

INSTITUTO CATÓLICO DE ESTUDOS SUPERIORES DO PIAUÍ

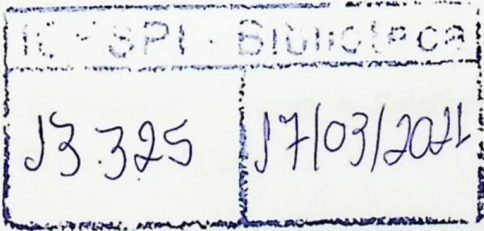
Licenciatura em Filosofia

JEFFERSON ALVES MORAIS

AS IMPLICAÇÕES FILOSÓFICAS DA TEORIA DA RELATIVIDADE
DE ALBERT EINSTEIN

Uma abordagem histórica, conceitual e cosmológica

cod. 5954
C100
M 827 n



TERESINA

2018

1 cc - Filosofia

MORAIS, Jefferson Alves.

As implicações filosóficas da teoria da relatividade de Albert Einstein: Uma abordagem histórica, conceitual e cosmológica / Jefferson Alves Moraes – Teresina – PI, 2018, 53 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Católico de Estudos Superiores do Piauí – ICESPI, Curso de Licenciatura em Filosofia, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Gerson Albuquerque Neto

1. Filosofia 2. Filosofia da Natureza 3. Teoria da Relatividade I. Título – Instituto Católico de Estudos Superiores do Piauí – ICESPI.

CDD 100

JEFFERSON ALVES MORAIS

**AS IMPLICAÇÕES FILOSÓFICAS DA TEORIA DA RELATIVIDADE
DE ALBERT EINSTEIN**

Uma abordagem histórica, conceitual e cosmológica

Monografia apresentada ao Curso de
Licenciatura em Filosofia do Instituto Católico
de Estudos Superiores do Piauí para obtenção
do título de Licenciado em Filosofia sob
orientação do Prof. Dr. Gerson Albuquerque
Neto.

TERESINA

2018

JEFFERSON ALVES MORAIS

**AS IMPLICAÇÕES FILOSÓFICAS DA TEORIA DA RELATIVIDADE
DE ALBERT EINSTEIN**

Uma abordagem histórica, conceitual e cosmológica

INSTITUTO CATÓLICO DE ESTUDOS SUPERIORES DO PIAUÍ

Licenciatura em Filosofia

Data de aprovação: _____ de _____ de 2018

Prof. Dr. Gerson Albuquerque Neto
Orientador

Prof. Ms. Gadafy de Matos Zeidam
Primeiro Examinador

Prof. Ms. Elizangela Amaral Soares Osório
Segunda Examinadora

Dedico esta empreitada filosófica

À divina Providência e à Maria Santíssima Nossa Senhora da Paz;

Ao Meu Anjo da guarda "italiano" Padre Pedro Balzi;

*Aos meus pais, José Messias de Moraes Almeida e Maria do Carmo Alves da Silva, minha
irmã Jéssica Alves Moraes, pessoas com a bússola moral voltada para Deus;*

À comunidade formativa do Seminário Maior Interdiocesano Sagrado Coração de Jesus,

Casa da Filosofia Dom Edilberto Dinkerborg;

Aos sacerdotes amigos que integram o clero da Arquidiocese de Teresina;

Aos amigos seminaristas que concluem comigo essa etapa;

Aos meus amigos;

Aos que se empreendem na busca da compreensão da realidade que só possui sentido no

Criador.

Agradeço

Ao meu Bom Deus pela sua misericórdia e incomensurável amor;

À Arquidiocese de Teresina, na pessoa do Senhor Arcebispo Metropolitano

Dom Jacinto Brito;

Aos professores do ICESPI, em especial ao Prof. Dr. Pe. Wellistony C. Viana e

*Prof. Dr. Gerson Albuquerque, orientador deste trabalho, que na sua humildade e motivação
me inspiraram na busca pelo conhecimento e reflexão do mundo;*

Aos componentes da banca examinadora Profa. Ms. Elizangela Osório e

Prof. Ms. Gadafy Ziedam pelo incentivo e presença intelectual;

*Aos meus familiares pela presença carinhosa e instrumental humano,
base para minha edificação e triunfo pessoal voltado para o Pai Eterno;*

Aos amigos, pelas presenças e tempos de qualidade;

*À minha amada Paróquia Santuário de Nossa Senhora da Paz na
pessoa do meu pároco Pe. Antônio Barbosa;*

In memoriam de Lívio Araújo, Bruno Eduardo e Raimunda Almeida;

Este trabalho pretende apresentar a evolução da agricultura em Portugal, que
 começou na Terra da Babilónia com os seus primeiros, Egípcios e Gregos, que se
 foi evoluindo e aperfeiçoando dos tempos dos romanos que trouxeram o conhecimento para
 a agricultura da Colúmbia, onde que houve uma revolução desde os romanos, que os romanos
 foram os primeiros. O trabalho se vai fazer sobre a agricultura de Alentejo, Alentejo
 Alentejo, a agricultura moderna, através dos tempos que a Terra da Babilónia
 evoluiu na forma de observar e estudar os factos e acontecimentos, principalmente os
 acontecimentos antigos, comparados com os que actualmente existem e também os
 dados os dados locais dos tempos.

PALAVRAS-CHAVE: Alentejo, Alentejo, Alentejo, Alentejo, Terra da Babilónia,
 Agricultura Moderna.

“Daqui para frente, estaremos deixando o terreno
 firme dos fatos para viajar juntos pelos turvos
 alagados da memória e nos embrenhar pelo
 matagal das suposições mais absurdas”

Albus Dumbledore – J. K. Rowling

“Quando uma criatura humana desperta para um
 grande sonho e sobre ele lança toda a força de sua
 alma, todo o universo conspira a seu favor.”

Goethe

RESUMO

Este exercício intelectual persegue a finalidade de apresentar um caminho filosófico que culminou na Teoria da Relatividade em suas duas versões, Especial e Geral. Ao passo, que se faz necessário a apresentação dos conceitos revolucionários que servem de embasamento para a sua formulação. Conceitos estes que negam uma tradição desde de Newton, que em trezentos anos não era contestada. Desenrola-se em uma breve exposição das contribuições de Albert Einstein à cosmologia moderna, através dos intentos que a Teoria da Relatividade revolucionou na forma de observar e estudar os fenômenos cosmológicos, principalmente as velocidades enormes, comparadas com as que anteriormente Newton e Galileu trabalharam, tanto em âmbito local com estelar.

PALAVRAS-CHAVE: Albert Einstein; Caminho Filosófico; Teoria da Relatividade; Cosmologia Moderna.

ABSTRACT

This intellectual exercise has a purpose to present a philosophical path that culminates in the Theory of Relativity in its two versions, Special and General. Whereas, it is necessary to present the revolutionary models that serve as base for its formulation. These concepts that deny a tradition since Newton, which in three hundred years was not disputed. It is unfolded in a brief exposition of the contributions of Albert Einstein to modern cosmology, through understanding the Theory of Relativity that has revolutionized in form of observing and studying cosmological phenomena, mainly giant speeds, compared with previous information Newton and Galileo worked, both locally as stellar.

KEYWORDS: Albert Einstein; Philosophical Path; Theory of Relativity; Modern Cosmology.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 RAÍZES EPISTEMOLÓGICAS DA TEORIA DA RELATIVIDADE	13
2.1 O conhecimento da realidade na filosofia helênica.....	13
2.2 O conhecimento da realidade na filosofia patrística e escolástica.....	15
2.3 O conhecimento da realidade na filosofia moderna.....	18
3 IMPLICAÇÕES FILOSÓFICAS DA TEORIA DA RELATIVIDADE	27
3.1 Condições imediatas para o surgimento.....	28
3.2 Rompendo com a tradição precedente.....	30
3.3 Os princípios e conceitos da Relatividade Especial.....	34
3.4 Os princípios e conceitos da Teoria da Relatividade Geral.....	38
4 CONTRIBUIÇÕES PARA UMA NOVA COSMOLOGIA	41
4.1 Contribuições einstenianas para a cosmologia moderna.....	42
4.2. Os conceitos einsteinianos.....	43
4.3 A Expansão do Universo.....	47
5 CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

A Teoria da Relatividade de Albert Einstein se constitui como uma teoria física que resolveu questões em aberto deixadas por Sir Isaac Newton e que está entre os principais círculos de debates que refletem sobre o progresso tecnológico, científico e filosófico. Caracterizando-se assim com uma alta relevância. As formulações de Albert Einstein geram implicações filosóficas. Tais implicações não foram aceitas por ele, tendo em vista que o mesmo não concebia a sua teoria com um viés filosófico, mas puramente físico.

Ao refletir sobre As Implicações Filosóficas da Teoria da Relatividade de Albert Einstein, faz-se mister buscar seus fundamentos e traçar um itinerário capaz de favorecer uma visão panorâmica sobre o que se constituem, o que realmente são e quais consequências trazem para o mundo, neste caso mais concreto, para a cosmologia.

Como o próprio físico já reportou em sua obra *Como vejo o mundo*, na qual relata que, como indivíduo pensante que se empreende em pesquisas, seu modo de apreender a evolução antiga e contemporânea poderia influenciar de modo crucial naquilo que espera como objetivo imediato. Mas é este o destino de cada indivíduo que se entrega apaixonadamente ao mundo das ideias. É o mesmo destino que espera o historiador da filosofia, ao organizar os fatos históricos e reflexões filosóficas que serviram de pressuposto de negação ou afirmação de uma teoria, mesmo que não fosse a meta dos pensadores de então, cunhá-la.

Este trabalho traçará um breve itinerário filosófico sobre o nascimento e desenvolvimento da Teoria da Relatividade de Albert Einstein. No primeiro capítulo, que tem por título: As Raízes Epistemológicas da Teoria da Relatividade, discernir-se-á entre os filósofos que precederam a era contemporânea com mais influência no meio científico, ao tomarem algum posicionamento, reflexão ou até construir uma filosofia da natureza. É crucial, neste trabalho, a evidência de que tais pensadores não tinham como meta principal em suas elucubrações uma teoria física, mas o desejo de compreensão da realidade. Eis o elo entre o pensamento antecedente e a Relatividade de Einstein.

Recorre-se, no conhecimento da realidade¹ na Filosofia Helênica, às contribuições desde os primórdios da filosofia, com Tales de Mileto e outros monistas. Encaminha-se, por conseguinte, às contribuições mais arrojadas de Platão, em sua obra *Timeu*, onde salvaguarda suas concepções cosmológicas, bem como a teoria das formas, que influenciam várias outras concepções no desenvolvimento dos conceitos em prol da compreensão da realidade.

Aristóteles, como grande baluarte da antiguidade, fornece bastante subsídio para a construção do que ele próprio chama de filosofia da natureza, apresentando certa classificação

¹ Palavra que aqui significa sinônimo de natureza e meio existente.

quanto a ordem dos conhecimentos que trabalha e conceitos que permeiam toda a filosofia e ciência até Einstein, entre estes se destaca o Éter.

Frente ao aprofundamento dos conceitos helenísticos, na medievalidade, o conhecimento da realidade na filosofia patrística e escolástica impulsiona pensadores, como Agostinho de Hipona, que atribuem a esse restrito arcabouço conceitos ainda não trabalhados, como, por exemplo, o tempo numa perspectiva cristã de conhecimento. Atribuindo ainda ao criacionismo *status* de como se constitui o mundo como se observa, tendo por criador o seu Deus cristão. Já o representante mais enfático da escolástica, Tomás de Aquino, difere do estudo das substâncias físicas que se detém como princípio de explicação, pois considera como a investigação do ser enquanto ser a fonte da verdade por onde desvela a realidade. Se aproveita do conceito de motor imóvel aristotélico, fonte do movimento, para formular a *prima via* da existência de Deus.

A representação cosmológica do Universo como conjunto de esferas justapostas serve de base para todos os modelos medievos posteriores. No período moderno, se intensifica as pesquisas e postulações acerca da organização celeste e a disposição dos astros. Copérnico entra no debate, como o revolucionário, frente às concepções aristotélicas vigentes e o posicionamento da Igreja Católica que se baseia na Sagrada Escritura. Neste mesmo páreo, entra Kepler com suas leis que compreende o movimento dos planetas conhecidos até então.

O considerado pai da ciência moderna e de um método experimental bastante útil confirma os postulados de Copérnico e implementa seu programa com o primeiro relato sobre o Princípio de Relatividade, Galileu, um grande divisou de águas no que diz respeito a cisão entre a ciência e filosofia. Newton favorece, em grande parte, aos empreendimentos de Einstein, seja para sustentá-los ou refutá-los. Principalmente, no que concerne aos elementos tempo e espaço absolutos e a Cosmologia, pois não se dispunha do arcabouço experimental.

As contribuições de pensadores, como Spinoza, que enveredam por um racionalismo radical, onde compreendem o mundo como uma substância única a qual atribuem a essência de Deus, são refutadas pela Teoria da Relatividade. Leibniz, por sua vez, compreende a realidade constituída de elementos eternos e simples chamadas mônadas. Deus, para ele, é quem cria e mantém a harmonia como organizador universal. Descartes considera o espaço como ente infinito, constituído em toda parte pela mesma matéria. Também será contemplado nestas páginas Immanuel Kant. Este último oferece um grande desafio conceitual para a Teoria da Relatividade, pois Einstein levanta a bandeira quanto ao direito de pensar sobre conceitos que a matéria experimental sensível não pode fornecer ainda, mesmo que permaneça, por isso, em plano lógico.

O que impulsiona a pesquisa para o seu segundo momento, que diz respeito às implicações filosóficas da Teoria da Relatividade em si. Que concernem nas consequências sofridas por parte desta grande empreitada física em dimensões filosóficas. Percebe-se isso em âmbito conceitual, tais conceitos revolucionam a forma de se compreender o mundo e trabalhar com outras concepções. Que embora provenham de bases *a priori* representam muito mais que meras formulações, uma vez que a partir de experimentos e observações pode-se constatar a validade da formulação, tanto em âmbito local, como em uma locomotiva, como em âmbito estelar, como na curvatura do espaço ao redor do Sol.

Tais posicionamentos são abordados nos quatro tópicos deste trabalho nos termos, a saber: O Rompimento com a Tradição Precedente; Condições Imediatas para o Surgimento; Princípios e Conceitos da Relatividade Especial; e, Princípios e Conceitos da Relatividade Geral.

À guisa de conclusão, este trabalho propõe uma breve descrição acerca das contribuições da Teoria da Relatividade Geral à Cosmologia Moderna. Tendo por base textos de Mario Novello, que ajudam na elucidação desta temática que adorna a problemática iniciada pelo próprio Einstein na renovação da ciência física pela implementação da Cosmologia.

2 RAÍZES EPISTEMOLÓGICAS DA TEORIA DA RELATIVIDADE

A física de Albert Einstein não é um acontecimento intelectual isolado, mas pertence a um conjunto de investigações sobre a natureza extraordinariamente vivo e fecundo. A história que prescinde a formulação da Teoria da Relatividade percorre um itinerário milenar que transcende sua exposição pontual entre 1905 e 1915. Longe de afetar apenas o meio físico moderno, a Teoria de Einstein oferece uma nova cosmovisão que transforma o fazer científico e oferece outro viés de reflexão sobre a ciência e a natureza. Sendo um dos grandes questionamentos filosóficos colocado em foco para abstração, inclusive dos físicos, o conhecimento da realidade ou mundo material e sua constituição servirá de marco inicial para este trabalho.

2.1 O conhecimento da realidade na filosofia helênica

Nos anos em que a filosofia era nascente buscou-se o fundamento da realidade. O princípio de materialidade que a sustenta e nutre, o substrato que constitui cada objeto real existente. As correntes pré-socráticas atribuíam ao princípio primordial elementos naturais como a água, segundo Tales de Mileto, o ar, segundo Anaxímenes, o fogo, segundo Heráclito, etc., sendo designados, portanto, como monistas. Contudo, houve um representante desta época que afirmou que o princípio primordial era indeterminado, *ápeiron*, este fora Anaximandro (NUNES, 2012, p. 18-26).

Demócrito contribuiu com a busca pelo que constitui a realidade e afirma que é dividida em pequenas partículas invisíveis, designando-as como *átomos*. Se caracterizam como eternos, sem começo ou fim, possuem formas diferentes, ordem e posição. Da combinação dos átomos surgiu o mundo e todos os corpos, sendo assim provedores da realidade a partir de um movimento eterno. Tudo se transforma, constrói-se e desconstrói-se na realidade pelo movimento eterno, permitindo assim a existência aos objetos pela sua ordenação.

Platão, em *Timeu*, estruturou sua filosofia dualista na existência dicotômica do sensível e do inteligível, concebendo o movimento como uma realidade separada, pois o movimento pertence ao mundo físico, está nas coisas, e é em função do dado sensível que deve ser explicado. Na segunda seção, adiciona o espaço como habitação, onde as formas vêm para ficar no meio físico. As qualidades são impostas pelo *Demiurgo* no espaço ainda não organizado através das figuras geométricas, que reproduzem os elementos primários, fogo, água, terra e ar. Pelos cinco sólidos regulares, a saber: o cubo, o tetraedro, dodecaedro, icosaedro e o octaedro, dados pitagóricos platônicos, se poderia compreender a quantidade de

planetas e suas órbitas ao passo que se compreende a relação entre as esferas planetárias (REALE, 1990, p. 243).

Platão não chega a afirmar a criação, mas concorda na ideia de caos dos elementos primordiais. Seria o espaço *khóra*, em sua óptica, perpétuo e sustentáculo de todas as coisas que existem e que existirão. Como disse Walter Michael Ebejer:

Com a asserção da transcendência das Formas, a realidade sensível é relegada a uma espécie de existência secundária; dessa posição, problemas começam a brotar quanto ao seu exato 'status' existencial. Mas uma coisa é certa, ao descrever o relacionamento entre as formas e objetos sensíveis como participação e imitação, a inerente racionalidade da realidade física ainda é mantida. Porém as posições heraclitianas de Platão e sua falta de moderação em se expressar passam para nós uma noção assaz obscura da realidade dos sensíveis. Mas, em geral, até Fédon, suas posições ainda são de que há, neste mundo, um elemento de estabilidade, resultando da participação das formas; esse elemento estável é a 'ousia', ou natureza, de cada objeto, relativamente não mutável, até quando aquela natureza persistia em sua identidade (EBJER, 2010, p. 339).

É perceptível que todo o *Timeu* contém a teoria das formas de Platão em sua versão mais desenvolvida, entretanto ainda não é perfeita. Apresenta uma ontologia e cosmologia do universo, que se estabelece como um relato de origem do mundo sensível, que consiste na realidade que se constitui por imitação ou participação das ideias eternas.

Na filosofia aristotélica, o estudo do mundo físico constitui a parte mais desenvolvida. Pertence a terceira parte da filosofia teórica, as duas primeiras partes eram a metafísica e a matemática. Para ele, o físico considera o ser da natureza dotado de suas qualidades sensíveis comuns. Este esquema metodológico foi constituído e vigorou por vinte séculos. Considerou dois pontos de vista no estudo da natureza como o determinar os caracteres ou as propriedades mais comuns, em primeiro, fundamentando-se para tanto sobre os mais simples e mais imediatos dados experimentais procura-se as condições universais da mudança como tal e a quais princípios últimos deve-se reconduzi-los; átomos, elementos, matéria-prima se delimita, assim, uma filosofia da natureza. E, a segunda forma, é a procura das condições especiais de fenômenos particulares, como a queda dos corpos, magnetismo, evaporação, através do método de observação e mensuração destes fenômenos. Isso constitui a sua ciência da natureza.

Em suma, Aristóteles sustentou e assumiu a postura de Heráclito, quando afirma que o mundo é mudança ou da mutabilidade. A definição de movimento se constitui ao nível das primeiras distinções metafísicas. O movimento é uma noção primeira, indo além da

classificação dos predicamentos, uma vez que ele se reencontra em muitos destes. Ela não pode, portanto, ser reduzida senão a noções da ordem dos transcendentais. O movimento une, por assim dizer, as duas noções de ato e de potência: ele é *entelequeia*, o ato, daquilo que está em potência enquanto tal. Aristóteles pensa o mundo em função de um motor primeiro, uma substância primeira, ato puro (GARDIEL, 1967, p. 17-35).

Em Física e em Metafísica, ele ofereceu duas definições para motor primeiro, que são idênticas. O primeiro motor para o mundo físico é atingido formalmente, a título de princípio físico do movimento do *cosmos*, enquanto que na metafísica são desenvolvidas outras propriedades de ser primeiro. Outra diferença entre os termos é que em física o primeiro motor parece agir à maneira de uma causa eficiente, enquanto que na metafísica ele tem a função de colocar as esferas em movimento a título de causa final. Para Aristóteles, o mundo era concebido como um encaixe de orbes esféricos de raios cada vez maiores, tendo a terra como centro. Cada esfera tinha uma existência verdadeira e era constituída por um elemento incorruptível e transparente, chamado Éter, totalmente distinto dos elementos dos quais temos experiência.

2.2 O conhecimento da realidade na filosofia patrística e escolástica

Na Idade medieval os conceitos de matéria e mundo eram entendidos como extensão de uma hierarquia celeste, fixista, dogmática e ordenada, controlada pela onipresença e onipotência de Deus. Era tempo de se compilar e formular informações, através da reflexão para auxiliar os crentes a perscrutar os mistérios de Deus contidos na natureza e na alma. Daí vieram as grandes sumas, desde Isidoro de Sevilha a Tomás de Aquino. E estas, por sua vez, auxiliaram na compreensão que os medievos nutriam do universo e sua estrutura.

Entre os grandes baluartes do primeiro período está Agostinho de Hipona, para ele, no mundo todas as coisas têm unidade, ordem e forma. São como bens gerais nas coisas que foram feitas por Deus, tanto no espírito como no corpo, e estas características são vestígios que a Trindade (Deus cristão) deixou nas coisas e, através destes vestígios o homem pode contemplar o mundo e chegar a Deus, partindo dos degraus de perfeição que existem no mundo. No que concerne a ideia de matéria pertencente a Agostinho de Hipona, no ato criador desenvolvem papel determinante as ideias, entendidas do modo médio platônico como pensamentos de Deus, isto é, concebidas como o modelo ideal do mundo. Isso não implica que o mundo tenha nascido já perfeitamente formado. No momento da criação, Deus produz apenas as sementes de toda as coisas, as quais têm necessidade de tempo para gerar aquilo que é inerente à sua natureza.

Agostinho postula, em *Confissões*, que antes de Deus formar e diferenciar a matéria visível e informe, nada existia, figura, corpo ou espírito. Nega enfaticamente o nada absoluto. Quando analisou a mutabilidade das formas constatou que esta transição, de uma forma para outra, se fazia por meio de qualquer ser informe, e não pelo nada absoluto. Deus é, então, a fonte donde provem a mutabilidade, de onde todas as coisas recebem o ser.

Criastes, sim, o céu e a terra, sem os tirardes de Vós. [...] Nada havia, fora de Vós, com que os pudésseis criar, ó Trindade Una e Unidade Trina. Do nada, pois, fizestes o céu e a terra, àquele, grande, e a esta, pequena, porque sois onipotente e bom para criardes tudo bom: um céu grande e uma terra pequena. Só Vós existíeis, e nada mais. Deste nada fizestes o céu e a terra, duas coisas: uma perto de Vós, outra perto do nada; uma que só a Vós tem como superior, outra que nada tem de inferior a ela (AGOSTINHO, 1996, p. 347).

Seguindo pelos conceitos agostinianos, antes de Deus criar o céu e a terra não havia tempo, logo não se pode falar de um antes relacionado a criação do tempo. Define, então, o tempo como elemento diverso do eterno: a natureza do tempo, explica-se em relação à alma, que conserva o passado e antecipa o futuro. Do ponto de vista ontológico o tempo, portanto, não subsiste: ele existe apenas como memória, intuição e antecipação na alma.

O tempo é criação de Deus. E a resposta à pergunta: “o que havia antes da criação?”, o próprio percebe um equívoco: incorreria em um erro estrutural, pois atribuiria a Deus uma característica pertencente a suas criaturas. O tempo e a eternidade são, por assim dizer, incomensuráveis ou antagônicos. O tempo se constitui de passado, presente e futuro. Sendo que o passado não é mais e o futuro não é ainda. E o presente se existisse sempre e não transcorresse no passado, não seria mais tempo, mas eternidade. Logo o ser do presente é um contínuo deixar de ser, um movimento contínuo ao não-ser. Cada objeto pode ser visto em outra parte como o passado na memória, o presente na intuição e o futuro na espera.

Continua afirmando que o tempo existe no espírito do homem. Porque é no espírito do homem que se mantêm tanto o passado como o presente e o futuro. Mesmo que haja aparente ligação entre o movimento dos corpos, o tempo não está no movimento e nas coisas em movimento, mas sim na alma. Apresentando, dessa maneira, uma saída psicológica para a incógnita que representa o tempo cronológico. Para ele duas criaturas prescindem do tempo: o céu, porque é constituída de eternidade e imutabilidade; e, a terra porque é informe, que não pode mudar de forma nem no movimento nem no espaço de repouso.

Quanto a Tomás de Aquino o que se sabe do seu método é que difere do estudo das substâncias físicas que se detém habitualmente na noção de forma como princípio de

explicação. A física matemática não precisa dessa noção; a filosofia da natureza, ao contrário, exige-a, mas não faz uso de qualquer outro princípio de explicação. A Metafísica, não. Tendo ela por objetivo próprio a consideração do ser enquanto ser, deve levar a investigação para além do plano das operações realizadas pelas substâncias e para além das formas, ou atos primeiros, que são a causa daquelas operações. Com efeito, a metafísica começa e termina com a investigação do ser. Defrontando-se com uma substância ativa, o metafísico não se contenta com investigar aquilo que a faz agir, quer saber o que a faz ser. É este o ponto preciso ao qual Tomás aplica a noção metafísica do ato de ser, *actus essendi*.

A existência, na filosofia de São Tomás, concebe as coisas que dependem da matéria, não somente quando a seu ser, mas também quando a sua causa. Trata-se de sua filosofia da natureza, chamada também pelo nome de física. Como o que é material é em si móvel, segue-se que o ser móvel é o sujeito da filosofia da natureza. O movimento, para Tomás, se dá pela ação do infinito, que incide intrinsecamente o movimento, porque o movimento é um contínuo e o infinito está compreendido na definição do contínuo. Tempo é a medida do movimento. Lugar é a medida do móvel, a medida é desempenhada pelo vazio. Tomás aproveita as noções dadas por Aristóteles sobre o motor imóvel e formula a *prima via* da existência de Deus.

É a primeira e a mais manifesta é a que parte do movimento. É evidente que, nossos sentidos o atestam, que neste mundo algumas coisas se movem. Ora, tudo o que se move é movido por um outro. Com efeito, nada se move enquanto o que nele está em potência não se coloca em relação com o movimento que o encontra (AQUINO, 2002, p. 166).

Ao afirmar esta premissa atesta o Deus cristão como a causa do movimento no cosmos. Sendo então criador do espaço e tempo, contudo não sujeito a eles. Uma vez que se caracteriza em uma dimensão transcendental e eterna. Se valendo da afirmação de Aristóteles que concerne em “tudo o que se faz se fazia” (AQUINO, 2002, p. 74).

2.3 O conhecimento da realidade na filosofia moderna

Os conceitos de matéria, bem como de constituição da realidade provenientes da Idade Moderna oferecem respostas revolucionárias como a de Nicolau Copérnico que no ano de sua morte publica o *De revolutionibus orbium celestium*. Em um prefácio cauteloso, o filósofo declara que suas hipóteses astronômicas têm apenas valor dentro do âmbito matemático de figuração. Afirma que a Terra gira em torno do Sol, assim como os outros planetas. Enuncia ainda a existência do movimento circular uniforme, mas não chega a eliminar movimentos

13.325 17/03/2011

excêntricos e epiciclos. Assim ele inicia uma nova forma de compreensão da realidade que influenciou outros teóricos, estes últimos, tomando como base o heliocentrismo formularam grandes teorias, algumas puderam ser experimentadas e provadas (CHALMERS, 1993, p. 98).

Um destes fora Johannes Kepler, um neoplatônico matemático que acreditava na harmonia do universo através da geometria, uma vez que Platão acreditou que a razão matemática foi usada pelo Demiurgo para a criação do mundo. Outra tese, que é profundamente platônica, é a crença que as leis matemáticas simples estivessem na base de todos os fenômenos naturais e que o Sol fosse a causa de todos os fenômenos físicos.

Descobre principalmente o movimento elíptico do planeta Marte. Essa descoberta o leva a formular três leis. Sua hipótese se estrutura da seguinte forma: enquanto Ptolomeu não conseguiu explicar o movimento de Marte, quando este, descreve um eclipse no qual o Sol ocupa um dos centros; as áreas varridas pelos raios vetores são proporcionais aos tempos, os quadrados das revoluções siderais são proporcionais aos cubos dos grandes eixos. Assim se constitui a sua primeira lei: as órbitas dos planetas são elipses das quais o sol ocupa um foco. Quando aplica essa lei tendo por modelo a Terra ao invés de Marte, descobre que pela matemática é perfeitamente aplicável. A segunda lei postula que a velocidade orbital de cada planeta varia de tal modo que a linha que liga o Sol e o planeta cobre, em iguais intervalos de tempo, iguais porções de superfície da elipse. A terceira lei enuncia que os quadrados dos períodos de revolução dos planetas estão na mesma relação que os cubos das respectivas distâncias do Sol. São as respectivas distâncias médias entre os planetas e o Sol. Com estas suposições boa parte da cosmologia de Aristóteles caiu e deu lugar a relações matemáticas racionais.

Para Kepler ainda há uma metafísica do Sol, onde os planetas são movidos por uma força motriz, como a força magnética que emana do Sol. Os raios de Sol agem sobre os planetas, sendo sua órbita elíptica (REALE, 1990, p. 246).

Galileu Galilei, célebre por numerosos trabalhos sobre o movimento dos corpos, lançamento de projéteis e o pioneiro do estudo da relatividade a partir da observação de um navio, relatou isso no polêmico *Diálogo de Galileu Liceu*, onde estabelece pela boca de Salviati e Sagredo o princípio da relatividade dos movimentos e, com esta afirmação destrói as reverberações sustentados por grandes cientistas da Igreja, que tomaram como base a leitura das sagradas escrituras em sua forma mais literal (REALE, 1990, p. 268).

A aplicação que abrange todos os fenômenos naturais, feita por Einstein é, no que concerne a relatividade restrita, o fato de todo movimento ser relativo. O que implica que o movimento não pode ser atribuído a um corpo em si mesmo. É uma crítica a teoria aristotélica do motor imóvel, e não necessitaria mais deste último. Os corpos possuem o repouso e o

movimento como estados permanentes. Ao explicá-los em relação a ausência da resistência externa, coloca a força como quem tolhi o movimento. Bem como seria, então, também a força que produz a aceleração. Com esse princípio sugerira a lei da inércia a Isaac Newton.

Galileu, para justificar suas teses sobre a mecânica, recorreu ao estudo da estrutura da matéria que consiste em tratar da continuidade, do vácuo e do átomo. Afirma que retiradas as resistências todos os objetos caem com a mesma velocidade independente da trajetória.

Constrói uma luneta astronômica que lhe permite descobrir os satélites de Júpiter, isso lhe deu um modelo menor de como se constitui o universo copernicano. A revolução defendida por Galileu não se baseia puramente em suas descobertas, mas em sua avançada metodologia. Tendo tomado a defesa das teorias de Copérnico, em seus *Diálogos sobre o mundo*, é, em 1633, condenado pelo Tribunal do Santo Ofício.

Kepler e Galileu estavam convictos em sentido metafísico que a estrutura do mundo era essencialmente matemática e que, por isso, se poderia compreender a harmonia do universo. Mas a experimentação e aplicação das equações na realidade apontavam que suas suposições não valiam apenas nesta esfera, mas também nas orbitas celestes tão estudadas e observadas, que ainda representavam grandes questionamentos quanto a ordem do universo. No mesmo ano da morte de Galileu, a história apresenta um outro vulto que levou à revolução científica naquela época.

Sir Isaac Newton escreveu a sua célebre *Philosophiae naturalis principia mathematica*, onde, graças a lei da gravitação universal, expõe uma compreensão da dinâmica do universo, dos princípios da força e o movimento e da física dos corpos em movimento em meios diversos. Organizou em um sistema coerente uma nova concepção cosmológica, isto é, com o seu sistema de mundo configurou a raiz da física clássica. A importância deste cientista é tanta que sem um aprofundamento de seu pensamento, não se poderia compreender o empirismo inglês, o iluminismo e o próprio Kant. Popper afirmou que Kant acreditava que a função do filósofo se restringe em explicar a unicidade e a veracidade da teoria de Newton. Portanto, é impossível compreender a *Crítica da Razão Pura* sem compreender por primeiro a ciência newtoniana (NEWTON, 1996, p. 5).

Para estudar o mundo, Newton elenca quatro regras, como ele diz *regras do raciocínio lógico*, que estreitam e pressupõem questões de ordem metafísica sobre a natureza e sobre a estrutura do universo. A primeira regra concerne na simplicidade da natureza, ou seja, de não admitir muitas causas para as coisas naturais do que aquelas que parecem verdadeiras e suficientes para explicar. A segunda regra, na uniformidade da natureza, se a luz incide em determinado objeto, ela também incide da mesma forma em outro objeto. A terceira regra, como a segunda, a uniformidade da natureza, mas especifica que se faz oportuno considerar

universais as qualidades que universalmente se revelam nos experimentos e que não se podem ser diminuídas nem retiradas. A quarta regra, por fim, no uso e na consideração do método indutivo como único procedimento válido para se atingir e justificar as premissas das ciências empíricas. Assim se identificam e se aplicam os dois pilares metafísicos de Newton para a natureza: simplicidade e uniformidade.

O fundamento da ideia do corpuscularismo diz respeito as qualidades fundamentais da natureza: a extensão, a dureza, a impenetrabilidade, o movimento e a força de inércia. Também afirma a existência de uma nova variante, a gravitação universal, e discute a polêmica divisibilidade da matéria, mas não faz parte do objetivo desta pesquisa expô-la.

Quando Newton se refere a força da gravidade tem certeza de sua existência, amparado por testes experimentais e observações astronômicas, por exemplo, a Lua gravita ao redor da Terra e em sua direção, os planetas gravitam e um atrai o outro logo se constata que todos os corpos são dotados de um princípio de gravitação recíproca.

Newton considera o sistema do mundo como uma máquina, através das estruturas das coisas e pelas causas finais. As leis fundamentais podem ser descobertas através da observação e do experimento. E considera que a ordem do universo pressupõe ação de um ser inteligente e poderoso. Afirma ainda que a filosofia natural tem a função de falar em Deus partindo de seus fenômenos.

No que contempla a temática inteiramente nova, a gravitação universal constitui-se a partir da relação com a quantidade de matéria sólida que os astros contêm, e sua ação se estende por toda parte, a distâncias imensas, descrevendo sempre em razão inversa ao quadrado das distâncias. Logo a gravitação é composta pela gravitação em direção as partículas singulares de que é feito o corpo. O que atesta sua existência é a observação dos corpos celestes. A essência da gravidade não é atestada por Newton. Diz ele que não inventa hipóteses, *Hypotheses non fingo*, mas se contenta com a existência da gravidade e sua atuação segundo as leis que ele formulou (REALE, 1990, p. 301).

Faz-se então um paralelo entre as leis que regem o movimento mecânico que opera em relação a quantidade de superfície das partículas sobre as quais age e o movimento proveniente da gravidade universal. Os *Principia* se tornaram o marco da revolução científica, preconizada por Copérnico, auxiliado por Kepler e Galileu. Para Newton:

O livro da natureza está escrito em caracteres e termos corpusculares. É ainda uma sintaxe puramente matemática o elemento que liga esses corpúsculos, dando assim um significado ao texto do livro da natureza. As letras do alfabeto em que está escrito o livro da natureza são um número infinito de partículas, cujos movimentos

são regulados por uma sintaxe constituída pelas leis do movimento e pela lei da gravitação universal (REALE, 1990, p. 302).

Os princípios da dinâmica newtoniana são definidos pelas suas leis do movimento, a saber: a lei da inércia, onde “todo o corpo persevera em seu estado de quietude ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja forçado a mudar esse estado por forças sobre ele exercidas”. A segunda lei postula que a mudança de movimento é proporcional à força motriz exercida e ocorre na direção da linha reta segundo a qual foi exercida o experimento usado fora. A terceira lei assegura que “toda ação se opõe sempre a uma igual reação, ou seja, as ações recíprocas de dois corpos são sempre iguais e dirigidas para direções contrárias, por exemplo, se alguém apertar o dedo contra uma pedra, a pedra também lhe iria apertar o dedo”².

Os estados de quietude e de movimento retilíneo uniforme só podem ser determinados em relação aos outros corpos, que estejam em quietude ou em movimento. Mas não se pode inferir ao infinito sistemas ulteriores de referência, mas Newton introduz as noções de tempo absoluto e espaço absoluto. Ele definiu o tempo absoluto como verdadeiro e matemático; em si e por sua essência, flui de maneira uniforme, sem relação com qualquer coisa de externo; e, tempo relativo que diz respeito a duração do movimento através do meio, uma medida sensível e externa que pode ser medida como a hora, dia, etc. O espaço absoluto foi definido por Newton como absoluto enquanto privado de relação com qualquer objeto exterior. Se perpetua, então, semelhante a si mesmo e imóvel. Logo mais adiante esses conceitos serão contestados por não haver condições de aplicabilidade na realidade empírica, sendo então inverificáveis. Ernst Mach criticou essa linha postulando que tais conceitos se mostram como monstruosidades conceituais

Com base na lei da gravitação, Newton conseguiu explicar os movimentos dos planetas, dos satélites e dos cometas até em seus particulares mais ínfimos bem como o fluxo e o refluxo e o movimento de processão da Terra.

Newton auxiliou Einstein não só através dos pressupostos mecânicos, mas também metodológicos. Uma vez que Newton foi o primeiro que conseguiu encontrar uma base claramente formulada a partir da qual podia deduzir um grande número de fenômenos através do raciocínio matemático, lógico, quantitativo e em harmonia com a experiência. Newton acreditou que a base fundamental de sua mecânica poderia fornecer a chave para a compreensão de todos os fenômenos. Aqui seria uma das esperanças da existência de uma teoria que abarcasse a realidade e a compreendesse em todas as suas esferas. Desde que

² OS PENSADORES, NEWTON, 1996, p. 31.

formulou suas leis toda a ciência de então foi influenciada pelo seu pensamento, onde todos os movimentos de ordem física se referem as massas, pois, são submetidas as leis do movimento. Como o próprio Einstein afirmou: todos os fenômenos de ordem física deveriam se referir às massas, que obedecem à lei do movimento de Newton (EINSTEIN apud REALE, 1990, p. 305).

A limitação da ciência newtoniana está na ontologia, isto significa que ela não compreende as substâncias essenciais dos elementos em que se debruça, mas tão somente as funções que exercem na natureza e sua existência. Mas postula em sua *Ótica* que a causa primeira não é mecânica.

Baruch Spinoza, homem inebriado pela filosofia de Descartes, envereda por um racionalismo radical. E compreende o mundo como uma substância única que agora possui atributos antes próprios de Deus. O mundo é um conjunto de movimentos e formas movidas por forças naturais. O conceito de realidade de Spinoza, a partir de Marilena Chauí, é definido e constituído de essências e existências particulares e, portanto, o conhecimento verdadeiro tem de ser um conhecimento que preserve o particular sem destruí-lo numa nomenclatura abstrata (cf. CHAUÍ, *Prefácio de Os pensadores*, 1983, p. XX). Quando se trata de Epistemologia, Filosofia da Natureza, Teodiceia e Ética na ótica deste filósofo, estas áreas de pensamento se tornam uma só, Ontologia. Tudo remete a essência de Deus como identidade absoluta com a potência e a existência (cf. CHAUÍ, *Prefácio de Os pensadores*, 1983, p. XV). Deus é o substrato que é causa de si, que existe em si e por si, constituído por diversos atributos. Ele se debruça sobre dois: o pensamento e a extensão. Para ele Deus é causa em si e, por conseguinte, é causa das coisas, logo Deus que se produz a si mesmo, sendo o substrato primordial, e não produzindo outro apenas ele mesmo, quando produz a totalidade da natureza está se produzindo a si mesmo. E não criando outros alheios a sua essência. Contesta assim a ideia da criação.

Os elementos identificados por Spinoza: pensamento e extensão são atributos infinitos de Deus. Afirmando isso também garante que Deus não é puro espírito, contudo, é matéria. Aqui, ele rompe com Descartes, uma vez que este último afirma a existência do dualismo, onde pensamento e extensão são duas substâncias diferentes. Negou assim o dualismo em detrimento da homogeneidade entre Deus e a Natureza.

Afora Deus não é dada nem pode ser concebida nenhuma substância, isto é, uma coisa que em si e por si é concebida. Porém, os modos não podem existir nem ser concebidos sem substância, pelo que somente podem existir na única substância

divina e por ela ser concebido; ora, fora das substâncias e dos modos nada é dado; por conseguinte, sem Deus nada pode existir nem ser concebido (SPINOZA, 1983, p. 88).

Por fim, a vontade de Deus e a necessidade da natureza são o mesmo ente e, por sua vez constituem, a realidade. Isso é enfatizado em sua *Ética*.

Um extraordinário gênio que obteve controvérsias com Newton, Leibniz afirma que o mundo se constitui por mônadas, pequenas unidades simples, condensadas, que são formas de tudo o que existe. A pluralidade da matéria se explica pela variação das associações de mônadas, que coincidem harmoniosamente numa ordem, aqui criada e mantida por um Deus tido como organizador da ordem universal. Ainda que o espaço é uma construção do espírito sendo uma ordem das coexistências. Descartes atribuí a Deus a característica de princípio causal. Sendo Deus um relojoeiro e a realidade um relógio, ele acerta os ponteiros da realidade: o homem e a matéria. E ajustando-os deve funcionar na sua especificidade, dentro da ordem determinada pelo relojoeiro de substância e extensão.

Descartes, considerado um dos fundadores da filosofia moderna, oferece uma instigante concepção de mundo, natureza, espaço e tempo. Tem por analogia que o edifício do conhecimento humano é uma árvore cujas raízes são a metafísica, o tronco é a física e os ramos são as outras ciências. Constituiu uma metafísica com o mecanicismo cartesiano que influenciou muito a ciência posterior. O princípio da metafísica de Descartes é a identidade entre matéria e espaço. Através dela se parte das ideias de que o mundo tem uma extensão infinita, ele é constituído por toda a parte pela mesma matéria, a matéria é infinitamente divisível e o vácuo é um conceito impossível de ser concebido na realidade física. Para tanto, Descartes postula como e de que é feito o mundo: a extensão, essência do mundo sensível, *res extensa*. Para ele a metafísica prescreve o que os sábios devem buscar, que problemas são ou não relevantes e a que tipo de leis se deve chegar. Para se constituir esse caminho é necessário o Método que consiste na ordem e na disposição das coisas, para as quais é preciso direcionar as forças do espírito para se descobrir alguma verdade. Descartes chega à existência do mundo corpóreo através das ideias, designadas por ele, adventícias³. A existência do mundo corpóreo é possível pelo fato desse ser objeto das demonstrações geométricas, que se baseiam na ideia essencial de extensão. O mundo material (*res extensa*) em *Principia Philosophiae* afirma:

Não há, portanto, mais que uma mesma matéria em todo o universo. E nós a conhecemos somente pelo fato de que ela ser extensa, já que todas as propriedades que percebemos distintamente nela nos remetem a essa propriedade: que ela pode ser dividida segundo as suas partes e pode receber todas as diversas disposições que nós

³ Ideias que vão de uma realidade externa para a consciência, que não é artífice delas, mas só depositária.

observamos poderem se verificar por meio do movimento de suas partes (DESCARTES apud REALE, 1990, p. 376).

O universo cartesiano se constitui de apenas dois elementos, a saber: o espaço (ou extensão) e o movimento. Também aceita a hipótese do éter, como fonte e sustentação do movimento. E os acontecimentos se dão pelo choque de partículas movendo-se uma sobre as outras. O calor, a luz, a força magnética, são casos particulares da ação dinâmica. Os espaços ditos vazios são plenos de éter. Considera o princípio da conservação que assegura a quantidade de movimento permanece constante, contra qualquer possível degradação de energia. O princípio da inércia excluindo todas as qualidades da matéria, só pode haver mudança de direção através da impulsão de outros corpos. Considera por fim o movimento retilíneo.

Tem por leis fundamentais o princípio de conservação, onde a quantidade de movimento permanece constante, contra qualquer degradação de energia ou entropia. O princípio da inércia, só pode haver alguma mudança de direção através da impulsão de outros corpos. E sustenta a ideia de que o movimento originário é retilíneo. Seu foco era formular uma unificação dos fenômenos por vias de modelos geométricos.

Consegue formular isso através da imaginação sobre a razão abstrata, pois deu espaço aos modelos mecânicos, compreensíveis e evidentes em detrimento das postulações racionais abstratas. A imaginação não opera a esmo, pois os modelos são construídos exclusivamente com base em postulados precisos fixados pela razão.

O universo é simples, lógico e coerente. Frente aos modelos da realidade física é compreensível traduzido pela matemática. O procedimento de Descartes para resolver a equação da curva: usa-se qualquer equação de grau complexo e interpretar-se geometricamente as suas propriedades algébricas e analíticas. Com isso, a partir do uso da álgebra e a matemática passam a ser os instrumentos para desvelar a estrutura do espaço. E pode ser aplicado ao espaço com qualquer número de dimensões. Para o plano são necessárias duas coordenadas, para o espaço comum dos sólidos, três, para a geometria da mecânica e a relatividade, quatro coordenadas.

Quanto às contribuições referentes a Immanuel Kant, ainda nos seus primeiros escritos, considera a importância da metafísica para a compreensão da realidade junto a nova ciência de Newton. Por essa via afirma a necessidade de que a metafísica se valha da experiência e da geometria. Uma de suas obras ganha o título de *Utilidade da união da metafísica e da geometria na filosofia da natureza*.

Estabelecendo balizas para a compreensão de sua teoria do conhecimento define que o conhecimento empírico ou sensível se dá apenas no espaço e no tempo. E para isso conceitua estes elementos negando-as como características ontológicas ou relações de corpos. Postula que o espaço e o tempo são condições estruturais da sensibilidade onde o sujeito capta sensivelmente as coisas de forma *a priori*. Logo o objeto se adequa ao sujeito. O espaço é a condição que deve satisfazer a representação sensível de objetos externos. O tempo é a condição interna para a abstração do objeto. Com isso nega enfaticamente o espaço e o tempo como realidades absolutas. São realidades empíricas porque nenhum objeto pode ser captado pelos sentidos sem se submeter a eles. E são formas do sujeito e não do objeto, por conseguinte, idealidade transcendental, que dizem respeito as formas das intuições sensíveis (REALE, 1990, p. 871-874).

O espaço e o tempo são formas puras do ser. E a sensação é a matéria. O tempo é a forma com a qual se intui e conecta todas as representações sensíveis aos fenômenos internos. O esquema da ação recíproca é a simultaneidade temporal, o esquema da categoria de realidade é a existência de um determinado tempo. O esquema da categoria da necessidade é a existência de um objeto em cada tempo e assim por diante. Na dinâmica os conceitos de matéria, força e ação recíprocas estão ligados ao tempo, que funciona quase que como o seu suporte.

Kant procurou identificar e justificar todos os princípios que baseiam a ciência newtoniana da natureza. A natureza é então a ordem e a conexão dos fenômenos, ela pode ser concebida *a priori* de modo universal e necessário, ainda assim estes elementos pertencem ao sujeito. Ele faz três analogias sobre a experiência. A primeira é a experiência das percepções, onde em toda mudança dos fenômenos a substância permanece e sua quantidade na natureza não aumenta nem diminui. A segunda analogia diz respeito a causalidade, todas as mudanças ocorrem segundo a lei do nexos de causa e efeito. E a terceira concerne na ação recíproca, pois todas as substâncias, enquanto podem ser percebidas no espaço como simultâneas, estão entre si em ação recíproca universal.

Portanto, através a física de Newton junto a matemática, no que concerne à geometria euclidiana Kant enuncia que a ciência está em um caminho seguro. O mundo como uma totalidade ontológica vista em um todo metafísico, já não é possível enquanto ciência, pois o absoluto cosmológico possui quatro grupos de categorias, a saber: quantidade, qualidade, relação e modalidade. A partir destas categorias surgem respostas, usando a dialética, quatro teses e quatro antíteses, respectivamente. Kant critica esta cosmologia racional porque estas premissas se contradizerem e fazem o sujeito acreditar na realidade de objetos que não existem, mas como condição só aplicáveis em fenômenos.

Por conseguinte, o conhecimento tem origem na experiência e na forma *a priori*. Assim, Kant supera o idealismo de Descartes e Leibniz e o empirismo de Locke e Hume. Logo a mecânica de Newton é um conhecimento universal e, faz com que o conhecimento *a priori* seja possível⁴. Com isso a teoria da relatividade representa um desafio conceitual para aplicação dos ideais kantianos, uma vez que postula a relatividade ao espaço-tempo.

Os pensamentos e aporias, ora basilares ora incomensuráveis pertencentes aos filósofos e físicos acima elencados, permitem uma compreensão paradigmática por onde a filosofia enveredou, dando luz a ciência e como esta última se constitui via segura e propícia para a formulação da Teoria da Relatividade por Albert Einstein.

Logo, tal restrito arcabouço teórico, abordado neste capítulo, servirá tanto para construir o itinerário que favoreceu o nascimento da Teoria da Relatividade como contrapor ou justapor com as postulações, no capítulo que segue, sobre as Implicações Filosóficas.

3 IMPLICAÇÕES FILOSÓFICAS DA TEORIA DA RELATIVIDADE

O aprofundamento do estudo das revoluções conceituais de Albert Einstein, bem como as de Isaac Newton, representa grande importância para se compreender as transformações do processo de constituição da ciência moderna e sua influência sobre a ciência natural nas sociedades ocidentais. Como ressalta Pais:

A relatividade geral teve implicações profundas na nossa imagem, tanto do mundo físico, quanto do filosófico. O espaço não é mais plano porém curvo, as forças da gravidade fixando grau de curvatura do espaço. Em outras palavras, a gravidade passa a estar integrada à geometria do mundo onde vivemos. Não mais podemos contemplar uma imagem teórica do espaço por si próprio, mas apenas uma de espaço e matéria (o centro das forças gravitacionais) juntos (1997, p. 150).

Através do itinerário traçado no capítulo anterior constituir-se-á, então, o que concerne a Teoria da Relatividade e suas Implicações Filosóficas. Einstein não fora alheio a filosofia, tanto que pela via de reflexão sobre os fundamentos e a viabilidade de seus conceitos, em que boa parte veio da observação, formulou sua teoria. Como coexiste as dimensões físicas, relacionadas com a estruturação espaço-temporal, dimensões ontológicas, modos de ser e de atuar, e metafísicas que fundamentam o ser e a atividade da natureza, segundo Newton e Descartes. Os conceitos da natureza, as entidades envolvidas na Relatividade, o dinamismo natural que se constitui com uma compreensão da ordem do Universo através desta ótica,

⁴ Com seus princípios metafísicos enunciados na parte que diz respeito a contribuição de Isaac Newton.

descortinam, a partir desta nova formulação, dimensões quantitativas e qualitativas do natural, a causalidade dos seres naturais, a origem e o sentido da natureza, que não foram o primeiro problema na mente do formulador como ordem do Universo, mas foram abordadas por outros teóricos sempre a partir de aporias deixadas pela mesma formulação ou generalização desta.

As implicações filosóficas consistem em consequências trazidas a partir da negação ou afirmação da filosofia ou de conceitos determinados pela tradição anterior a Albert Einstein para a formulação da Teoria da Relatividade. Neste caso, sem aderir-se às explicações matemáticas, por não serem a objetivo inicial deste trabalho monográfico, cuja natureza é filosófica, elencar-se-á os conceitos que foram nascendo pela postulação da Teoria.

Para que se compreenda a natureza do trabalho que consiste em analisar os princípios e implicações filosóficas da teoria em si, virá à tona questionamentos da área de Filosofia da

Ciência e Cosmologia contidas em sua extensão. Vale ressaltar que se utilizará de nomes de físicos que tanto pela parte teórica como física contribuíram para a construção da estrutura epistemológica da formulação de Einstein.

Inicialmente, faz-se mister negar a corrente que tende a definir a Relatividade de Einstein como um relativismo filosófico, onde o sujeito é quem ocupa o lugar central do fenômeno e suas convicções são postas sempre como válidas. Talvez até mascarando certos posicionamentos que não são politicamente corretos. Este posicionamento se guia para o lado da ética, não há nada que ligue estes dois ramos de pensamento uma vez que a teoria de Einstein tem por objetivo afirmar a não existência de uma relatividade subjetivista, pois põem ênfase ao sistema de referência inercial. Suas implicações se constituem em uma epistemologia.

Bem como o posicionamento científico ao qual nos reporta CHALMERS:

O relativista nega que haja um padrão de racionalidade universal não-histórico, em relação ao qual possa se julgar que uma teoria é melhor que outra. Aquilo que é considerado melhor ou pior em relação às teorias científicas variará de indivíduo para indivíduo e de comunidade para comunidade (1993, p. 137).

A análise lógica da teoria transforma um conhecimento empírico em uma verdadeira filosofia cognitiva. Por exemplo, a reflexão sobre o espaço e tempo dirige-se a um paradigma entre diferentes concepções filosóficas do conhecimento. Como Platão que pensou em uma geometria teorizada e Kant com sua reflexão sobre a filosofia transcendental. Einstein traçou um caminho no qual sua teoria possui grande coerência lógica, mesmo que seu intento primeiro fosse a compreensão dos fenômenos e não a relação lógica de suas premissas.

A teoria é definida como uma teoria de princípio. Pois os seus postulados, da validade das leis físicas em todos os referenciais inerciais, no caso da Teoria da Relatividade Especial e validade nos sistemas de aceleração e gravitação, no caso da Teoria da Relatividade Geral e, a constância da velocidade da Luz, são propriedades universais oriundas da observação dos fenômenos.

3.1 Condições imediatas para o surgimento

Os precursores da Teoria da Relatividade apresentaram grande contribuição para a sua formulação. Vale ressaltar que o alicerce fundamental consiste na mecânica de Newton e a sua lei da Gravitação. De fato, a Teoria da Relatividade não tem a pretensão de expurgar as contribuições clássicas, mas aprimorá-las, fazendo com que os dados e métodos, até então insuperáveis correspondessem aos dados observados.

Einstein aproveitou os trabalhos sobre os fenômenos eletromagnéticos de Michael Faraday e James Maxwell formulou as equações que confirmaram a hipótese de que as forças elétricas e as forças magnéticas são a mesma força que se propaga através do éter. Einstein percebeu que a mecânica newtoniana e a teoria de Maxwell não coadunam. E tomou partido pela teoria de Maxwell (FRANCO, 2003, p. 10-11).

No que concerne a Hendrik Lorentz, este desenvolveu uma teoria atomista de cunho eletromagnético, adicionando uma partícula atômica chamada elétron. Também estabeleceu a relação entre sistemas de coordenadas de espaço-tempo que se movem com velocidade constante, o qual recebeu o nome de Transformação de Lorentz. Por um erro matemático e sua resistência em transpor a mecânica clássica não chegou a dilatação temporal, mas chegou a contração espacial (FRANCO, 2003, p. 11-12)

Henri Poincaré se debruça sobre questões como a simultaneidade e sua definição, a existência do éter e o limite de velocidade da natureza, que seria a velocidade da luz. Suas contribuições mais relevantes foram a apresentação correta das transformações de velocidade e ondas gravitacionais que se propagam com a velocidade da luz e o seu Convencionalismo Geométrico, que, como diz Zeidam:

[...] É fortemente abraçado por Albert Einstein. É a alternativa epistemológica que predomina no início do século XX, diante da incompatibilidade entre a descoberta das geometrias não-euclidianas e o caráter necessário da categoria kantiana *a priori* do espaço (que se fundamenta sobre a assunção de que o espaço físico possui uma estrutura euclidiana) (ZEIDAM, 2012, p. 104).

Os experimentos de Michael e Morley no interferômetro negaram várias vezes a existência do éter, não se conseguia detectar o “indetectável”. Esse dado fora importantíssimo para o posicionamento de Einstein que, por sua vez, não defendia a existência do éter, por este não ser necessário para compreensão dos fenômenos físicos.

Por estes conhecimentos e o arcabouço universal relatado no capítulo precedente, seja por seu aproveitamento ou descarte, estabeleceu-se um cenário propício para a Teoria da Relatividade. Mas ainda assim, Einstein a formulou de forma isolada através de inspiração nos dados observados, intuição e reflexão.

A Teoria da Relatividade teve sua primeira publicação em Junho 1905 no periódico alemão: *Annalen der Physik*, tendo por título: *Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento*. Este artigo suscitou grandes reverberações entre os físicos, teóricos e filósofos da época por sua grande pretensão. Afinal estar-se a negar uma física de duzentos anos com embasamentos lógicos e princípios metafísicos válidos que serviu de marco para toda ciência precedente.

No que diz respeito às Transformações de Lorentz, Einstein compreendeu que as leis mais fundamentais eram as eletromagnéticas postuladas por Maxwell. Suas equações, por sua vez, já eram invariantes sob as Transformações de Lorentz, entre dois referenciais inerciais, naturalmente. Estas equações já estavam estabelecidas experimentalmente. Faltava compreender porque as leis de Newton não eram, também, invariantes sob as mesmas transformações para fenômenos envolvendo corpos em velocidades próximas da velocidade da luz.

Para velocidades muito menores que a velocidade da luz, que é o que ocorre em no mundo macroscópico, como o movimento dos carros, da lua, da terra relativo ao sol, etc., as Transformações de Lorentz, convergem para as Transformações de Galileu, onde consideramos o espaço e o tempo como absolutos. Isto ocorre por conta da limitação na precisão das medidas experimentais. Por isso recorreu às Transformações de Lorentz para a experimentação das coordenadas. Russell (cf. 2005, p. 42) afirma que toda a Relatividade Especial decorre da investigação de quais propriedades a cinemática e a mecânica devem ter se as Transformações de Lorentz forem válidas.

O caráter absoluto da classe dos referenciais inerciais juntamente com as Transformações de Lorentz culminou com a mudança no modo de conceber a estrutura espaço-tempo. Aqui se inicia a revolução conceitual da física moderna: o espaço e o tempo não podem ser considerados mais como entidades independentes logicamente, mas como uma

única entidade, Espaço Tempo, cuja geometria transcende a euclidiana, onde o teorema de Pitágoras se torna obsoleto.

3.2 Rompendo com a tradição precedente

A Teoria da Relatividade não é relativística. Isto significa que o evento não depende do domínio de um observador em um dado intervalo de tempo em que foi constatado. Não é uma teoria sobre intervalos espaço temporais observados entre eventos. A Relatividade de Einstein é cinemática acerca dos eventos e das relações espaciais e temporais entre eles. A sua referência é constituída por um sistema inercial e obedece a uma geometria não euclidiana admitindo assim as curvas na realidade do espaço-temporal *continuum* quadridimensional.

Indo de encontro às tradições filosóficas de Spinoza, Descartes, Leibniz e Newton, em parte, Einstein formulou conceitos que seriam julgados como absurdos para seus predecessores, a começar pela estruturação da realidade, o Tecido Espaço-temporal:

Não se pode subjugar a teoria ao observador, se o fizer supõe-se que ela diz respeito a medições ou operações que podemos efetuar com réguas e relógios absolutos. Que talvez o universo esteja cheio de fatos espaço-temporais reais e só percebemos apenas relações fisicamente verificáveis (RUSSELL, 2005, p. 7).

Russell contribuiu com a delimitação dos conceitos atribuídos às versões da Teoria da Relatividade e sua transição da Teoria da Relatividade Especial ou Restrita e Teoria da Relatividade Geral, em sua obra *ABC da Relatividade*. Que se constitui a partir dos conceitos de Newton como simultaneidade, comprimento, tempo absoluto e ordem temporal absoluto. Um dos maiores impasses a ser superado pela formulação fora a hipótese do éter, que se constitui como um elemento primordial. Tem sua primeira referência dentro da filosofia grega, com Aristóteles. Que designou este elemento como o sustentáculo de todo o universo e meio que propicia o movimento. Sendo um meio de caráter não detectável pelo qual a luz e outras radiações eletromagnéticas viajariam. A luz necessitava de um “meio” para se mover, pois sua manifestação enquanto onda exigia isso, se a onda se propaga através de um meio, ondas sonoras, por exemplo, e a luz é uma onda, logo ela se propaga através de um meio.

Albert Michelson e Edward Morley empreenderam experimentos, como o interferômetro⁵, para detectar a velocidade da luz em relação ao éter. Partiram da premissa que

⁵ É um aparelho utilizado para efetuar medidas de ângulos e distâncias aproveitando a interferência de ondas eletromagnéticas que ocorre quando estas interagem entre si. Se cria dois raios de luz, um paralelo à direção do movimento da Terra ao redor do sol (do Leste para Oeste), e outro cuja interação com a terra formava um ângulo reto. A constatação se deu por não conseguirem observar nenhuma diferença nas velocidades de

se constituía de uma estrutura natural em repouso. Se se encontrasse verdade neste embasamento conseguiria mensurar a velocidade da luz em relação a este elemento e varia em estruturas de referência diferentes. Contudo, foi provado pelo interferômetro que a velocidade da luz se impõe como constante, ao passo que é mensurado em relação ao observador. Com isso se nega a hipótese da existência da estrutura natural de referência, éter. Einstein postulou que quando um observador determina uma estrutura inercial de referência e mede a velocidade da luz chega à conclusão que esta tem o mesmo valor.

Emerge outra incógnita quanto a produção da ondulação nas ondas de luz. Diferindo as ondas sonoras das ondas de luz, sua propagação se faz de maneira transversal, não exigindo assim um meio de propagação, sendo possível no vácuo, pois a radiação eletromagnética, onde se conceitua as ondas de luz, pode se locomover através deste último.

Este fato, superado pelos experimentos de Michelson-Morley e as hipóteses de Einstein, se tornou uma grande reviravolta tanto para físicos como para filósofos. Uma vez que se pode intuir a realidade constituída sem a premissa de um elemento que interligasse todos os outros elementos presentes no cosmo. Esta negação favoreceu muitas outras hipóteses de Einstein principalmente no que concerne a cosmologia da Teoria da Relatividade.

Sobre a negação e controvérsia com relação a Immanuel Kant, sustentou duas estruturas ontologicamente independentes: espaço absoluto e tempo absoluto. Eram pressupostos pela própria possibilidade de experiência objetiva e, portanto, pela existência da física como ciência. Não se pensava em física sem esses conceitos. Isso valida o teorema de Pitágoras podendo calcular a separação temporal subtraindo as coordenadas temporais absolutas.

O que a Teoria da Relatividade Especial faz é, simplesmente, substituir o espaço absoluto e o tempo absoluto por outro absoluto: a classe dos referenciais inerciais. Que são sistemas de referência ou diagramas de espaço-tempo que não estão eles próprios sujeitos à ação de forças.

Kant postulou que as fundações básicas para a matemática e a ciência poderiam ser conhecidas *a priori*, ou seja, intuição e não experiência. Continua afirmando que a razão era suficiente no estabelecimento das leis sobre as quais o universo repousava. Logo a subjetividade era fundamental para o conhecimento, pois sem a pessoa não se pode abstrair o objeto. Redigiu como a representação tornava possível a existência de um objeto. Sendo, pois, a capacidade de compreensão do objeto, que pertence ao sujeito, que o tornaria real. O mundo só existia porque os objetos e seres o representavam. Levando a crer que grande porção do mundo era uma ilusão cognoscível. Kant, no que concerne ao universo, relata que este era

qualquer um dos tipos de luz, trezentos mil quilômetros por segundo.

infinito, tendo o éter por base para o movimento. Einstein rompe com Kant afirmando que o universo é finito e está em constante expansão.

Embora seja Einstein influenciado pelo legado de Isaac Newton, este não se limitou a construir seu edifício teórico em suas bases. Ao dissertar sobre as inconsistências na teoria de Maxwell sobre a radiação eletromagnética, desconstruiu as bases deste e revolucionou as leis da física com uma nova cosmovisão sobre o universo que vinha se consolidando, valendo-se de uma nova concepção de espaço e tempo.

As visões postuladas por Newton e Galileu sobre o espaço e o tempo foram rompidas juntamente com a ideia do éter e a trajetória do raio de luz no vácuo. Inicialmente, se atribuiu ao éter a faculdade de sustentáculo do movimento dos astros celestes. Seria, então, o elemento primordial, já elucidado por Aristóteles, que equiparado a outros meios que sustentam as ondas de som em sua propagação. Sabia-se que a luz se locomovia no vácuo, por observações cósmicas. Mas ainda assim necessitaria de um meio indetectável que pudesse sustentar seu movimento, o qual fora designado por nome de éter.

Ao constatar que a luz das estrelas era observável, foi pressuposta outra premissa, em que o éter, pelo fato de haver várias estrelas, teria a capacidade de envolver todo o universo, uma vez que há estrelas em diversas partes deste. Logo todos os planetas que se encontram na Via Láctea também, como a Terra, que se moviam no éter ao redor do sol.

Com o desenvolvimento da teoria de Maxwell que relaciona a eletricidade e o magnetismo, e, com isso, a constatação de ser a luz um fenômeno eletromagnético e os pressupostos citados, vários cientistas debruçaram sobre a problemática e buscaram detectar o éter.

Albert Michelson iniciou seus experimentos com o intuito de encontrando a pressão na velocidade da luz encontrar, por sua vez, o éter. Em parceria com Edward Morley construíram o que se chamou de interferômetro. Maxwell previu que a velocidade da luz é fixa, abandonando o pressuposto da similitude entre as ondas de luz e as ondas de som. Que se diferem por completo pela constituição, origem e propagação. Também se abandonou a ideia de que a velocidade da luz fosse relativa, pois ainda que o éter, pressuposto como meio de propagação da luz, se movesse saindo da fonte de luz, se conseguiria perceber a luz antes que estivesse movendo-se para longe do cognoscente. Assim a velocidade da luz seria medida em relação ao éter. Entretanto, o experimento de Michelson e Morley demonstrou que a velocidade da luz é independente da direção de seu movimento através do éter.

Galileu foi o precursor no desenvolvimento do princípio da relatividade. Que surgiu quando ele imaginou como as leis físicas pareceriam a um observador embarcado em um navio movendo-se a uma velocidade constante, comparando-se com o observador parado no

solo. Na ausência de perturbações externas, velocidade constante em uma dada direção, o observador não conseguia realizar nenhum experimento para provar que o navio estava em movimento. Documentou isso em um diálogo arbitrário, ideológico e com segundas intenções em relação às ideias da tradição predecessora, promovendo nas entrelinhas a tradição copernicana. O que postula Galileu é: os resultados de todos os experimentos conduzidos por um observador em um navio seriam os mesmos obtidos nos experimentos de um observador no solo. Trocando em miúdos, as leis da mecânica da física são as mesmas para qualquer observador inercial.

Galileu não conservava uma estrutura de referência estacionária absoluta. Uma vez que um observador em repouso e um observador em movimento em uma estrutura de referência inercial não concordariam sobre qual deles estaria se movendo e qual não estaria se movendo.

As novas teorias de Isaac Newton permitiram que a descrição dos movimentos dos planetas etc. Foram revolucionárias e mudaram a visão anterior das forças como sendo capazes de agir apenas em contato em vez de em distância. As leis de Movimento levaram em consideração o princípio de Galileu. E um elemento principal para Newton é a ideia de que uma partícula em uma estrutura de referência inercial se move em uma direção fixa a uma velocidade fixa. Presumiu o tempo em várias estruturas de referência onde poderia ser medido em relação a um tempo absoluto, que seja imutável.

Havia uma incógnita para ser solucionada no que diz respeito aos problemas entre as visões de Newton e Maxwell sobre o universo, que tanto as formulações de Maxwell sobre o eletromagnetismo quanto a mecânica clássica de Newton não solucionavam. No caso de Newton a aporia dizia respeito a órbita de Mercúrio ao redor do Sol, pois esta era diferente das previsões feitas pelos cientistas que estudavam as órbitas dos corpos celestes. No que concerne a Maxwell, a existência do éter e as estruturas de referência em movimento e se a velocidade da luz era fixa ou não. Ainda assim pode-se afirmar que “o estudo dos fenômenos elétricos e magnéticos associados à pesquisa da natureza da luz culminou em meados do século XIX, na síntese das propriedades do campo eletromagnético realizada por Maxwell” (VARELA, 2004, p. 51).

As equações de Maxwell mostram que a velocidade da luz era uma constante fixa, entretanto, a presença de uma velocidade fixa para a luz não é compatível com as visões de Galileu e Newton, os quais afirmaram que a velocidade da luz varia dependendo do observador. Quando um observador em movimento medir a velocidade da luz o resultado será diferente da velocidade medida por um observador que está em repouso.

3.3 Os princípios e conceitos da Relatividade Especial

Einstein solucionou estas aporias com os princípios da Teoria da Relatividade Especial. Esta era para ser apenas um comentário das aporias da teoria de Maxwell sobre a radiação eletrodinâmica, tornou-se um marco para uma nova cosmovisão da realidade. Em 1905, lançou uma resposta para o problema da velocidade da luz. Universalizou o princípio da relatividade formulado por Galileu, antes se aplicava tal princípio apenas às leis mecânicas da física. Agora com a expansão do princípio chega a abranger todas as leis da física. Declarando que as leis da física são as mesmas para um observador inercial. Logo a velocidade da luz é a fonte.

Os postulados da Teoria da Relatividade Especial são dois, a saber: as leis da física são as mesmas para qualquer estrutura de referência inercial, primeiro, e, segundo, assegura que em uma estrutura de referência inercial a velocidade da luz é a mesma, seja ela emitida por uma fonte em movimento ou estacionária.

Os dois postulados de Einstein sobre a relatividade especial são: 1. As leis da física são as mesmas para qualquer estrutura de referencial inercial; 2. Em uma estrutura de referência inercial, a velocidade da luz (c) é a mesma, seja ela emitida por uma fonte em movimento (movimento uniforme, não acelerado) ou estacionário (PRIWER, 2004, p. 82).

Para Galileu, o espaço-tempo na relatividade permite abandonar a objetividade na ideia de localização fixa, pois um observador em movimento constata um determinado local enquanto que o observador em repouso constata outro.

Einstein ofereceu uma resolução para o caso, indo além da inconstância do espaço e atingindo, assim, a esfera do tempo. Pois, para ele, eventos que acontecem ao mesmo tempo são simultâneos. Não sendo, então, a simultaneidade fixa em estruturas de referência, pois eventos que a um observador parecem ser simultâneos podem coexistir em intervalos temporais diversos que não assimilados por outro observador. Daí a entrada de outra variável na equação da localização do espaço-temporal. Com isso, provou-se possível a existência de uma coordenada particular quadridimensional, onde todas as dimensões podem variar dependendo do referencial. Estando dividida em três dimensões tradicionais do espaço, a saber: a latitude, longitude e a profundidade. E, a quarta, a dimensão o tempo.

Para Einstein, é impossível tirar medidas de uma estrutura inercial para constatar que algo está em movimento ou não, pois, não há estrutura de referência natural inercial, logo não existe estrutura de referência que não esteja em movimento em relação a todas as outras.

Ao iniciar seu artigo que vinha com o objetivo de sanar certos problemas em abertos deixados por Maxwell, Einstein expõem as assimetrias do movimento de cargas elétricas elucidadas pelas teorias eletromagnéticas e mecânica. Com isso descarta a hipótese clássica de espaço absoluto e repouso absoluto. Prosseguiu expondo dois postulados para sustentar suas conclusões, a saber: o primeiro, afirma que as leis físicas são iguais para todos os sistemas de referenciais inerciais; e, o segundo, consiste em que a velocidade da luz se propaga em espaço vazio, sem éter ou qualquer elemento similar, com velocidade constante, independente do estado de movimento do observador ou da fonte.

Assim ele alicerça sua cinemática de corpos rígidos, envolvendo sistemas de coordenadas de cunho cartesiano, aplicados a relógios e fenômenos eletromagnéticos. Seus dois postulados sustentam toda a teoria, considerando que tudo acontece no espaço tempo, e nada fora dele.

Como diz o primeiro postulado, a Teoria da Relatividade Especial só parte da premissa em que o movimento está em relação a sistemas de referenciais inerciais. Com essa hipótese são descartados os conceitos de cunho *a priori* e metafísicos permeados pela física de Galileu e Newton. A partir destas constatações, o artigo se detém a conceituação de outros elementos como a simultaneidade, evento, relatividade temporal e espacial, transformações de velocidade.

Sobre o Espaço tempo, partido dos pressupostos dos sistemas de coordenadas cartesianos, o análogo relativístico é denominado por evento. Um evento é composto pelas mesmas três coordenadas espaciais, mas um complemento; uma quarta coordenada ou dimensão temporal. Mensura-se o comprimento de um corpo através do repouso em relação ao referencial adotado.

Para assegurar o princípio de dilatação do tempo, as equações devem partir da premissa que o intervalo de tempo em um referencial no qual dois eventos se manifestam em pontos diferentes é maior do que o intervalo de tempo no referencial em que ocorre no mesmo ponto. Assim, o tempo deve ser especificado por tempos locais dependendo da quantidade de referenciais.

Através da igualdade oriunda da contração de Lorentz, o observador em um referencial em movimento perceberá que o comprimento de um corpo na direção do seu movimento é sempre menor do que o comprimento do mesmo atestado por um observador em um referencial parado em relação a ele. Com essas duas constatações matemáticas se configura os dois postulados, Einstein chega a conclusão não por vias de cálculos complexos, mas por raciocínio e intuição.

O espaço e tempo é o marco inicial para se trabalhar na perspectiva relativística. Levando em consideração as contribuições de Ernech Mach, Einstein constitui a realidade sem os adjetivos absolutos atribuídos a espaço e tempo. O espaço é trabalhado como um complexo que sustenta todos os tipos de sistema de referência inerciais e acelerados.

A nova visão de Einstein sobre a relatividade foi ainda mais além. Não apenas afastou a ideia das localizações fixas no espaço, como também a ideia de tempo fixo! Eventos que acontecem ao mesmo tempo são simultâneos. Einstein demonstrou que a simultaneidade não é fixa em estruturas de referência – eventos que um observador parecem ser simultâneos podem ocorrer em tempos diferentes para outro observador (PRIWER, 2004, p. 82).

Juntamente com o tempo que é atribuído a cada um dos sistemas de referência existente. Havendo uma interação com o espaço, extensão e os inúmeros tempos com referência aos sistemas. Einstein conseguiu este feito por adicionar corpos rígidos a suas hipóteses, como relógios e raios de luz, dentro de sistemas de referência com velocidade relativa.

O princípio de causalidade não é desconsiderado por Einstein. O motivo pelo qual se considera este princípio está na definição da velocidade da luz como o limite, maneira mais célere de interação. Dando espaço para o surgimento da simultaneidade⁶.

O rompimento com Kant se deu primordialmente em âmbito conceitual, no que concerne à sua metafísica e percepção da realidade dos conceitos, pois os conhecimentos oriundos da mente humana, de forma *a priori*, não explicam, por base experimental, os fenômenos. Teve-se então que buscar auxílio em uma geometria que abarcasse os dados observados. Isso só traz implicações em âmbito astronômico. Só assim se consegue negar boa parte do conhecimento de natureza e cosmologia precedente.

O foco da Teoria da Relatividade, bem como da ciência moderna que bebeu torrencialmente desta, é a busca pelo descortinar da natureza utilizando métodos concernentes a matemática, e investigações observacionais. Formulando um conhecimento pautado na evidência experimental que produz as conclusões pelo método dedutivo e formula princípios analíticos.

Para resolver a questão sobre dinâmica e energia, Einstein modifica as leis da mecânica clássica e as adequa a sua posição relativística. Aqui, se atribui grande empreendimento matemático para a solução dos questionamentos acerca das grandezas serem invariantes frente

⁶ Onde certos eventos não guardam relação de causa e efeito, não podendo ser atribuído respectivamente um “antes” e um “depois”.

às transformações de Lorentz. Com a confirmação de Einstein sobre a invariância das leis físicas se constituiu o princípio de covariância, onde duas grandezas quadridimensionais são representadas por quatro vetores.

A massa está ligada, agora, a uma grandeza de velocidade do corpo. Fazendo nascer a famosa equação $E = mc^2$ ⁷. Pois a massa de um corpo cresce diretamente com sua velocidade. O resultado da relação das duas teorias está nas grandezas envolvidas. Suas diferenças consistem em que na Teoria da Relatividade existe uma energia potencial no estado estacionário. A energia vai ao infinito, a massa não pode ir, logo é reduzida a zero, quanto mais energia gasta menos massa. Logo um corpo que faz uma trajetória na velocidade da luz não tem massa. Sendo impossível qualquer empreendimento para que um corpo alcance esta proeza. Por isso, a luz não tem massa, mas tem momento.

A definição de massa é um elemento caro para a filosofia e para a física, constitui como que o sujeito de todo o movimento. A concepção newtoniana associa massa com o conceito de peso, sendo, pois, massa a razão entre força e aceleração, segunda lei de Newton. Com algumas propriedades como a impenetrabilidade e a indivisibilidade. O posicionamento de Kant desconsidera a relação de inércia como força em relação ao movimento.

3.4 Os princípios e conceitos da Teoria da Relatividade Geral

Com o intuito de desenvolver os aspectos e conceitos da Teoria da Relatividade Especial. Einstein se propôs a universalizar suas conclusões. Por serem limitadas apenas aos corpos rígidos dentro de sistemas inerciais. Começou partido da premissa de que haveria então condições de se aplicar estes conhecimentos dentro de uma esfera maior que contém problemas ligados a campos gravitacionais e aceleração dos corpos.

A Teoria da Relatividade Geral parte do princípio de que um campo gravitacional é sempre relativo. A experiência de queda livre, por exemplo, onde o objeto está alheio a seu peso, demonstra que a aceleração da gravidade independe da quantidade de matéria. Logo a gravitação está unida a sistemas de coordenadas com movimento uniforme uns em relação aos outros. Tem-se outros questionamentos que revolucionaram a ciência moderna como o efeito gravitacional da energia e deflexão da luz. Assim, se propôs a sobrepor as leis clássicas novamente. Quanto ao princípio de equivalência, para assegurar a correspondência da teoria com os sistemas de referência acelerados entre si, são dados dois sistemas. O que interessa ao

⁷ Expressão matemática que significa a relação da transformação da massa de um objeto em energia. A letra "E" representa energia, a letra "m" representa a massa e a letra "c" representa a velocidade da luz elevada ao quadrado. Onde se lê: *energia é igual a massa vezes aceleração ao quadrado*;

filósofo é que a equivalência física entre estes dois sistemas generaliza a teoria a sistemas acelerados entre si (FRANCO, 2003, 25).

Na tentativa de conciliar a gravitação à relatividade, se constatou, primeiro, que necessitava de um aprimoramento do seu conhecimento matemático para desenvolver as equações e explicar os princípios físicos. Com isso, o uso de uma nova geometria que descrevesse o espaço tempo de outra maneira, diferente da apresentada na geometria euclidiana, segundo. As fontes dos campos gravitacionais foram definidas como densidade de matéria pesada acrescentada da densidade de energia local.

A dinâmica gravitacional começou a ser descrita considerando um espaço curvo juntamente com o tempo. E a constância da velocidade da Luz não poderia ser aplicada neste caso, já que era media em plano retilíneo. A covariância se tornou apenas lei de causalidade, e as equações gravitacionais eram covariantes nas transformações lineares. Empreendendo-se a resolver tal caso, enfrentou grandes problemas nesta elucidação, ao definir como se dá a simultaneidade dentro dos sistemas de aceleração uniforme.

Ao constatar o desvio para o vermelho do efeito Doppler (FRANCO, 2003, p. 25), onde um raio de luz que traça uma trajetória de cima para baixo em um elevador que sobe aceleradamente. Assim contribuiu para a definição do conceito de simultaneidade.

Aplicação dos princípios puderam ser observados através de fenômenos como a curva da luz em campo gravitacional, por que a luz seria curvada, em tempo e altitude, movimento específico mensurado nas coordenadas cartesianas. A aplicação de uma nova geometria não euclidiana na curva do espaço. Os dois grandes fatores que contribuíram para a validade da Teoria da Relatividade foram, a saber, a resolução do problema orbital no periélio de Mercúrio, pois não se concebia como o planeta avançava segundos, especificamente quarenta e três, por século em direção ao sol.

A prova seguinte adveio de um eclipse solar, ocorrido em 1919, vistos de Sobral (Ceará-BR) e Príncipe (África do Sul). Fora predito anos antes seus efeitos, que concernem na alteração do tecido espaço temporal, quando presente se faz um corpo muito denso, neste caso, o Sol. Constatou-se o afastamento das estrelas, ou a curva da luz que emanava delas, pois onde mensuraram o posicionamento das estrelas antes sem o Sol e compararam com as chapas fotográficas do eclipse, formando uma resposta positiva a previsão de Einstein.

Tão logo pode Einstein afirmar os três princípios da Teoria da Relatividade Geral, a saber:

1 Espaço e tempo não são rígidos. Sua forma e estrutura são influenciadas pela matéria e energia.

- 2 Matéria e energia determinam como o espaço e o espaço-tempo se curvam.
- 3 O espaço e sua curvatura determinam como matéria se move (PRIWER, 2004, p. 158).

Os conceitos de entidades e grandezas são considerados revolucionários pela significação que tomaram ao serem aplicados os dados, reflexões e inferências de Einstein. Estes novos conceitos oferecem outros significados e parâmetros para se investigar os fenômenos da natureza, como também a esfera supralunar em que nos deteremos no capítulo seguinte.

4 CONTRIBUIÇÕES PARA UMA NOVA COSMOLOGIA

A Teoria da Relatividade serviu de base para uma nova cosmologia e uma nova mecânica celeste, revolucionou a teoria da gravitação clássica e coadunou com a relatividade de todo movimento de Mach. A partir das contribuições de Hubble, Einstein lançou fundamentos lógicos e empíricos à Teoria, pois a velocidade de afastamento entre as galáxias é diretamente proporcional a distâncias entre as mesmas.

Einstein explicava um cosmos simples e inteligível, fora ele mesmo que dissera que

“Deus não joga dados”⁸, com isso, quis por último intento formular uma teoria de cunho universal que fosse capaz de abarcar as ideias que, em suma, se repelem como a gravitação e o eletromagnetismo. Nesta Teoria ainda, a realidade seria constituída por campo unificado contínuo, entretanto não obteve sucesso.

A definição de cosmologia se eleva entre controvérsias. Em que consiste essa ciência? Não partindo de um tratado conceitual para sua definição, este trabalho possui a tarefa de com uma breve introdução, apresentar as contribuições que tal área recebeu a partir dos novos conceitos advindos da Teoria da Relatividade.

Na concepção de Mário Novello, no prefácio de seu livro *O que é cosmologia*, se compreende a cosmologia a partir dos agentes a ela detidos, os cosmólogos. Estes pensadores, e pesquisadores, analisam e examinam as noções do que se é conhecido e documentado sobre a estrutura e a atividade do universo, e divergindo podem apresentar suas posições abrindo o leque de compreensão, seja por elaboradas fórmulas matemáticas modernas ou intuições que sobreviveram a experiência do tempo, como os mitos de civilizações antigüíssimas que tentam, por sua compreensão rudimentar dos fenômenos naturais, explicar para as gerações vindouras como a realidade se constitui, tal como se apresenta aos sentidos.

Faz-se necessário afirmar, amparados por Novello, no mencionado prefácio, que a soma das partes da ciência física não permite entender o universo. E, com isso, não poderia compreender o mundo como unidade. Faz-se mister, partir de uma base conceitual para se empreender nas contribuições einsteinianas que dizem respeito a cosmologia. Inicialmente considerar-se-á cosmologia como: “a ciência cujo objetivo é descrever e tornar compreensível, de acordo com as leis da física, as propriedades típicas do Universo, considerado como um todo”, e “Universo deve ser identificado como a totalidade do espaço, do tempo, da matéria e da energia” (NOVELLO, 2006 p. 26). Uma simples noção sobre a problemática acerca desta conceituação leva a ter em mente que esta não dá conta do seu objeto de estudo, uma vez que

⁸ Einstein não concebe o abandono do determinismo e da causalidade dos clássicos, nem que o nosso conhecimento físico depende da especificação de como esse conhecimento é adquirido, como as experiências são montadas (Pais, 1997, p. 154)

não se consegue observar a totalidade, pois, a observação na ciência física é limitada ao espaço e ao tempo de quem observa. Entretanto, há esforços com o objetivo de definir o Universo para se construir a cosmologia como ciência, com método, objeto de trabalho e teoria. No que se refere a tal objetivo há experiências⁹ científicas que auxiliam nesta definição de observação em propriedades locais, mas prejudicaram questões que serviriam para explicar a sua origem, relegando tal problema a elucubrações metafísicas ou concernentes a teologia natural.

4.1 Contribuições einstenianas para a cosmologia moderna

Eis que no ano de 1915, Albert Einstein se empreende a aplicar sua Teoria da Relatividade Geral, que, em suma, consiste numa nova teoria da gravitação. Abre-se então uma outra vertente que vem responder certas aporias que a física newtoniana não pode desvelar, impulsionando uma nova forma de se compreender a realidade para além da atmosfera dos fenômenos terrestres.

Com tal feito começou a demonstrar em suas aduções implicações de âmbito estelar e macrocósmico. Iniciou pelo que chamou de *modelo cosmológico* que consiste em uma descrição conjunta da geometria e do conteúdo material existente no universo. Novello (2006) elucida postulando que os elementos desta descrição, geometria e matéria, são articulados pelo vínculo existente na equação que determina a evolução dos processos gravitacionais de sua teoria.

Entretanto, tal modelo se tornou obsoleto por sua simplicidade e não conseguiu produzir previsões com dados confiáveis sobre a evolução do Universo, sua atividade e a dependência temporal da geometria e da matemática. Ainda que seja fracassado tal modelo, não se pode descartar a base conceitual na qual repousa, visto que toda a cosmologia vigente deve muitíssimo a formulação original, o Programa Cosmológico de Einstein.

Superando esse quase paradigma, como a ciência da cosmologia não se desvencilhou do quadro teórico de Einstein, uma vez que este não se valeu de dados empíricos, mas tão somente enunciados especulativos? Primeiramente, a maioria dos modelos subsequentes recorreram ao modelo einsteniano, onde ele dispunha de uma geometria global. Seja admitindo ou refutando. Prosseguiu estabelecendo parâmetros para caracterizar o que deveria ser considerado como elemento da ciência cosmológica. Assim, como toda ciência, surgiu o

9 “Hubble realizou observações que permitiram interpretar certas alterações no comportamento da luz proveniente de fontes de fora da galáxia e, experiência de Penzias e Wilson que constataram-na com provas observacionais que o Universo estava banhado em um gás de fótons em equilíbrio térmico” (NOVELLO, 2006, p. 27).

problema em relação ao objeto de estudo. O Universo seria submetido às mesmas condições de outros objetos de estudo da ciência física, por exemplo, onde os cientistas transcendem os resultados sob os limites seguros dos dados experimentais e só se retrata quando constata alguma contradição ou resultado novo.

Einstein, por assim dizer, caracterizou uma nova cosmologia, onde introduziu elementos e identificou objetos a serem estudados. Formulou hipóteses de que a ciência física não poderia com sua estrutura, aparato e elementos, elaborar. Introduziu propriedades que têm sentido em âmbito global, aplicado ao Universo como um todo integrado. Sendo, assim, não pode identificar fenômenos observáveis. A partir destas contribuições, qualquer tentativa de elaboração de uma nova cosmologia deve necessariamente passar pelo crivo do modelo de Einstein.

Contudo, a grande maioria da comunidade científica ainda era a favor da subordinação da cosmologia à física, não considerando o modo de conceber conceitos e outras propriedades levantadas por Einstein. Um dos críticos mais destacados da concepção de Einstein foi Merleau-Ponty, para o qual não havia nada de extraordinário no programa einsteiniano, além do modelo, que por sua vez, não se adequa às observações.

A Teoria da Gravitação ou Teoria da Relatividade Geral de Einstein serve de fundamento para todo seu programa cosmológico. Por conseguinte, identificando, caracterizando e diferenciando as forças da natureza, o físico combinou-as numa teoria da unificação com todos os processos à dinâmica dos fenômenos.

4.2 Os conceitos einsteinianos

Einstein se empreendeu em repensar a estrutura da cosmologia e, por assim dizer, estruturá-la com outra grade de conceitos que não são de domínio experimental cotidiano, mas puramente observacional. Daí se firmava uma grande controvérsia: será que essa nova definição de cosmologia proposta por Einstein implicaria numa alteração na gama de leis físicas aplicadas ao Universo, até então vigentes em âmbito “sublunar”?

No que concerne a fundamentação da cosmologia, Einstein unificou as quatro forças fundamentais da natureza, a saber: força eletromagnética, força gravitacional, força nuclear fraca e força nuclear forte. A divisão, para Mario Novello (2006), se deu através de duas propriedades, o alcance e a intensidade. As forças de maior alcance e intensidade são as eletromagnéticas e as gravitacionais, conhecidas pela física clássica. Já a força nuclear forte e a força nuclear fraca são identificadas pela física quântica em nível intra-atômico. A força nuclear fraca é responsável pela desintegração da matéria e a força nuclear forte pela sua

estabilidade e persistência. Ambas são de curto alcance, de dimensões pequenas, e imperceptíveis para os sentidos humanos, tendo o alcance em função dos agentes da interação, os *quanta*. A intensidade das forças é caracterizada pelos resultados de suas ações individuais e respostas distintas. Por fim, se tem uma hierarquia que vai da mais forte para a mais fraca no que diz respeito a intensidade, isto é, nuclear forte, nuclear fraca, eletromagnética, gravitacional.

Como se trabalha conceitos cosmológicos, neste tópico analisar-se-á com destaque a força gravitacional. Não existe corpo ou energia que não receba influência de um campo gravitacional, que somente atrai, logo, não existe repulsão gravitacional, sua atração é sempre positiva. Assim, se responde à questão sobre como a Teoria da Relatividade fundamenta uma cosmologia, uma vez que tal força é necessária como variante dentro de uma formulação que concebe problemas que dizem respeito principalmente a compreensão de movimento de grandes porções de espaço-tempo, entre outros fenômenos, dentro de uma perspectiva de totalidade, e compreensão desta última.

O Programa cosmológico de Einstein é pautado em uma força gravitacional que abrange e organiza todo o Universo e nos princípios da universalidade e temporalidade. No que concerne a relação da força gravitacional, o universo está no centro desta geometria. Einstein formulou a Teoria da Relatividade Geral com embasamento neste ramo matemático, chegando por esta consideração a identificar a gravitação com a geometria do espaço-tempo. O campo gravitacional tem sua origem em qualquer forma de energia, seja condensada ou não, e por ela mesma obtém-se a causa do dito campo. Assim, pode-se concluir que a gravitação produzida por uma determinada energia, possui energia que produz gravitação e, por sua vez, gera energia e daí se sucede.

No tocante ao princípio de universalidade é mister afirmar que este assegura que o agente principal em âmbito cosmológico é a força gravitacional. Tal força não concorre em propagação com a luz, pois seu processo é resolvido com a identificação da geometria com o espaço-tempo e é representada nas equações de Teoria da Relatividade Geral. A partir disto, Einstein pôde trabalhar com duas premissas: a identificação da gravitação com a geometria do mundo e a dinâmica que a ela deve ser somada. Sendo estas, condições básicas para a descrição do Universo em sua estrutura causal, que é fechado, eterno e sem evolução, aprioristicamente.

Ao refletir na variante de tempo que deve ser introduzida no seu programa, como afirma Novello (2006, p. 52), Einstein de início formulou tal programa sem a variante do tempo, para que não lidasse com outros problemas estruturais. Entretanto necessitava de uma prova observacional para validar seu programa como ciência. Pensou num princípio que

guiaria a busca por uma geometria que desse conta da sua concepção de Universo. Lançou mão do princípio copernicano de uma não posição privilegiada no Universo, abandonando os absolutos espaço e tempo, e começou por trabalhar e descrever o Universo com um sistema de coordenadas, estipulando suas variantes: comprimento, profundidade e altitude com o acréscimo do tempo. Pensou esta última variante como única para todas as classes de observadores em repouso existentes no mundo. Conseguiu trabalhar este princípio escolhendo uma classe particular de observadores que dispunham de relógios que demonstravam uma sincronização de toda a matéria do mundo e suas partes. Foi então o elemento mais sólido aproveitado na cosmologia posterior a Einstein.

Partindo de pressupostos formulados *a priori*, Einstein tem um problema de conciliação com as suas equações, fruto da Teoria da Relatividade Geral. Iniciou por solucionar tal problema com a revisão e alteração de suas equações para conciliá-las às suas ideias *a priori* do Universo. Com isso eliminou a dependência temporal de sua descrição. Valeu-se de concepções e características do Universo, anteriores a Newton, às quais considerava substanciais e subjugou outras descrições que a matemática dispunha. Trocou os elementos absolutos de Newton por outros absolutos, inclusive a geometria euclidiana. Pois, considerava a alternativa de uma possível existência de processos não observados que pressuporiam uma renovação dos conceitos da então ciência física.

No que se refere à constante cosmológica, esta serviu de parâmetro ao reorientar a Teoria da Relatividade Geral. Aconteceu que Einstein se serviu da sua então Teoria da Relatividade Especial com modelo para uma generalização, pois o que era observado em âmbito local, no planeta, poderia ser compreendido e estudado. Entretanto, quando se insere problemas em âmbito cosmológico deve se considerar outras propriedades, como as dimensões de espaço e tempo, que a física, de então, não dispunha.

O Universo na concepção de Einstein é munido de um “cenário cósmico coerente e fechado” (NOVELLO, 2006, p. 49). Este conceito desconsidera as extremidades¹⁰ do Universo, dada a impossibilidade da observação de tal fenômeno. Assim uma estrutura cósmica limitada, não se atem a necessidade de determinar propriedades distantes, ou fronteiriças. Artigas é mais enfático nessa conceituação: “O universo é um sistema físico composto por objetos com grande massa – estrelas e as galáxias – separados por grandes distâncias, e a evolução dos sistemas é determinada pela força da gravidade” (2005, p. 390)

O Modelo Cosmológico de Einstein pressupõe quatro elementos fundamentais para a construção de um modelo coerente: Tempo Cósmico Global, Geometria estática do mundo,

10 Condições assintóticas.

Topografia fechada do mundo e a totalidade da matéria e energia que existe e que por sua vez, constitui a fonte da gravitação.

Para se compreender o Tempo Cósmico, Einstein, ainda na Teoria da Relatividade Restrita, pressupôs a existência de uma velocidade máxima de propagação da luz. Por conseguinte, sistema de referenciais inerciais juntamente com a concepção de espaço-tempo não euclidiana. Enquanto que o tempo absoluto não fora contemplado, mas uma *escolha* de sistemas de coordenadas mais convenientes para a representar o Universo e a observação de sua dinâmica, descrevendo a geometria do espaço-tempo (NOVELLO, 2006, p. 52). Nisto consiste o tempo cosmológico. O que leva a pressupor a causalidade global, que significa uma caracterização dos fenômenos com uma ordem estabelecida. Juntamente com observadores que dispunham de relógios sincronizados, dando sentido de tempo único, sendo esta a origem do tempo cósmico.

O Programa Cosmológico de Einstein desconsidera uma possível evolução no que diz respeito à dinâmica. Seria, então, o Universo uma totalidade sem influência temporal que atingiu seu ponto máximo de equilíbrio. Sendo a origem de todo movimento, ele é o ponto final do processo, quando instável é o ponto inicial. Entretanto, a instabilidade dentro do sistema cosmológico limita sua atuação, no sentido de que a análise de pequenas perturbações demonstra um crescimento incontrollável com o passar do tempo. Logo, elementos contidos no Universo de Einstein seriam modificados atestando uma formação não mais original. Eis aqui uma das críticas ao seu Modelo Cosmológico.

Mariano Artigas (2005, p. 319) afirma em seu manual que Einstein não ficou satisfeito com sua própria atitude arbitrária:

Einstein aplicou sua teoria [relatividade restrita] ao universo em seu conjunto em 1917. O modelo resultante era um universo dinâmico que evolui com o tempo, mas Einstein, desgostoso com essa ideia, modificou-a, introduzindo, de modo arbitrário, uma constante, cuja consequência era proporcionar um modelo estático do universo (afirmou mais tarde que este teria sido o pior erro de toda a sua vida).

Identificado por outros, este degrau na observação do Universo, mostrou-se dentro de alguns modelos dependentes do tempo como a propriedade da própria expansão do Universo que diminui sua instabilidade.

Quanto à hipótese do fechamento do Universo, problema de condição assintóticas, não se pode precisar em observações locais que exista fronteiras fechadas ou abertas. Tal problema é compreendido apenas em âmbito topológico. Einstein considerou, aprioristicamente, um Universo sem fronteiras, mas com propriedade finita e ilimitada.

Postulou, por isso, que a topologia do Universo é fechada. Artigas simplifica ao afirmar:

[...] o universo poderia ser finito, mas ilimitado, como se estivesse encerrado em torno de si mesmo de tal modo que, por muito que avancemos uma direção, nunca encontraremos um limite último. É como alguém que se encontra sobre uma superfície esférica: pode viajar indefinidamente em qualquer direção, mas nunca chegará ao fim (2005, p. 161).

Para compreender a formação da curvatura do mundo é necessário recorrer a sua fonte, tal fenômeno é dado a partir da constante cosmológica. A esta compete a deformação da estrutura métrica no espaço tempo, em meio ao conjunto de galáxias, sendo entendido como um tecido ao até um fluido (Novello, 2006, p. 55) que depende de uma força universal de repulsão, esta, por sua vez, é a natureza da constante cosmológica.

Por fim, dado os insucessos do modelo de Einstein, fez-se necessário a divisão entre este e o Programa. Ao atualizar a tese, Einstein postula em *Considerações cosmológicas sobre a Teoria da Relatividade* que a cosmologia não se identifica com a física (Novello, 2006, p. 70). Entretanto, há de se considerar uma relação de dependência e até de cunho ordenador, onde a física depende da Cosmologia.

4.3 A Expansão do Universo

Entre as controvérsias que Einstein não detectou na resolução de suas equações está a incógnita da expansão do Universo, pela consideração da uniformidade do Universo, onde sua aparência, por exemplo, seria a mesma em qualquer ponto e o desprezo da variante temporal, que não fora possível chegar a tal constatação. Tal dado pode ser observado a partir de um experimento local, aplicado ao Universo, como o desvio para o vermelho. Este fenômeno constata a variação do espectro da luz, pois quando a fonte de luz se move favorável à direção do observador, seu espectro luminoso sofre um desvio para o violeta. Ocorre também o contrário, seja a fonte de luz movendo-se contra a direção do observador, todo o espectro da luz sofre um desvio para o vermelho. Russell elucida mais um pouco esta relação:

O valor do desvio depende da taxa de mudança da distância entre o observador e a fonte de luz. (Isso nada tem a ver com a velocidade da luz propriamente dita, que, como vimos, é independente do movimento de sua fonte.) Esse desvio do espectro fornece uma maneira de determinar as velocidades em que estrelas e galáxias estão

se movendo: podemos comparar os espectros da luz que elas emitem com espectros semelhantes produzidos em laboratório na Terra (2005, p. 79).

Tão logo chega Russell à conclusão de que as galáxias se movem umas em relação as outras, o Universo continua, portanto, coeso. Isso significa que os aglomerados¹¹ parecem estar se distanciando do observador, e quando mais distantes mais parecem mover-se rapidamente. Daí se estipula a hipótese da expansão do Universo.

Como já reportado no início deste tópico, Einstein não considerou este dado, mas puramente a uniformidade do Universo. Por essa via, pensa-se em modelos do espaço-tempo simplificados com matéria bem distribuída, que não causam grande complexidade. A hipótese da existência de curvas no espaço-tempo é sustentada pelo dado que corresponde a acumulação de grande quantidade de matéria. Tais curvas neste tecido descrevem um modelo homogeneizado do Universo.

A Teoria da Relatividade Geral combinada com a hipótese da uniformidade do Universo abre margem para formular outros modelos de formas diferentes. Com efeito o que se quer expor nesta relação é que a curvatura implica na hipótese da expansão uma vez que os espectros de luz tendem muito mais para o vermelho em circunstâncias curvilíneas.

A expansão do Universo implica, inicialmente, com a dispersão da matéria. Este dado indica que se há um contínuo movimento de expansão, pode-se intuir que em tempos passados as galáxias com seus astros eram mais próximas (Russell, 2005, p. 82). Ao ponto de se cogitar a ideia de que antes existiria um ponto condensado. Entretanto, tal constatação só pode ser dada em âmbito quântico, não sendo o objetivo deste trabalho expor suas conclusões. No que concerne a Teoria da Relatividade, ela por seu caráter é incapaz de descrever este fenômeno. Com o astrofísico Stephen Hawking abriu-se um trabalho na tentativa de uma unificação dos ramos físicos da Teoria da Relatividade e a Física Quântica, buscando atingir alguma descrição.

Tais especulações dão margem ao que se chama cosmogonias¹², seria uma busca moderna de como se iniciou o Universo. Um estado condensado da matéria teria grande coerência neste contexto, mas, para Russell, representa uma ideia bastante perigosa, pois se refugia em ideias metafísicas:

Lamentavelmente, algumas pessoas tendem a se referir ao estado altamente condensado como “o início do universo” ou “o momento em que o universo foi criado”, ou coisas desse gênero. Essas expressões não significam nada além de “o

¹¹ Tendência das galáxias em se unir em grupo.

¹² Relatos de civilizações e/ou religiões extintas ou não que explicam a ser modo o nascimento do mundo ou como este fora criado.

tempo mais remoto sobre o qual haverá algum dia alguma informação científica”, e é melhor evita-las, porque têm implicações metafísicas indesejáveis (2005, p. 82).

Mesmo com tais empreendimentos se torna mais evidente que se deve refugiar-se em equações cada vez mais complexas para satisfazer a relação e formulação de outros modelos cosmológicos da Teoria da Relatividade e dados astronômicos.

Há ainda uma definição de fenômeno que serviu de base para grandes astrofísicos hodiernos, como Stephen Hawking, que trabalha este problema em várias de suas obras: o conceito de Buraco Negro. A Relatividade Geral calcula a distância a partir da luz que não consegue se desvencilhar da influência de uma massa que sofre um redshift gravitacional infinito.

O conceito de estrela escura surgiu com base nas leis da mecânica, da gravitação e da óptica formuladas pelo físico e matemático inglês, Isaac Newton, no final do século XVII e início do século XVIII. Por interessante que possa parecer a princípio, essa ideia foi substituída, no século XX, por outra ainda mais extraordinária. Hoje sabe-se que, de acordo com a teoria da relatividade geral, estrelas densas o suficiente não devem dar origem às estrelas escuras de Michell, mas sim a buracos negros. Para entender-se o porquê disso, devesse retroceder até o início do século XX (CASTIÑEIRAS, 2018).

A esfera com raio em torno do centro do Buraco Negro é chamada Horizonte de Eventos e é vista como limite exterior deste fenômeno. Esta parte do fenômeno se chama assim porque não se vislumbra nada além dele em direção ao centro do Buraco Negro. Em suma fora deste limiar, um Buraco Negro atrai matéria com mais força do que qualquer outra matéria.

Alguns efeitos sobre o que acontece no Horizonte de Eventos transformam as leis vigentes na natureza, como a dilatação do tempo e o redshift gravitacional, que neste ambiente se torna infinita. Por exemplo, a luz, nesta ocasião, se torna cada vez mais vermelha e menos brilhante até ficar invisível, enquanto se aproxima do Horizonte de Eventos. Há algumas hipóteses acerca do que existe no centro de um Buraco Negro: em primeira instância, acredita-se que uma estrela em colapso, em uma forma extremamente densa que não pode ser descrita com a física atual, é o princípio deste fenômeno. Algo semelhante acontece com o processo da luz em relação à matéria que o constitui. Logo, não se pode precisar se o Buraco Negro tem um estado final, uma vez que o redshift gravitacional é enorme e não há meios de experimentação. Em segunda instância a teoria, tem uma singularidade no centro, um estado de densidade e curvatura infinitas.

Tal teoria serviu de chave de pesquisa para, por exemplo, a Radiação de Hawking. Este astrofísico compreende que um Buraco Negro, uma vez formado, só pode crescer e deveria existir para sempre. Porém, o mesmo Stephen Hawking encontrou um mecanismo quântico que possibilita a evaporação de Buracos Negros, expandindo mais ainda a sua teoria.

5 CONCLUSÃO

A discussão acerca das implicações filosóficas se faz relevante. Pois, constata-se que a filosofia não pode renunciar às questões que se descortinam a partir dos conceitos apresentados por Albert Einstein na Teoria da Relatividade. Estes conceitos dizem respeito a elementos como o espaço, tempo, gravitação, entre outros; visto que esses conceitos influem decisivamente no fazer filosófico e progresso científico.

Dando o *status* justo de “Uma nova forma de compreender o universo” à Teoria da Relatividade, desencadeia-se um grande e avassalador avanço na forma como o homem contemporâneo vê o mundo e o universo. Contata-se o favorecimento de uma compreensão dos eventos que se realizam no movimento uniforme e curvilíneo, em um Universo finito. Como o princípio da relatividade surgiu através da compreensão progressiva de dois referenciais diferentes que oferecem visões perfeitamente plausíveis, ainda que diferentes de um mesmo efeito. Evidenciou-se, portanto, algumas questões pertinentes para o homem contemporâneo, a causa do seu desencadeamento. Foram contemplados através da exposição dos princípios e conceitos que abriam espaço para a reflexão de suas implicações filosóficas. No caso mais concreto deste trabalho, em âmbito cosmológico, oferecendo uma grande contribuição para a pesquisa em temas relacionados a fenômenos fora do âmbito local, como a expansão e/ou finitude do Universo.

Constata-se que a Teoria da Relatividade possui parte de conceitos fundamentais para a introdução da ciência Física num caminho de desenvolvimento filosoficamente autêntico e promissor, frente a um problema já enunciado por Kant sobre o estudo de elementos indisponíveis a experimentação local. Einstein vem em auxílio da posição que favorece o debruçar-se neste estudo, contanto que seja em relação a coesão lógica. A pesquisa de cunho filosófico dirigida à Teoria da Relatividade permite uma compreensão crítica deste fenômeno que revolucionou a forma de se pensar e perceber o mundo. Através da sugestão de novos conceitos para o espaço, o tempo, a massa, a energia e a gravidade, que divergem dos conceitos de três séculos de física clássica, principalmente no que concerne à física newtoniana. E firma-se como grande fonte de novos conhecimentos e inovações tecnológicas.

Percebesse-se que sem a compreensão e aplicações destes conceitos da Teoria da Relatividade de Einstein, a ideia do conceber filosófico de tais conceitos da contemporaneidade e o estudo da Cosmologia em bases filosóficas, com coesão lógica, não se constituiria como a conhecemos hoje. Como, por exemplo, a estrutura espaço-temporal, ou tecido quadridimensional, hodiernamente considerada como característica da natureza, adquire uma importância substancial cada vez maior no labor da natureza e estudos de cunho

cosmológico. Pois o progresso científico descortina novos panoramas, sempre centrados nas pautas espaço temporais, em configurações e ritmos que podem repetir-se e repetir inúmeras vezes com as variantes próprias dos casos individuais, como na relação entre a Mecânica Quântica e a Teoria da Relatividade, questão para novas reflexões.

Constata-se a importância do aprofundamento da temática, pois, como cada teoria científica tem sua implicação filosófica, não se poderia ignorar a relevância de tal raiz para a revolução tecnológica, social e científica. Eis o diferencial de Einstein: uma vez que se debruçou sobre as causas antes de sua formulação, havendo assim uma sutil filosofia, pois as reflexões filosóficas de cunho epistemológico favorecem um embasamento teórico necessário, além do factual, presente na resolução das equações. E ainda tem servido de base para a física moderna com a, já mencionada, Mecânica Quântica.

Diante das reflexões e elucubrações dos Filósofos, abordados desde os monistas até Einstein, constata-se que todos possuem o intento de compreender a realidade, o meio existente e mundo e, por isso, discorrem sobre esta indagação, sobre a dinâmica de como se dá este fenômeno e as atividades neles contidas. Discussões levantadas por conceituação, que por vezes, cabe ou não em alguns dos sistemas filosóficos. Pode-se chegar à conclusão de que toda teoria científica possui implicações filosóficas ou epistemológicas que, por sua vez, são de grande importância para a compreensão da realidade e tendo-as, pois, como pressuposto, em vista de sua transformação e busca do bem-estar do homem, sem adentrar no mérito da bioética.

No que concerne às Implicações em si, constata-se as suas consequências em âmbito físico. Como é de sua natureza, em vista da compreensão destas em âmbito filosófico. Este último, como é o objetivo deste trabalho, chega-se a compreensão de que estas formulações transformaram de modo conjectural a muitos conceitos da filosofia da natureza, a saber: espaço-tempo, massa, energia, gravidade, movimento, luz. Em âmbito cosmológico, os conceitos que estão além da experimentação empírica e local, impelem o homem a uma compreensão de Universo, que diverge da então reflexão veemente de infinito.

A ciência física é ainda desconhecida no que se refere a Cosmologia que, por sua vez, é ainda mais complexa. Para entender o universo primordial, os cosmólogos buscam a unificação dos fenômenos gravitacionais, sob o crivo da Teoria da Relatividade Geral. É desafiante traçar vias para a elucidação de problemas fundamentais, como os primórdios do Universo, que gera controvérsias como que ramo de conhecimento deve se debruçar sobre esse problema. Bem como, a descoberta da expansão que fora renegada por Einstein em suas formulações ao desconsiderar a variante do tempo. O que favoreceu outras vias para a

construção da cosmologia. O certo é que a contemporaneidade se mostra propícia a conflitos e dúvidas.

Por fim, o aprofundamento da temática sugere uma nova cosmovisão, em detrimento da cosmovisão que aprovou às contribuições de Galileu e Newton na mecânica, mais especificamente na cinemática, e contribuições dos filósofos, como Aristóteles e Descartes, elencados no capítulo concernente às raízes epistemológicas da Teoria da Relatividade. Pois, implica numa compreensão mais abrangente da realidade, que não havia sido compreendida ainda pela física clássica e filosofia precedente. Uma vez que abre horizontes para outras teorias que pretendem explicar a constituição da realidade do universo, tanto no âmbito cosmológico, macrocósmico, como no âmbito quântico, microcósmico.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO. **Confissões**. São Paulo: ed. Nova Cultural, 1996. (OS PENSADORES).
- AQUINO, Tomás. **Suma Teológica**. São Paulo: Loyola, 2002. Tomo I.
- ARTIGAS, Mariano. **Filosofia da natureza**. Trad. José Eduardo de Oliveira e Silva, São Paulo: Ramon LLULL, 2005.
- BERGMANN, Thaisa Storchi. **Cosmologia e Relatividade**, 20-?. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/~thaisa/wp-content/uploads/2017/03/Gravita%C3%A7%C3%A3o-eprinc%C3%ADpio-da-equival%C3%A2ncia.pdf>>. Acesso 23/11/18.
- CASTIÑEIRAS, Jorge; CRISPINO, Luís C. B.; MATSAS, GEORGE E. A.; VANZELLA, DANIEL A. T., **O retrato do Mostrengo**, 2018. Disponível em: <<http://www.ift.unesp.br/users/matsas/buraconeiro.pdf>>. Acesso 23/11/18.
- CHALMERS, Alan. **O que é Ciência, Afinal?**. Tradução por Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993.
- EBEJER, Walter Michael. **A teoria platônica das formas**. União da Vitória: UNIUV, 2010.
- EINSTEIN, Albert. **Como vejo o mundo**. Trad. H. P. Andrade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.
- ESPINOSA. **Espinosa**. Trad. Marilena Chauí, São Paulo: Abril Cultural, 1983. (OS PENSADORES).
- FRANCO, Marco Paulo Vianna. **As Implicações Filosóficas da Teoria da Relatividade**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2003.
- GARDIEL, Henri Dominique. **Iniciação à filosofia de São Tomás de Aquino**. Tradução por Wanda de Figueiredo, São Paulo: Duas cidades, 1967.
- GILSON, Étienne. **A existência em Tomás de Aquino**. São Paulo: Duas Cidades, 1962.
- NEWTON, Isaac. **Princípios matemáticos da filosofia natural**. Tradução por Carlos Lopes de Mattos. São Paulo: Nova Cultural, 1996. (OS PENSADORES).
- NOVELLO, Mário. **O que é cosmologia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006.
- PAIS, Abraham. **Einstein viveu por aqui**. Trad. Carolina Alfaro. 2.ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.
- PRIWER, Shana; PHILLIPS, Cynthia. **O Livro Completo sobre Einstein**. Trad. Martha Malvezzi Leal. São Paulo: Madras, 2004.

RUSSELL, Bertrand. **ABC da Relatividade**. Trad. Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Zahar, 2005.

REALE, Giovanni; ANTISERI, Dario. **História da Filosofia**. São Paulo: Paulinas, 1990. Vol. II.

VARELA, João. **O século dos Quanta**. Brasília: Universidade de Brasília, 2004.