newtoniana de éter, utilizando as cartas de Newton a Oldenburg e as cartas a Boyle, em que Newton aos poucos formula e realiza alterações na concepção de éter, até chegar no conceito mencionado anteriormente.

Rosenfeld (1969) argumenta que nos *Principia* Newton explica a teoria da gravitação da forma como hoje chamamos de fenomenológica. Ele realizou toda a análise dos movimentos planetários em leis de interação dinâmica, e não utilizou em suas demonstrações nenhum meio responsável por propagar as interações. Newton teve grandes dificuldades de encontrar a

origem da gravidade com base nas propriedades conhecidas e descritas por ele, pois nenhuma das explicações estava diretamente ligada ao fenômeno físico observado, de forma que tal explicação seria considerada uma hipótese, que Newton acreditava não utilizar em seu método. Isso se torna claro ao citarmos o penúltimo parágrafo do Escólio Geral do Livro III dos *Principia*.

*Explicamos até aqui os fenômenos do céu e do nosso mar pelo poder da gravidade, mas ainda não designamos a causa deste poder. Isto é certo que ele tem de proceder de uma causa que penetra até os centros do sol e dos planetas, sem sofrer a menor diminuição de sua força; que não opera com a quantidade das superfícies das partículas sobre as quais atua (como as causas mecânicas fazem usualmente), mas de acordo com a quantidade de matéria sólida que elas contêm, propagando sua virtude para todos os lados a distâncias imensas, diminuindo sempre com o inverso do quadrado das distâncias[...] Mas ainda não fui capaz de descobrir a causa dessas propriedades da gravidade a partir dos fenômenos, e não construo hipóteses. Pois tudo aquilo que não é deduzido a partir dos fenômenos é para ser chamado de uma hipótese. E as hipóteses quer metafísicas ou físicas, quer das qualidades ocultas ou mecânicas, não tem lugar na filosofia experimental. Nesta filosofia as proposições particulares são inferidas a partir dos fenômenos, sendo depois generalizados pela indução. Assim foram descobertas a impenetrabilidade, a mobilidade e a força impulsiva dos corpos, e as leis do movimento e da gravitação. E para nós é suficiente que a gravidade exista realmente e atue de acordo com as leis que explicamos, servindo abundantemente para explicar todos os movimentos dos corpos celestes e de nosso mar.<sup>32</sup>*

Torna-se claro que Newton estava satisfeito com o fato de as leis que formulou se mostrarem verdadeiras quando comparadas com os fenômenos da natureza, e que o mesmo não proporia nenhuma hipótese quanto à origem da gravidade. Camargo menciona o historiador F. Rosenberg do final do século XIX, o qual defendeu que a base implícita da mecânica newtoniana poderia ser um meio etéreo que preenchesse qualquer interstício da matéria, e essa seria a causa da gravidade. Isso se torna claro no último parágrafo do Escólio Geral encontrado no final do Livro III, em que Newton faz menção a esse éter universal que seria o agente causador e propagador dos fenômenos.

*E agora poderíamos acrescentar alguma coisa concernente a um certo espírito sutil que penetra e fica*

*escondido em todos os corpos grandes, por cuja força e ação as partículas dos corpos atraem-se umas às outras quando se encontram a distâncias próximas e se unem se estão contíguas; e os corpos elétricos operam a distâncias maiores, tanto repelindo quanto atraindo os corpúsculos vizinhos; e a luz é emitida, refletida, refratada, infletida e aquece os corpos; e toda a sensação é exercida e os membros dos corpos animais movem-se ao comando de vontade, propagada pelas vibrações deste espírito ao longo dos filamentos sólidos dos nervos, a partir dos órgãos sensoriais externos até o cérebro e do cérebro aos músculos. Mas essas coisas não podem ser explicadas em poucas palavras. Também não dispomos de uma quantidade suficiente de experiências que é necessária para determinar com precisão e demonstrar mediante que leis opera este espírito elétrico e elástico.<sup>33</sup>*

Rosenfeld ainda explica que muitos estavam preocupados com interações imediatas a curta distância, enquanto Newton estendeu as interpretações da gravitação para todo o universo, em que o éter seria responsável por uma interação dinâmica de transição de força para a matéria em um alcance ilimitado. Aiton (1969) explica que nos *Principia* Newton define o éter universal como uma forma de explicar os fenômenos ópticos e a interação gravitacional, entretanto ambos os éteres não eram iguais, em que o éter gravitacional estaria difuso em meio ao éter óptico, logo teriam as mesmas propriedades, diferindo apenas em suas interações.

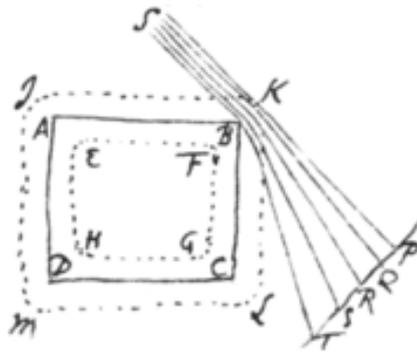
Durante os anos de 1672 e 1676 Newton escreveu diversas cartas à Henry Oldenburg, secretário da *Royal Society*, com a finalidade de apresentar suas ideias sobre o éter à Academia. Em 1675 Newton escreveu um longo memorando discutindo a sua teoria inicial sobre o éter, e Rosenfeld explica que Newton propôs um sistema mecânico na qual os corpos possuíam éter rotacionando em seu entorno, que atrai os corpos menores que o permeavam, sendo esse correspondente ao éter gravitacional. Nesse sistema a densidade de éter gravitacional aumentava ao entrar dentro dos corpos, o que na lógica de Newton não faria sentido, pois a concentração de partículas etéreas no interior dos corpos era menor, logo deveria ser menos denso. Com essa contradição em mente, em uma carta escrita a Boyle alguns anos depois Newton abandonou a ideia de éter rotacionando em torno dos corpos. Aiton argumenta que o éter gravitacional nada mais era do que uma tentativa de Newton de explicar a lei do inverso do quadrado (atração entre os corpos), e que tanto na carta a Boyle como no *Opticks* as explicações propostas para a origem da gravidade nada tem em comum com a lei do inverso do quadrado.

*O mecanismo de gravitação que ele propõe no memorando era direcionado primeiramente à força da gravidade exercida na Terra, após refletir sobre, aponta que também poderia ser usado para explicar a atração dos planetas em direção ao Sol; naquela época ele ainda não estava persuadido de que essa atração era a única força regulando o movimento dos planetas, e o problema da gravitação como um agente universal não havia sido apresentado para a sua mente.<sup>34</sup>*

Na carta enviada a Boyle, datada de 28 de fevereiro de 1678/9, Newton envia suas concepções e explicações esquematizadas sobre o éter. Nessa carta Newton havia abandonado a ideia de éter que havia descrito no memorando de 1675 para a *Royal Society*. Na nova teoria Newton supõe uma substância etérea difundida por todo o espaço, capaz de contração e dilatação, extremamente elástica, parecida com o ar, porém muito mais sutil, sendo essa substância estática e não cinética, em que a interação gravitacional é resultado da inhomogeneidade do éter, e a gravitação é resultado da pressão exercida entre as partes do éter puxando ou aproximando os corpos. As partículas menores do éter se infiltrariam pelos poros dos corpos, enquanto as maiores ficariam no espaço ao redor dos corpos. Sendo assim o éter interior seria menor que o éter no exterior, e o tamanho das partículas aumentaria conforme seu afastamento da Terra, de tal forma que a densidade do éter aumentaria conforme a distância, em que a interação gravitacional seria uma relação da pressão das partículas grandes nas menores, de tal forma que essas fossem empurradas para a Terra. Nessa carta Newton também explica a relação da rarefação do éter nos corpos e a associa com a refração.

*Suponho que o éter é mais rarefeito dentro dos corpos e mais denso fora deles, não seja terminado em superfícies matemáticas, mas cresça gradualmente um no outro: o externo começa a se tornar mais raro, e o interno a crescer mais denso a alguma distância das superfícies do corpo, e correndo através de todos os graus intermediários de densidade nos espaços intermediários. E esta pode ser a causa pela qual a luz no experimento de Grimaldi passando pela borda de uma faca ou outro corpo opaco é desviada e refratada e por essa refração faz várias cores.<sup>35</sup>*

Essa suposição de Newton pode ser facilmente visualizada na ilustração (Figura 2) que o mesmo fez para expressar a ideia.

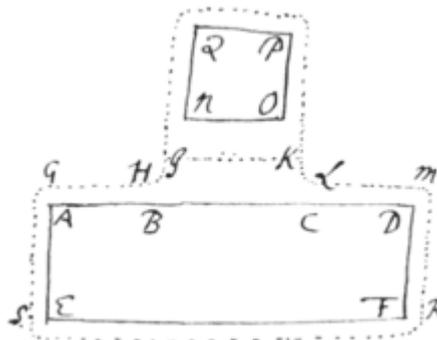


**Figura 2 – Refração da luz no éter**

Fonte: Carta de Newton para Robert Boyle (1678/9)

Nessa imagem esboçada por Newton na carta para Boyle torna-se visualmente clara a citação anterior, em que o corpo definido por ABCD, possui em seu interior e exterior um espaço etéreo interno e externo, dados por EFGH e JKLM, e um raio luminoso S que passar pela região etérea externa sofrerá refração, em que o ângulo de refração estará de acordo com a densidade do éter no espaço.

Quando dois corpos se aproximam, o éter se torna mais rarefeito, pois a pressão do éter exercida na parte superior do corpo, dificulta o movimento livre do éter na parte inferior, tal como é visto na figura abaixo, em que ao aproximar dois corpos o éter envolto nos dois interagem entre si, ficando rarefeito nas localidades de aproximação e mais denso nas extremidades opostas a aproximação, de tal forma a resultar em uma pressão que causa a aproximação dos corpos. Sendo isso ilustrado na Figura 3.



**Figura 3 – Éter como causa da interação gravitacional**

Fonte: Carta de Newton para Robert Boyle (1678/9)

Porém ao contrário do que as imagens sugerem, Newton não acreditava que os limites do éter fossem bem definidos, tal como o deixa claro na carta.

*Nessas suposições como se tivesse imaginado o éter como espaço com limites bem definidos, como expressado por IKLM na primeira imagem e GMRS na segunda: para quais imaginei ser a melhor forma de me expressar. Mas eu não acredito realmente que eles possuam limites tão bem definidos, mas que decaiam de forma insensível, e que isso se estenda a distâncias tão grandes que possa facilmente ser acreditado ou suposto.<sup>36</sup>*

No quinto parágrafo da carta à Boyle, Newton fornece uma explicação elaborada do que viria a ocorrer na segunda imagem, onde ao aproximar os dois corpos, o éter entre eles se torna rarefeito, de forma que esse éter exercerá uma pressão que causará uma relutância entre os dois corpos se aproximarem, mas em contrapartida o éter externo causará uma pressão de forma a causar um esforço em não deixar os corpos se afastarem. Quando a pressão do éter externo aumenta, o éter rarefeito entre os corpos fica ainda mais rarefeito, de forma que sua pressão diminui, chegará um ponto onde a pressão etérea externa será tão grande que irá obrigar os dois corpos a se unirem violentamente. Rosenfeld explica que Newton foi forçado a aceitar que como o éter não fornecia nenhum tipo de resistência ao movimento dos planetas, ele teria uma densidade extremamente baixa, de tal forma que sua função como agente causador da gravidade estava em risco.

Rosenfeld argumenta que Newton se utilizou das interações luminosas entre os corpúsculos de luz e as ondas etéreas para justificar a necessidade de uma baixa densidade para o éter, a interação dos corpúsculos levaria o éter a um estado de fácil transmissão e transição de tal forma que seria muito mais rarefeito que o ar, a resistência muito menor que a da água e a elasticidade muito maior que a do ar. E isso tornaria possível explicar a gravidade, pois ao colocar matéria no sistema, a mesma causaria um gradiente de densidade no éter, de forma que um gradiente de pressão vem a aparecer e por consequência causar o fenômeno da gravidade.

Camargo faz menção às questões propostas por Newton no final do *Opticks*, em que as maiores menções ao éter são feitas, em que Newton admitiria não saber ao certo o que seria o éter, mas que sabia se tratar de um meio rarefeito, sutil, elástico e ativo. Nessas perguntas o éter é tratado como descrito anteriormente na carta para Boyle, como sendo partículas presentes em todo o espaço, ocupando lugares dentro dos corpos onde possuem baixa densidade e fora deles possuem alta densidade, e a densidade aumenta com a distância para os corpos. Também foi utilizado para explicar a refração da luz, como visualizado na Figura 2. Isso fica claro na questão 19 e 20 do *Opticks*.

*Qu. 19. Por um acaso a refração da luz não ocorre por conta das diferenças de densidade do meio etéreo em diferentes lugares, a luz se afastando sempre das partes densas do meio? E não é a densidade em espaços livres e abertos como ar ao invés de corpos como água, vidro, cristais e outros corpos compactos? Para quando a luz passa por vidro ou cristal, e incide obliquamente sobre a superfície e é totalmente refletida, a reflexão total deveria proceder da densidade e vigor fora do vidro, ou da fraqueza que a dentro?*

*Qu. 20. Por um acaso esse meio etéreo ao passar de água, vidro, cristal e outros corpos compactos para espaços vazios, cresce em densidade ao se afastar, e por conta disso refrata os raios de luz não em pontos, mas ao dobrá-los gradualmente em linhas curvas? E por acaso essa condensação desse meio se estende a certa distância dos corpos, e por consequência causa a inflexão dos raios luminosos, aos quais passam pela beirada dos corpos até uma certa distância deles.<sup>37</sup>*

A questão da gravidade é abordada na questão 21.

*Qu. 21. Por um acaso esse meio não é mais rarefeito dentro de corpos densos como Sol, estrelas, planetas e cometas, do que no espaço celeste vazio entre eles? E ao passar por eles até grandes distâncias, não cresce denso e mais denso perpendicularmente, e por consequência causa a gravidade desses grandes corpos um para os outros; todo corpo se esforçando para ir das partes densas do meio para as mais rarefeitas? [...] E mesmo que o aumento de densidade desse meio com a distância seja baixo, se a força elástica desse meio for suficientemente alta, pode ser suficiente para impelir os corpos de partes densas do meio para as mais rarefeitas [...] E se alguém supuser que aquele éter (como nosso ar) contém partículas que se esforçam para se afastar uma das outras (para qual não sei o que esse éter é) e que essas partículas são extremamente menores que aquelas do ar, e até mesmo aquelas da luz: A pequenez em excesso dessas partículas pode contribuir para a grandeza da força pela qual essas partículas se afastam uma da outra, e por consequência tornar aquele meio mais rarefeito e elástico que o ar, e por consequência menos propenso a resistir o movimento de projéteis, e excepcionalmente mais*

*propenso a fazer pressão sobre os corpos, ao esforçar-se para expandir a si mesmo.*<sup>38</sup>

Nas citações anteriores ficam claras as interpretações propostas para as figuras 1 e 2, em que o éter foi o responsável pelos fenômenos observados. Além de sua atuação como uma força elástica que possivelmente origina a interação gravitacional por meio das mudanças de densidade levando a pressões que atuam nos corpos. Para justificar a questão 21, na questão 22 Newton explica que a existência desse meio na qual os corpos estão imersos não necessariamente irá desacelerar o movimento dos planetas.

*Qu. 22. Não podem os planetas e cometas e todos os corpos brutos, realizarem seus movimentos mais livremente, e com menos resistência nesse meio etéreo do que em qualquer fluido, o qual preenche todo espaço adequadamente sem deixar poros e seria muito mais denso que mercúrio ou ouro? E não pode sua resistência ser tão pequena a se tornar desprezível? Por instância; se esse éter (pelo qual irei nomealo) supostamente deve ser 700000 mais elástico que o ar e 700000 menos denso, sua resistência deveria ser 6000000000 menor do que a da água. E uma resistência tão pequena não faria a menor alteração no movimento dos planetas em dez mil anos. Caso alguém pergunte como um meio pode ser tão rarefeito, deixe-o me dizer como o ar, nas partes altas da atmosfera ser cem mil vezes menos denso que o ouro. Também deixe-o me dizer como um corpo elétrico emitir algo tão rarefeito e tão potente, que por sua emissão não causa nenhuma diminuição no peso do corpo elétrico, e ser expandido através de uma esfera de dois pés, e ainda ser capaz de carregar folhas de cobre e ouro a uma distância de mais de um pé do corpo elétrico? E como o fluxo de um magneto pode ser tão rarefeito e sutil, que passa por um copo de água sem encontrar resistência ou diminuição de sua força, e ainda sim ser tão potente a ponto de girar uma agulha magnética além do vidro?*<sup>39</sup>

Guerlec (1967) declara que esses argumentos de um meio etéreo elástico, tênue e de pouca densidade possuem características peculiares e se encaixam melhor na obra de Newton para explicar os fenômenos de sua óptica do que os efeitos da possível causa mecânica da gravidade. Pois embora o éter seja mencionado no *Opticks* apenas na forma de perguntas, aquele que ler o livro com “atenção e habilidade” irá notar que os fenômenos ópticos descritos no livro estão de acordo com o éter descrito nas questões citadas anteriormente, tendo em vista que todas as proposições para o éter óptico foram dadas com base em experimentos realizados por ele,

seguindo criteriosamente seu método empírico, porém quanto ao éter como causa da gravidade, não se pode afirmar o mesmo, tendo em vista que o mesmo aparece apenas como forma de questionamento na parte final do *Opticks*.

Rosenfeld argumenta que como Newton não podia garantir uma causa mecânica para a gravidade, então justificou que a gravidade necessitaria de uma causa não mecânica, de tal forma a ser uma representação da vontade de Deus, e o éter seria a forma de realizar essa vontade, tal como o espaço absoluto como mencionado no capítulo anterior é a forma para Deus interagir com o seu universo. Deus agiria como a força mantenedora desse meio, de forma análoga ao mencionado no capítulo anterior, em que também discutimos que Newton estava satisfeito com a ideia da ação contínua de Deus em sua obra, ao contrário de Leibniz como discutimos anteriormente.

Retratada de vários modos ao longo de sua obra, a presença do éter se explica de modo mais significativo nas Questões da *Óptica*. Mas será também nas Questões que aparecem certas associações e oposições às teorias vigentes. Consequentemente, estaria ali presente um éter distinto daquele que foi originalmente concebido por Newton (CAMARGO, 2018).

## Considerações Finais

Este trabalho nos permitiu compreender melhor a natureza fundamental da Filosofia de Newton e identificar o quanto suas características e aspectos metafísicos foram perdidos ao longo dos séculos de desenvolvimento científico matemático e experimental.

O conceito que Newton atribuiu a Deus como a origem e causa de todos os movimentos, o ser que mantém a harmonia do universo e suas leis em constante equilíbrio nunca é mencionado em lugar algum que não seja nas obras originais ou em análises bibliográficas das mesmas, sendo um conceito extremamente importante que mostra o trabalho de Newton como teólogo.

Tal como declara Camargo é possível notar a importância que Newton deu ao éter em suas obras, pois mesmo que esse conceito tenha passado por diversas mudanças em suas mãos, ele ainda o adaptou de forma a poder ser usado em suas explicações, como fica claro na carta a Boyle e nas questões mencionadas do *Opticks*. “Ora por rupturas de ideias, ora por curiosos questionamentos e, até mesmo, por incessantes discussões em torno de estudos do período, é fato que o éter alimentou as investigações de Newton”<sup>40</sup>

Embora a metafísica tenha sido uma base fundamental para o desenvolvimento da Física no século XVII, a mesma ficou oculta pela natureza empírica do trabalho de Newton, embora como afirmamos na introdução deste trabalho, que isso permitiu o seu desenvolvimento, também aos poucos permitiu que a mesma desaparecesse, e passasse a ser vista como algo subjetivo.

*[...] há algo pelo qual Newton – ou, melhor dizendo, não Newton isoladamente, mas a ciência moderna em geral – ainda pode ser responsabilizado: a divisão de nosso mundo em dois. Afirmei que a ciência moderna derrubou as barreiras que separavam o céu e a Terra; uniu e unificou o Universo. É verdade. Mas, como também afirmei; ela o fez substituindo nosso mundo da qualidade e da percepção sensorial, o mundo em que vivemos, amamos e morremos, por um outro mundo – o mundo real – foi afastado e profundamente divorciado do mundo da vida, que a ciência não conseguiu explicar nem tampouco tornar compreensível, ao chama-lo de ‘subjetivo’<sup>41</sup>*

Nos dedicamos a realizar um trabalho simples e curto tratando a respeito das bases metafísicas do pensamento newtoniano, trazendo suas principais características, para que aqueles que venham a ler esse trabalho se interessem em ler as grandes obras de Alexandre Koyré, Edwin Burt, Ernan McMullin, Voltaire e incontáveis outros com suas centenas de páginas que irão tratar os aspectos metafísicos da Filosofia da Natureza de Newton até os seus mais profundos e esquecidos detalhes.

## Notas

1. *Prefácio de Newton à Primeira Edição, Principia.*
2. *O Aspecto Empírico, Bases Metafísicas da Ciência Moderna, p.172.*
3. *Part 1, First Book of Opticks, Opticks, p.1.* (tradução do autor).
4. *Regras de Raciocínio em Filosofia, O Sistema de Mundo, p.187.*
5. *On Hypotheses, Newton's Philosophy of Nature, p.3* (tradução do autor).
6. *A Doutrina do Positivismo, Bases Metafísicas da Ciência Moderna, pp.180-181.*
7. *A Doutrina do Positivismo, Bases Metafísicas da Ciência Moderna, pp.182-183.*
8. *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Escólio, Principia, p.44.*
9. *Espaço, Tempo e Massa, Bases Metafísicas da Ciência Moderna, p.189.*
10. *Is Matter Active? Newton on Matter and Activity, p.29.* (tradução do autor).
11. *Espaço, Tempo e Massa, Bases Metafísicas da Ciência Moderna, p.189.*
12. *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Definições, Principia, p.40.*
13. *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Definições, Principia, p.40.* (grifo do autor).
14. *Espaço, Tempo e Massa, Bases Metafísicas da Ciência Moderna, p.190.*
15. *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Definições, Principia, p.39.*
16. *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Escólio, Principia, p.45.*
17. *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Escólio, Principia, p.45.*
18. *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Escólio, Principia, p.45.*
19. *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Escólio, Principia, p.45.*
20. *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Escólio, Principia, pp.45-46.*
21. *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Escólio, Principia, p.46.*
22. *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Escólio, Principia, p.46.*
23. *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Escólio, Principia, pp.46-47.*
24. *Espaço, Tempo e Massa, Bases Metafísicas da Ciência Moderna, p.196.*
25. *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Escólio, Principia, p.49.*
26. *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Escólio, Principia, pp.50-51.*
27. *De Deus, Elementos da Filosofia de Newton, p.24.*
28. *Book Three. Part I, Query 28, Opticks, pp.369-370.* (tradução e grifo do autor).
29. *Primeira Carta de Leibniz, Leibniz-Clarke: Correspondências, pp.7-8.*
30. *Primeira resposta de Clarke, Leibniz-Clarke: Correspondências, pp.9-12.*
31. *Do Espaço e da Duração, Elementos da Filosofia de Newton, p.32.*
32. *Escólio Geral, O Sistema de Mundo, p.331.*
33. *Escólio Geral, O Sistema de Mundo, pp.331-332.*
34. *Newton's Views on Aether and Gravitation, p.31.*
35. *Letter From Newton to Robert Boyle. Terceiro parágrafo,* (tradução do autor).
36. *Letter From Newton to Robert Boyle. Quarto parágrafo,* (tradução do autor).
37. *Book Three. Part I, Query 19 & Query 20, Opticks, pp.349-350.* (tradução do autor).
38. *Book Three. Part I, Query 21, Opticks, pp.350-352.* (tradução do autor).
39. *Book Three. Part I, Query 22, Opticks, pp.352-353.* (tradução do autor).
40. *Análise sobre o éter na obra de Issac Newton – Análise da carta de newton a Boyle de 28 de fevereiro de 1678/9, Os conceitos de éter nos trabalhos de Issac Newton, p.48.*
41. *The Significance of the Newtonian Synthesis, Newtonian Studies, p.23.* (tradução do autor).

## Referências

- BARRETO, Márcio. **Newton e a Metafísica: Uma proposta para o Ensino de Física para o Segundo Grau a partir do resgate do conceito de Forças a Distância**. 1995. 114p. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, 1995.
- BURTT, Edwin A. **As Bases Metafísicas da Ciência Moderna**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1983.
- CAMARGO, Daniela B. **Os conceitos de éter nos trabalhos de Issac Newton**. 2018. 90p. Dissertação (Mestrado), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2018.
- E.J. AITON M.Sc. Ph.D. (1969): **Newton's aether-stream hypothesis and the inverse square law of gravitation**, *Annals of Science*, 25:3, 255-260. Link: <http://dx.doi.org/10.1080/00033796900200151>
- GUERLAC, Henry. **Newton's Optical Aether: His drafts of a Proposed Addition to his Opticks**. Vol. 22, No. ½, pp. 45-57, setembro, 1967. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/531188>.
- KOYRÉ, Alexandre. **Newtonian Studies**. Londres, Inglaterra: Chapman & Hall, 1965.
- LEIBNIZ, Gottfried W; CLARKE, Samuel. **Leibniz-Clarke: Correspondências**. Tradução de Bernardo Santos, Edição do Kindle, 2021.
- MCMULLIN, Ernan. **Newton on Matter and Activity**. Notre Dame, Indiana: University of Notre Dame Press, 1978.
- Newton's Correspondence**. Disponível em: <https://www.newtonproject.ox.ac.uk/>. Acesso em: 05 de mar. 2023.
- NEWTON, Isaac. **Letter from Newton to Henry Oldenburg**, dated 10 February 1671/2. Disponível em: <https://www.newtonproject.ox.ac.uk/view/texts/diplomatic/NATP00238>. Acesso em: 05 mar. 2023.
- NEWTON, Isaac. **Letter From Newton to Robert Boyle**, dated 28 february of 1678/9. Disponível em: <https://www.newtonproject.ox.ac.uk/view/texts/diplomatic/NATP00275>. Acesso em: 05 de mar. 2023.
- NEWTON, Isaac. **Principia: Fundamentos Matemáticos de Filosofia Natural**. 2ª Edição, 3ª Reimpressão. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2016.
- NEWTON, Isaac. **Principia: O Sistema do Mundo**. 1ª Edição, 3ª Reimpressão. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2020.
- NEWTON, Isaac. **Opticks**. 4ª Edição. New York: Dover Publications, Inc. 1952.
- NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica: Mecânica**. 5ª Edição. São Paulo: Editora Blucher. 2013.

RODRIGUES, Idely G. **Aspectos Epistemológicos da Mecânica de Newton: Novas Formas de Compreensão dos Conceitos**. 1988. 134p. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo. Instituto de Física. 1988.

ROSENFELD, L. **Newton's Views on Aether and Gravitation**. Archive for history of Exact Sciences, Volume 6, No. 1, pp. 29-37, setembro, 1969. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/41133293>

PESSOA JR. Osvaldo. **Cap XII Experimento do Balde e Espaço Absoluto**. 2019. Disponível em: <https://opessoa.fflch.usp.br/FiFi-19#:~:text=O%20curso%20busca%20trabalhar%20as,um%20problema%20em%20cada%20a-ula.> Acesso em: 06 de fev. 2023.

SAMPAIO DA SILVA, E. **Metafísica, Discurso e Modo de Vida Filosófico**. Prometheus - Journal of Philosophy, v. 9, n. 21, 14 Dec. 2016.

SAPUNARU, Anna Raquel. **O “Estilo Newtoniano”, o espaço, o tempo e o movimento “absolutos”**: controvérsias entre cartesianos e newtonianos. 2006. 178p. Dissertação (Mestrado), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Filosofia. 2006.

SAPUNARU, Anna Raquel. **O conceito leibniziano de espaço**: distâncias metafísicas e proximidades físicas do conceito newtoniano. 2010. 219p. Dissertação (Doutorado), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Filosofia. 2010.

THAYER, H. S; RANDALL. John H. **Newton's Philosophy of Nature: Selection from his Writings**. Mineola, New York: Dover Publications, INC, 2005.

VOLTAIRE, **Elementos da Filosofia de Newton**. 2ª Edição. Campinas: Editora da Unicamp. 2015.