

Subdeterminação da teoria científica: uma discussão sobre modelos planetários



Patrícia Matos Viana Almeida^{1,2}, Nádia Cristina Guimarães Errobidart¹

¹*Departamento de Física, Universidade Federal de Rondônia, Rua Rio Amazonas 351, Ji-Paraná, RO, 78960-000, Brasil.]*

²*Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Av. Costa e Silva, s/nº – Bairro Universitário, CEP: 79070-900, Campo Grande, MS, Brasil.*

E-mail: patricia_almeida@ufms.br

(Recibido el 14 de marzo de 2024, aceptado el 27 de mayo de 2024)

Resumo

A pesquisa qualitativa aqui apresentada foi de cunho bibliográfico e natureza explicativa, fazendo reflexões, diálogos e inferências sobre o desenvolvimento da ciência, das teorias científicas e a subdeterminação relacionada a aceitação de novas teorias no meio científico. Primeiramente fez-se uma revisão dos principais conceitos de subdeterminação dando ênfase as proposições de Pierre Maurice Marie Duhem e Willard Van Orman Quine. Percebeu-se que a construção de teorias científicas se compõe em cenários complexos, surgem em meio a questões de subdeterminação e entrelaçadas de informações observacionais e experimentais de vários cientistas e carregadas de contribuições de contextos, epistemológico, sociológico, histórico, cultural e ideológico bem como do controle político, intelectual, religioso e material. Por fim, observou-se que a subdeterminação esteve presente no momento do nascimento das teorias do movimento planetário, subdeterminações transitória e empiricamente equivalente não intertraduzível (pragmática), prática (de contextualização e rupturas ideológicas) e de peso teórico e/ou herança científica (herança epistemológica). Essas subdeterminações aparecem em momentos de transição de uma teoria para outra e também após sua conclusão como prova observacional irrefutável capaz de confirmar sua autoridade, seu estabelecimento e apresenta-la como a teoria científica que melhor explicava os fenômenos em estudo.

Palabras clave: Sistema Copernicano, Sistema Ptolomaico, Observação, Experimentação.

Abstract

The qualitative research presented here was bibliographic and explanatory in nature, making reflections, dialogues and inferences about the development of science, scientific theories and the underdetermination related to the accessibility of new theories in the scientific environment. Firstly, the main concepts of underdetermination were reviewed, emphasizing the propositions of Pierre Maurice Marie Duhem and Willard Van Orman Quine. We realize that the construction of scientific theories is composed of complex scenarios, arising amid questions of underdetermination and intertwined observational and experimental information from various scientists and contributions from contexts, epistemological, sociological, historical, cultural and ideological as well as political control, intellectual, religious and material. Finally, it was found that underdetermination was present at the time of the birth of theories of planetary movement, transitory and empirically equivalent underdeterminations that were not intertranslatable (pragmatics), practical (of contextualization and ideological ruptures) and of theoretical weight and/or scientific heritage (epistemological heritage). These underdeterminations appear at moments of transition from one theory to another and also after its conclusion as irrefutable observational evidence capable of confirming its authority, its establishment and presenting it as the scientific theory that best explained the preferences under study.

Keywords: Copernican System, Ptolemaic System, Observation, Experimentation.

I. INTRODUCCIÓN

O estudo trata-se de uma pesquisa qualitativa de cunho bibliográfico e natureza explicativa, em que se faz ponderações, interlocuções e deduções sobre o desenvolvimento de teorias científicas e a subdeterminação relacionada às suas aceitações pelos atores da comunidade científica, que partilhavam o mesmo contexto em determinado período temporal.

Iniciamos a discussão apresentando o ponto de vista sobre a ciência e seu desenvolvimento, para depois discorrermos sobre a subdeterminação e a transição do modelo planetário geocêntrico para heliocêntrico.

Concebemos a Ciência como “[...] uma sistematização de conhecimentos, um conjunto de proposições logicamente correlacionadas sobre o comportamento de certos fenômenos que se deseja estudar” [1]. Esta sistematização se refere a um processo de tratamento metodológico, realizado com a finalidade de organizar os conhecimentos, de forma que eles passem a ser considerados, como conhecimentos científicos. Esse processo de organização de informações é o que diferencia a construção de conhecimentos científicos de outros, como, por exemplo, os populares, os religiosos, etc.

Essa organização de informações sobre determinado tema é possível, pois o conhecimento científico possui características distinguíveis em comparação com os

classificados como populares, por exemplo, segundo esses autores.

Conhecimento científico: [...] é real (factual), porque lida com ocorrências ou fatos, constitui um conhecimento contingente, pois suas proposições ou hipóteses têm sua veracidade ou falsidade conhecida através da experiência e não apenas por meio da razão, como ocorre no conhecimento filosófico. É sistemático, visto que se trata de um saber ordenado logicamente, formando um sistema de ideias (teoria) e não conhecimentos dispersos e desconexos. Possui a característica da verificabilidade, a tal ponto que as armações (hipóteses) que não podem ser comprovadas não pertencem ao âmbito da ciência. Constitui-se em conhecimento falível, em virtude de não ser definitivo, absoluto ou não e, por isso, é aproximadamente exato: novas proposições e o desenvolvimento de técnicas podem reformular o acervo de teoria existente, por meio da razão, como ocorre no conhecimento filosófico. [1].

Compactuamos com a afirmação dos autores de que a Ciência possibilita uma ordenação lógica de ideias, as quais, quando reunidas e organizadas num sistema composto de conhecimentos, não desconexos ou dispersos, resultam na proposição de uma teoria. Assim concebendo a teoria pode ser caracterizada como um “[...] conjunto de princípios fundamentais, que se constituem em instrumento científico apropriado na procura e principalmente na explicação dos fatos” [1].

Destacamos aqui que, os pontos indicados pelos autores para definir o conhecimento científico, no caso proposições, hipóteses, veracidade, falsidade, experiência, lógica, razão, sistema de ideias, falível, eles caracterizam o processo de construção de uma teoria. Esse processo é visivelmente longo e cheio de percalços, pois nenhuma teoria emerge imediatamente após a proposição de uma ideia ou uma hipótese para solucionar um problema. Existe um procedimento metodológico que demanda um tempo considerável para sua execução, além da mobilização de conhecimentos pré-existente sobre aquele determinado problema. Produzidos por outros sujeitos que tentaram resolver o problema, em outros contextos e em diferentes momentos ao longo do tempo.

Ao olhar para estas diferentes tentativas e assim identificar sua história, precisamos considerar as interações epistêmicas, empíricas e pragmáticas de cunho cultural, histórico, ideológico, político e epistemológico, que de uma forma direta ou indireta guiavam o procedimento metodológico, realizado por diferentes sujeitos, ao longo dos tempos. Este posicionamento parte do entendimento de que uma teoria científica consiste em “[...] uma construção humana passível de revisão [...]” [2], que passa por questionamentos diversos antes, durante e após sua construção, elaborados por estes diferentes sujeitos.

A proposição de questões sobre uma situação problema é uma característica da produção de conhecimento e da evolução científica, pois para se apresentar um conjunto de ideias que podem resultar na teoria que a comunidade acadêmica vai assumir como válida para aquele momento, o ponto de partida continua sendo a escolha de um problema ou questão de pesquisa. A resposta para uma pergunta é o que

dispara o processo metodológico que resulta na construção do conhecimento científico [3].

O envolvimento de diferentes sujeitos, na busca por soluções para um determinado problema, possibilita identificar aspectos ainda não considerados sobre ele e outras formas de coleta de informações e a produção de resultados obtidos pelo emprego de métodos lógicos, que podem ser estruturados por meio de observação e experimentação, utilizando técnicas e instrumentos específicos, por exemplo [1].

Um método lógico empregado na produção de conhecimentos científicos é denominado como Método Dedutivo, tendo como origem as discussões de René Descartes, Baruch Espinosa e Gottfried Wilhelm Leibniz. Nele entende-se que só a razão é quem pode levar ao conhecimento científico. O raciocínio dedutivo tem o objetivo de explicar o conteúdo ou o teor das ideias iniciais propostas para elucidar o problema, empregando como procedimento um conjunto de raciocínios que guiam a análise para partir do geral para o particular [4].

Não podemos desconsiderar que existem objeções de determinados sujeitos que vivenciam o contexto no qual ela se apresenta, e isto não é diferente com o método dedutivo. Uma delas é a de que o raciocínio dedutivo permite concluir, de forma diferente, a mesma coisa. Desse modo não seria possível prever todas as soluções possíveis à resolução de um problema. Outra objeção seria que a partir de uma afirmação geral os sujeitos envolvidos no procedimento de busca por soluções, precisariam ter um conhecimento precedente a respeito do problema. Neste caso não se pode pôr a prova esse conhecimento anterior. Ou seja, no método dedutivo o processo partiria de verdades e por esse motivo as conclusões também são tidas como verdade.

Outro procedimento metodológico empregado na produção de conhecimento científico seria o Método Indutivo, no qual a generalização deriva de observações de casos específicos de problemas da realidade concreta e não do geral. Ocorre o inverso, pois as constatações particulares levam à elaboração de conclusões gerais. Neste método as conclusões finais podem ou não serem verdadeiras, pois por meio da observação (de um levantamento particular), encontram-se determinadas conclusões que são resultados prováveis, ou seja, são suposições. Assim, o método indutivo sugere a verdade, mas não a garante. [4].

Ressaltamos que alguns sujeitos da academia também apresentam críticas ao método indutivo. Questionam a generalização do que é observado na especificidade de alguns casos (particulares) e a proposição de uma solução universal para todos os casos semelhantes: conclusões partindo do particular para o geral. Os sujeitos que se opõem ao método, consideram que não é possível partir de afirmações sobre o passado e o presente (premissas particulares) deduzir pressupostos absolutamente seguros sobre o futuro (premissa geral).

Ao avaliarem os dois métodos (indutivo e dedutivo), os sujeitos concordam que o fim do processo de investigação científica é a formulação de leis para descrever, explicar e prever a realidade, mas discordam da origem do processo e na forma de proceder (iniciar de um problema geral para

deduzir a específica ou buscar generalização a partir de um caso específico).

No Método Hipotético-dedutivo, o terceiro procedimento metodológico que ressaltamos neste trabalho, o desenvolvimento do processo científico parte da observação dos fatos ou dos fenômenos que o sujeito pesquisador se dedica a estudar. Para isto, ele apresenta soluções provisórias após observar a situação problema, as quais serão testadas por meio da experimentação. Essas soluções provisórias são as hipóteses, uma “[...] explicação causal de certo acontecimento com base em premissas da dedução, uma ou mais leis universais, as condições iniciais” [5].

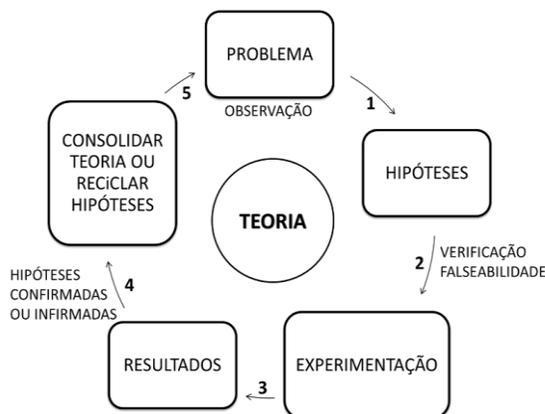


FIGURA 1. Método científico hipotético-dedutivo de Karl Popper, Adaptado de Popper [5].

O ciclo que ilustra o procedimento metodológico da proposição do Método Hipotético-dedutivo, na perspectiva de Popper, na Figura 1, visualizamos que a construção de um conhecimento científico, consolidada em uma teoria, é posta à prova por algumas hipóteses, que se mostram mais adequadas e condizentes com os dados identificados até aquele momento. Entretanto essa teoria não representa o ponto final do processo investigativo, pois ela poderá ser refutada a qualquer momento, se novas evidências surgirem e puderem responder às questões iniciais com mais propriedade que a teoria anterior [5].

Conforme figura 1, para Popper [5] no método científico hipotético-dedutivo, o pôr a prova é indispensável na construção científica, pois uma hipótese científica só pode ser considerada verdadeira se puder ser falseabilizada, por meio de uma ação sinalizada pela seta 2. Neste caso, a observação do problema, indicada pela seta 1, e a experimentação das hipóteses, seta 3, é que possibilitam que os fatos sejam confirmados. Se quando falseada as hipóteses foram infirmadas, o procedimento metodológico se reinicia, retomando a observação, para proceder a formulação de novas hipóteses, que levarão a uma nova experimentação e refutação (setas 4 e 5).

O método hipotético-dedutivo, apesar de ser o mais aceito pelos sujeitos que atuam nas pesquisas do campo das ciências naturais, devido sua estruturação lógica, ele ainda recebe críticas com relação à parte procedimental dedutiva. A crítica está relacionada aos testes de falseamento, os quais são tentativas de refutar as hipóteses levantadas pelos sujeitos a respeito da situação problema, mediante o emprego da

observação e/ou experimentação. Esse procedimento metodológico provoca o questionamento do fato de que se as hipóteses não forem consideradas verdadeiras, então serão sempre apenas soluções provisórias podendo ser refutadas a qualquer momento mediante novas constatações observacionais.

Outro ponto criticado pelos sujeitos que participam da academia é que a experimentação indicada no Método Hipotético-dedutivo é considerada incapaz de provar fatos, visto que o experimento é realizado com base em representações esquemáticas, simbólicas e ideais, do instrumento e da situação problema em estudo, com fins a diminuir as imprecisões e os erros. Assim o que se tem ao final do procedimento metodológico são constatações genéricas, abstratas e não reais.

Essa argumentação sobre a incapacidade de a experimentação possibilitar a sustentação de uma teoria foi fortemente sustentada por Pierre Maurice Marie Duhem e ela é o foco da discussão que apresentamos neste capítulo. Iniciamos a discussão apresentando uma breve revisão de literatura sobre a questão da subdeterminação, seguimos apresentando o ponto de vista de Pierre Maurice Marie Duhem e o de Willard Van Orman Quine e fechamos com um exemplo.

II. UMA DISCUSSÃO SOBRE A SUBDETERMINAÇÃO DA TEORIA PELA EVIDÊNCIA

Para apresentar a discussão sobre o conceito de subdeterminação discorreremos as reflexões de autores como Silva [6], Schüler e Severo [7], Peres [8] e Bortolotti [9].

Ao ter um conjunto de dados empíricos para que a partir deles seja definida uma teoria científica compatível, esses “[...] dados empíricos sempre serão compatíveis com mais de uma teoria sobre ele. Neste caso, a evidência subdetermina (determina parcialmente) a escolha de qual teoria devemos aceitar como justificada por tais dados” [6]. Considerando este ponto de vista, sempre haverá evidências que nos direcionam ao escolher entre duas teorias empiricamente compatíveis.

Na interpretação de Schüler e Severo [7] existe uma “[...] ideia geral e intuitiva” que geralmente leva os sujeitos “[...] à afirmação de algum tipo de subdeterminação na ciência é a de que, para qualquer teoria científica, bem apoiada em indícios observacionais, haveria (em algum sentido, a ser esclarecido) teorias rivais igualmente bem apoiadas”. Nessa reflexão assimilamos que empiricamente uma teoria sempre poderá ter outra teoria equivalente igualmente sustentada. Nesse sentido, os dois conceitos já apresentados estão em acordo. No entanto, entendemos que duas teorias podem ser empíricas e epistemicamente equivalentes, mas não é o caso que todas as teorias científicas sejam subdeterminadas em razão da pressuposta existência de uma teoria empiricamente equivalente rival. O que leva a outros pontos de vistas referentes a subdeterminação.

Identificamos em Peres [8] classificações relacionadas ao entendimento, sendo “[...] A subdeterminação holística que trata da impossibilidade de refutação ou falseamento de

dada teoria. E a subdeterminação contrastiva que cuida da dificuldade em se escolher entre duas ou mais teorias empiricamente equivalentes”.

Nestas classificações temos propostas que se excluem mutuamente, já que não se pode escolher uma teoria (subdeterminação contrastiva) sem refutar a outra por completo (subdeterminação holística) e nesta última ação a subdeterminação holística diz não ser possível.

No trabalho de Schüler e Severo [7] identificamos quatro classificações: subdeterminação de teorias empiricamente equivalentes não intertraduzíveis, subdeterminação de equivalência, subdeterminação transitória e subdeterminação prática,

A classificação subdeterminação de teorias empiricamente equivalentes não intertraduzíveis pontua que “[...] *toda rivalidade entre teorias parciais ou locais pode em princípio ser resolvida pela realização de novas observações ou pela elaboração de novas teorias, mais gerais, que se mostrem mais compatíveis com algumas das rivais locais*” [7].

Identificamos nas reflexões sobre tal classificação de subdeterminação que é forte a questão de encontrar novas provas observáveis, novos fatos a respeito do problema inicial que serão capazes de determinar a escolha entre duas teorias rivais. Neste sentido o contexto específico de um momento histórico pode subdeterminar a favor de determinada teoria simplesmente porque não existe possibilidade teórica ou tecnológica de se conseguir novas provas naquele momento.

A classificação subdeterminação de equivalência fala que quando temos duas teorias rivais, que preveem os mesmos fenômenos, todas as hipóteses a elas relacionadas, sejam elas antigas ou novas, assim como todas as suas confirmações empíricas, podemos considerar então que sempre haverá evidências que as manterão concorrentes entre si. Neste caso, como pontua Fourez [10], quando temos finitas observações empíricas temos infinitas teorias correspondentes.

Desta forma, “[...] *para qualquer teoria científica que postule entidades não observáveis ou princípios teóricos, teorias rivais empiricamente equivalentes (isto é, que predizem as mesmas observações) podem ser construídas*” [7]. Neste caso, a subdeterminação seria de tipo permanente, ou seja, “teorias rivais continuam rivais mesmo que novos indícios observacionais (confirmatórios ou desconfirmatórios) se tornem disponíveis” [7].

Esses mesmos autores ainda descrevem o que seria uma subdeterminação transitória, a qual:

[...] pode ocorrer mesmo em casos em que as teorias rivais não são empiricamente equivalentes. Trata-se, portanto, de um caso de subdeterminação de escolha de teorias. Dadas as observações disponíveis em um dado momento, os indícios favoráveis a uma teoria podem ser igualmente fortes aos indícios favoráveis a alguma teoria rival não considerada pela comunidade científica [7].

Essa subdeterminação propõe que pode haver evidências não ponderadas pelos cientistas naquele momento em questão, as quais ainda não foram pensadas pelos sujeitos do referido contexto ou ainda não foram identificadas, devido a falta de tecnologia e teorias disponíveis. Dessa forma, não é possível novamente escolher entre duas teorias rivais, pois as

novas futuras hipóteses poderão sempre favorecer ambas. Finalizam indicando que a:

[...] subdeterminação prática são aqueles [casos] nos quais a escolha entre duas teorias diferentes e conhecidas não são determinadas pelos indícios observacionais que estão disponíveis no momento. [...] Em geral, portanto, trata-se de teorias de escopo reduzido (diferentemente das teorias de que se ocupam os proponentes das outras formulações de subdeterminação vistas nas seções anteriores) [7].

Considerando estas teorias de escopo reduzido, a análise delas seria realizada com base em outros indícios, como questões econômicas, ambientais, sociais, culturais ou ideológicas, por exemplo. O aspecto prático se refere então ao que se tem disponível no momento para efetuar uma escolha.

Sem a intenção de esgotar a discussão fechamos o tópico discorrendo sobre duas classificações apresentadas por Bortolotti [9]. Na primeira, a autora considerou como subdeterminação forte, ao afirmar que “[...] *nenhum indício possível poderá alguma vez ajudar-nos a decidir entre duas ou mais teorias, pois, independentemente da quantidade de dados que possamos recolher, as teorias serão indistinguíveis em termos meramente empíricos*” [9].

Essa classificação de Bortolotti [9], a subdeterminação forte, apresenta semelhança com a definição de subdeterminação de equivalência de Schüler e Severo [7]. Elas compartilham o entendimento de que teorias sempre serão rivais, pois não há possibilidade de escolha por meio da análise das hipóteses, visto que elas sempre utilizarão como alicerce pressupostos experimentais confirmatórios da sua rivalidade.

Destacamos em relação ao critério empírico destas duas classificações que “[...] *a mera equivalência empírica não é condição suficiente para a subdeterminação; é necessário também a equivalência epistêmica, pois considerações de ordem epistêmica parecem ser indispensáveis na avaliação das teorias*” [8].

Compreendemos sobre incerteza epistêmica que ela está associada à disposição de conhecimento e de informações incompletas do sistema, do ambiente e do problema original, seja como base de suporte da teoria ou de provas de sustentação para qualquer fase evolutiva de seu processo de construção. Partilhamos dessa ideia quando pensamos que sem ter um conhecimento completo e aprofundado sobre o problema o observador pode incorrer a entendimentos errôneos a respeito do fenômeno.

A segunda classificação apresentada por Bortolotti, a subdeterminação indutiva ou fraca, diz que “[...] *não há indícios efetivos no momento presente que possam ajudar-nos a discriminar entre duas ou mais teorias empiricamente adequadas*” [9]. Neste caso, a determinação de uma teoria científica como a mais empiricamente compatível a realidade concreta está ligada a possibilidade de se ter novas provas observáveis igualmente a ideia presente na subdeterminação de teorias empiricamente equivalentes não intertraduzíveis de Schüler e Severo [7] comentada anteriormente.

Por fim, concordamos com todos os conceitos apresentados pelos autores citados anteriormente que a subdeterminação da teoria científica trata da construção

teórica de conhecimento científico. Discorre sobre um processo de escolha entre duas conjecturas propostas em determinado momento e contexto, as quais seriam teorias com resultados empíricos e dados experimentais equivalentes. Destacamos nosso entendimento sobre a necessidade de equivalências empíricas e epistêmicas para orientar o processo de escolha, entre duas teorias, assumindo aquela que mais se aproxima das condições reais dos fenômenos que estamos estudando, naquele momento.

Nesse sentido entendemos que a construção e o desenvolvimento das teorias científicas são processos envoltos em subdeterminações, pois é possível encontrar provas observacionais favoráveis e desfavoráveis a todas as teorias colocadas em análise, deixando sempre um empate sobre suas sentenças.

Ressaltamos, entretanto, que, nem todas as teorias são subdeterminadas, pois nem todas possuem às duas equivalências simultaneamente, no caso a empírica e a epistemológica. O aspecto empírico seria aquele que possibilitaria obtenção de conhecimento considerando unicamente a experiência vivida, podendo ele ser captado do mundo externo, pelos sentidos, ou do mundo subjetivo, pela introspecção. “Uma teoria é empiricamente adequada se for compatível com os indícios disponíveis e se não for por eles refutada” [9]. Ou seja, por meio da observação se obtém fatos comprobatórios ou reprobatórios a determinada teoria a respeito do fenômeno em questão.

Em uma teoria da subdeterminação o empirismo tem seus dogmas refutados veementes por conta de que os indícios empíricos dela, sejam eles os dados oriundos da observação, já vêm carregados de um peso teórico relacionado ao ponto de vista do observador e ele está suscetível a mudanças [8].

A observação costuma ser precedida e orientada por conhecimentos prévios, por experiências e expectativas do observador. Dois observadores, médico e paciente, por exemplo, frente a uma placa de raios-x, capturam informações, observam elementos diferentes ao visualizar o mesmo objeto. Além disso, uma observação simples, como aquela na qual é solicitado a um indivíduo observar um objeto, pressupõe que ele reconheça o objeto, identifique-o frente a outros objetos etc [11].

Neste caso, entra justamente a episteme ou a incerteza epistêmica por parte do observador complementando o quadro de formação de uma teoria. Esse tipo de incerteza está ligado a ignorância ou incompletude de informação em relação ao objeto e contexto de estudo. Uma incerteza epistêmica pode ainda ser relacionada a outros fatores como: excesso de informações, pois o ser humano possui limitada capacidade de processamento de grandes quantidade de informações simultâneas; provas em conflitos em casos com excesso de informações que eventualmente se pode ter provas apontando resultados conflitantes; ambiguidades em situações referentes a linguística, quando a informação tem significados diversos para um mesmo termo; medições errôneas em questões de imprecisão instrumental ou adequação dos instrumentos as condições contextuais corretas e ainda crenças do pesquisador oriundas de sua visão de mundo, informação subjetiva que pode ser incorporada na interpretação do fenômeno em estudo [12].

Encerramos a discussão geral sobre subdeterminação tratando a seguir das ideias de dois precursores dessa temática de estudo, abordando suas visões de subdeterminação e apontamentos relacionados a investigação científica e as incertezas empíricas e epistemológicas.

III. A SUBDETERMINAÇÃO A PARTIR DE DUAS IMPORTANTES REFERÊNCIAS

Neste tópico, discorreremos sobre o ponto de vista de dois estudiosos que trataram da questão da construção de uma teoria e a subdeterminação que a envolve o físico Pierre Maurice Marie Duhem e o matemático Willard Van Orman Quine, duas das principais referências em estudos relacionados à subdeterminação.

A. O ponto de vista de Pierre Maurice Marie Duhem

O físico, filósofo e historiador da ciência Pierre Maurice Marie Duhem [13], fez reflexões sobre a epistemologia das teorias científicas, bem como foi um grande crítico da ideia segundo a qual a ciência elabora hipóteses e as coloca sob o exame da experiência para comprová-las verdadeiras ou falsas, e que somente a experiência é competente para dizer quais teorias são aceitáveis ou não.

Em sua discussão sobre a subdeterminação sugere que uma teoria científica é a representação das leis experimentais, e não tem o objetivo de determinar a natureza verdadeira dos objetos, como muitos acreditam. Uma teoria científica busca apresentar o resultado de um conjunto de enunciados (hipóteses) com consequências empíricas que descrevem um fenômeno.

Para o autor, se acontecer de uma das muitas hipóteses empíricas, levantadas pelos sujeitos que buscam solucionar um problema em determinado período e contexto for refutada, ela não leva a refutação da teoria como um todo. Para Duhem [13] existem várias hipóteses que afirmam ou infirmam a teoria, e elas podem ser refutadas individualmente, sem prejudicar o todo, pois as demais hipóteses são avaliadas e reestruturadas.

O autor enfatiza ser impossível esgotar todas as hipóteses possíveis que foram sugeridas para estruturar determinada teoria, e este seria o motivo para ela, a teoria, não pode ser entendida como uma verdade absoluta e sim aproximada, relativa e provisória. Segundo ele, a troca de uma hipótese por outra é processo constante e natural na evolução de uma teoria, acontecendo muitas vezes para satisfazer os sujeitos quanto à representação dos fatos, efetuando a substituição daquela que já não possui sentido naquele contexto e momento [13]. Conforme o autor:

Qualquer lei física, sendo uma lei aproximada, está sujeita a um progresso que, com o aumento da precisão das experiências, tornará insuficiente o grau de aproximação que comporta essa lei. Ela é essencialmente provisória. A apreciação de seu valor varia de um físico para o outro, de acordo com os meios de observação de que dispõem e da precisão exigida por suas pesquisas. Ela é essencialmente relativa [13].

Neste ponto, a ideia de do autor de verdade relativa, provisória ou aproximada, é um contraponto as concepções do método indutivo. O autor apresenta isto como um problema para o entendimento da natureza e construção de explicações empíricas. Segundo ele, ao final do processo metodológico (construção e teste de hipóteses) encontram-se determinadas conclusões que são resultados prováveis e não uma teoria que representa totalmente a realidade empírica, isso porque, a teoria científica (lei física) é baseada em observação difusa e imprecisa, resultando em pressupostos que se relacionam simbolicamente (idealizam) com a realidade concreta.

Explorando mais além, se a teoria fosse uma explicação do real e concreto, então ela deveria poder explicar os fenômenos observados, e, necessariamente, explicar as causas últimas desses fenômenos. Sendo assim, a teoria física estaria subjugada à metafísica e seus sistemas, o que significa estar em acordo com doutrinas filosóficas. Desse modo teria predições rejeitada por não se deduzir dos princípios metafísicos ou por contrariá-los frontalmente. Compreendemos também que sendo subordinada a metafísica seria necessário filosofar. Ou seja, o processo científico teria o acompanhamento da discussão de seus pressupostos metafísicos (incluindo a escolha de uma escola metafísica) incorrendo mais uma vez em contradições. Pierre Duhem não acreditava nessa visão unificadora e defendia a autonomia da ciência como processo científico conduzido a partir da classificação natural das leis experimentais e adequação empírica sem dar explicação da natureza última dos fenômenos físicos [14].

Ainda falando do método científico, Duhem [13] também defende que não há experiência crucial na física, capaz de levar à refutação conclusiva de uma hipótese, isso porque se uma experiência não estiver de acordo com a teoria não é possível saber exatamente onde está a falha no processo. Por este motivo, não se pode garantir que o erro está na hipótese que os sujeitos pretendiam refutar. Aqui o ponto de discussão não reside no fato das hipóteses não poderem ser criadas e subsistirem isoladamente, mas que elas não podem ser testadas isoladamente porque é necessário levar em conta o todo (conjunto de teorias), e não apenas partes relacionadas as hipóteses, na execução do experimento.

Duhem [13] afirmava que não existe uma separação entre a observação de um fenômeno físico e a teoria escolhida para explicá-lo, pois quando se faz uma observação empírica já se adota uma linha de pensamento carregada de suposições pré-existentes, apresenta no ponto de vista do observador que analisa o fenômeno. Isso significa que as escolhas teóricas e metodológicas do estudioso não se dão apenas por critérios científicos ou racionais, mas também por propensões e determinações sociais específicas e intrínsecas suas (oriundas de sua formação e visão de mundo).

Em relação a essas “teorias pré-existentes do observador” [13] tem-se também os entendimentos de Peres [8] e Lindemann [2] que chamam de “*peso teórico*” e “*heranças científicas*” e acreditam que estes podem influenciar a escolha de uma teoria em detrimento de outra o que recai no conceito de subdeterminação.

B. O ponto de vista de Willard Van Orman Quine

Para Willard Van Orman Quine a ciência não deve ter a pretensão de substituir os conhecimentos do senso comum, mas ser uma extensão dela, capaz de propiciar ao homem comum, formas de compreender melhor as coisas do seu cotidiano. Assim como um homem comum, busca aprofundar seus conhecimentos, para explicar os fenômenos ao seu redor, um cientista também tem a mesma pretensão de explicação, porém ele precisa ser mais cuidadoso e sistemático, no trato das evidências coletadas sobre o acontecimento [15, 16].

A sistematização necessária para a construção de um conhecimento científico está presente também na construção do conhecimento filosófico, sendo o segundo movido pela mesma motivação de se conhecer o mundo, só que em amplitude maior. O autor considera que a construção de conhecimentos, realizada por um filósofo e por um cientista, apesar de se apresentarem como diferentes em amplitudes, estão igualmente alicerçadas em uma base conceitual. Esse alicerce é o que lhes concedem o título de ciência e diferenciam a produção de conhecimento dos cientistas e a dos filósofos, daqueles produzidos por sujeitos sem a mesma base conceitual. Sem um alicerce conceitual os sujeitos produzem conhecimentos do senso comum.

Essa base conceitual é empregada na formulação das hipóteses explicativas as quais por exemplo ajudam a avançar no processo de busca por causas, para determinada situação. “*O processo de formulação de nossas hipóteses seria guiado não pelas regras de um método incontestável, mas sim, por algumas máximas gerais que orientariam os cientistas sobre as qualidades geralmente benéficas às suas hipóteses de trabalho*” [17].

Segundo o autor, apesar de Willard Van Orman Quine não considerar que as hipóteses são elaboradas a partir de um conjunto adequado de regras, ele apresenta seis condições que podem ser observadas, pelos cientistas e filósofos, sem necessária rigidez metodológica, para formular hipóteses virtuosas. Ele considera como virtudes de uma boa hipótese: o conservadorismo; a modéstia; a generalidade; a refutabilidade; a simplicidade e a precisão com que se sugere uma causa.

O conservadorismo guia nossas hipóteses, pois ao pensarmos em alguma mudança buscamos uma forma de acomodar algo inesperado nos conhecimentos prévios que temos sobre situação semelhante, utilizando-os como guia das observações que serão realizadas. Nos sentimos seguros com a manutenção de uma explicação tradicional e isto guia a escolha das hipóteses formuladas para buscar uma causa.

Com relação a virtude da modéstia, Quine pontua que elaboramos uma hipótese lógica quando ela implica em uma outra, sem que seja implicada como consequência, mas é possível que ela também seja do tipo ordinária. Neste segundo caso a hipótese pode ser ordinariamente modesta se ela for mais corriqueira que outras, ocorrendo de forma mais frequente em eventos usuais e familiares como uma ligação telefônica que ao ser atendida a pessoa do outro lado da linha diga que foi um engano. Como é um fato corriqueiro dificilmente vamos pensar em uma hipótese modesta lógica

que pode ser um ladrão, verificando se existe alguém em casa [17]

As virtudes do conservadorismo e modéstia podem ainda se combinarem. Em sentido literal, conforme vimos, o conservadorismo significa, apenas, a conservação das nossas crenças anteriores. Como podemos imaginar, tanto uma hipótese modesta (e trivial) quanto uma hipótese “extravagante” podem ser compatíveis com as nossas crenças anteriores. Assim, o primado pelo conservadorismo não elimina o espaço da modéstia. Na verdade, o conservadorismo enfatiza a pertinência da modéstia – isto, claro, nas situações em que a hipótese mais modesta encontra-se um perfeito acordo com as nossas crenças anteriores [17].

A virtude da generalidade é uma característica de uma hipótese que pode ser utilizada para explicar um quantitativo significativo de eventos, indicando uma grande aplicabilidade. Para garantir a generabilidade de um experimento, por exemplo, ele precisa ser submetido a diferentes situações de testes, “[...] desse modo, se mais de um teste é requerido para estabelecermos a confirmação da hipótese, a hipótese a ser testada deve ser suficientemente geral para poder se coadunar com situações distintas de teste” [17]. Quanto mais estreita a relação da generabilidade com a simplicidade mais força ganha a hipótese ao ponto de se sobrepor as virtudes de conservadorismo e da modéstia.

É importante que uma hipótese apresente virtude de refutabilidade, pois se ela não possibilita nenhum tipo de teste, provavelmente não afirma nada sobre as situações do mundo. Segundo Quine, devemos ser cautelosos com explicações que parecem funcionar sempre muito bem ou com explicações que se apresentam sempre “disponíveis, independentemente dos fatos” [17]. Sugere que se utilizamos como explicação de algumas causas o fato de ser uma vontade de Deus, de nada nos serve a hipótese, pois não podemos testá-la.

Visto de forma mais adequada, portanto, a refutabilidade de uma hipótese seria apenas uma questão de grau: uma medida da relação entre o alcance explicativo da hipótese e os impactos que uma possível refutação desencadearia em nosso sistema anterior de crenças sobre o mundo [17].

Uma hipótese que preserva a virtude da precisão, indica claramente as possíveis causas de um evento anterior, com detalhamento tão minucioso que não possibilita ser encarada por um sujeito, como uma mera coincidência ou um caso raro de acontecer. “[...] a precisão se torna mais apurada quando as nossas hipóteses permitem predições quantitativas e, principalmente, quando identificamos uma dependência funcional entre as variáveis que compõem a predição” [17].

Quanto a virtude da simplicidade de uma hipótese Gonçalves (2016) apresenta uma detalhada reflexão sobre a defesa de Quine como característica que pode levar o cientista a desempenhar um papel ativo diante de uma evidência científica, chegando a arriscar-se na proposição de novas hipóteses. Apresenta autores que criticam a não justificativa da importância da simplicidade e a sinalização de que pode ser relevante em determinados contextos, mas em outros não. Ele finaliza indicando que para

Quine, a ciência – e, também, os métodos e os critérios de revisão de nossa ciência – não pode ser entendida como um conhecimento absolutamente certo (ou universalmente compartilhado). Pelo contrário, a ciência é um empreendimento falível e revisável, além de relativo à uma comunidade, linguagem ou momento histórico. Ainda assim, aponta Quine, o melhor que podemos fazer é proceder com as nossas investigações, todas elas, a partir dos melhores métodos atualmente disponíveis: os métodos da ciência. Desse modo, a rejeição da simplicidade (devido à rejeição da abordagem naturalista para o tratamento desta questão) complicaria desnecessariamente a própria ciência, ao impedir, por razões de pouco peso prático, a utilização de um critério que, de fato, tem apresentado um papel extremamente positivo no desenvolvimento do nosso saber [17].

Junto a discussão da passividade de revisão dos métodos da ciência e o uso da simplicidade como necessário para melhor desenvolvimento do saber, Quine também entra na questão contraditória do empirismo, as verdades analíticas e sintéticas que ele chama de dogmas do empirismo. Segundo ele:

O empirismo moderno foi condicionado, em grande parte, por dois dogmas. Um deles é a crença em uma divisão fundamental entre verdades que são analíticas, ou fundadas em significados independentemente de questões de fato, e verdades que são sintéticas, ou fundadas em fatos. O outro dogma é o reducionismo: a crença de que cada enunciado significativo é equivalente a alguma construção lógica com base em termos que se referem à experiência imediata. Ambos os dogmas, como vou argumentar, são mal fundamentados [15].

Ao discutir sobre o primeiro dogma, o autor faz uso das concepções de verdade fundamentadas em Kant e em Leibniz para justificar seu ponto de vista sobre a interpretação de verdade, analítica ou sintética, assumida por um dos principais defensores do empirismo lógico da sua época: Rudolf Carnap estudioso da Filosofia da Ciência do século XX. Segundo ele “o dogma do reducionismo sobrevive na crença de que cada proposição, tomada por si mesma e isolada das demais, pode ser confirmada ou invalidada” [15].

Quine [15] ponderava sobre o fato de o dogma relacionado com a crenças destas verdades apoiarem o reducionismo, pois ao acreditar na possibilidade de que se pode confirmar ou não uma proposição, estabelecia-se uma linha limite que não dependeria dos fatos analisados.

Os dois dogmas realmente têm uma raiz comum. Há pouco dissemos que em geral a verdade sobre proposições obviamente depende de fatos linguísticos e extralinguísticos; e notamos como isso causa, não do ponto de vista lógico, mas instintivamente, a impressão de que a verdade de uma a proposição é de alguma forma analisável em um componente linguístico e um componente factual [15].

A existência desta raiz comum e de uma linha limite que não dependeria dos fatos em si, mas da forma como eles eram apresentados é o ponto que o autor alicerça suas reflexões. Segundo ele, um fato dependendo de como é enunciado pode ser considerado verdadeiro, mesmo se localizado no limite da

linha periférica próximo da não verdade. Dependendo dos ajustes realizados, “*mesmo um enunciado muito próximo da periferia pode ser considerado verdadeiro diante de uma experiência recalcitrante, alegando-se alucinação ou modificando-se certos enunciados que chamamos de leis lógicas*” [15].

Estudiosos das obras de Willard Van Orman Quine e Rudolf Carnap, pontuam que a constatação do não dogmatismo do empirismo carnapiano levanta algumas questões acerca da proposta final de Quine em Dois Dogmas, a saber, a do seu empirismo não dogmático. A proposta de Quine, de maneira introdutória, pode ser resumida como uma tentativa de mudar o que ele considerava ser a imagem filosófica do conhecimento científico de seu tempo. Esta mudança, não obstante, consistiria em abandonarmos a imagem fundacionista do conhecimento científico enquanto um edifício, construído de maneira consistente a partir de uma base empírica sólida, para uma concepção holista de conhecimento, na qual o conhecimento deve ser visto como um campo de força, ou, para sermos mais didáticos, como um globo recheado de interligações, no qual nenhum enunciado possui um status epistêmico privilegiado [18,19].

Quando somamos a metáfora do conhecimento científico enquanto um edifício aos dogmas atribuídos por Quine, o que nos deparamos é com um edifício no qual há dois tipos de enunciados epistemologicamente privilegiados, pois os reconheceríamos, em tese, como verdadeiros, a saber, os enunciados que descrevem as experiências imediatas e os enunciados analíticos. Estes enunciados seriam, conseqüentemente, irrevisáveis e representariam pedras de toque para toda a construção do conhecimento científico. Assim, uma vez que Quine considera que esta era a imagem empirista de sua época, abandonar os dogmas do reducionismo e da analiticidade representa, para Quine, uma mudança radical da imagem da Ciência, sobretudo no que tange aos aspectos convencionais envolvidos na aceitação e rejeição dos enunciados científicos. [18,19].

Willard Van Orman Quine, o estudioso sobre a subdeterminação que inserimos nesta discussão, foi responsável por refutar os princípios do empirismo moderno devido ao peso teórico que as observações dos fenômenos carregam devido ao observador e neste caso podem então ter confiabilidade diferente dependendo do grau de conhecimento que este observador tem do fenômeno e todos os pontos envolvidos [16].

Quine ainda considerava “[...] *o esquema conceitual da ciência como uma ferramenta para previsão e manipulação empírica*” [2]. Ou seja, todo o conhecimento científico é uma construção humana, tem partes ontológicas e matemáticas, são interligados e permitem reajustes (revisões).

Sobre a subdeterminação, Quine se ateu em torno da incompatibilidade lógica entre as teorias rivais e o conflito de formulações teóricas que são logicamente compatíveis, mas mantém partes que não podem se desfazer entre si. Neste caso é possível entender que a teoria pode ser tomada como logicamente consistente com as evidências disponíveis, portanto, com a experiência direta.

Quine ainda aponta uma consequência dessa formulação, quando se parte das observações, o observador, o cientista, pode partir das mesmas evidências e chegar a teorias

diferentes. Para Quine as hipóteses são resultados das expectativas geradas sob as evidências pelo observador, assim não se deve ser levado em confirmação definitiva para incorrer em erro.

C. O conceito da tese de Duhem-Quine

Ao observarmos os pontos de vistas dos precursores do estudo de subdeterminação, Duhem e Quine, inferimos que as observações carregadas de expectativas, de peso teórico oriundo do observador e as incertezas epistêmicas são pontos capazes de contribuir para ampliar o efeito da subdeterminação em relação às teorias científicas.

Os dois conceitos, Tese de Duhem e de Quine, são ideias de subdeterminação de teorias científicas. E pelas classificações de Schüler e Severo [7] elas podem ser também identificadas como subdeterminação transitória e subdeterminação de teorias empiricamente equivalentes não intertraduzíveis respectivamente. Ainda podemos categorizar a proposta de Duhem como subdeterminação indutiva ou fraca conforme Bortolotti [9]. A diferença entre as duas posições basicamente consiste em conseguir provar qual mais se aproxima à realidade dos fenômenos em questão [9]. Ainda, de acordo com Peres, as teses de subdeterminação de Duhem e de Quine são classificadas como holística [8].

É importante destacar que as ideias de subdeterminação de Duhem e Quine são diferentes, apesar de discorrerem sobre as questões de desenvolvimento das teorias científicas, uma se mantém mais fortemente no holismo enquanto a outra se ancora na subdeterminação forte. Também que essas ideias de Duhem e Quine são encontradas na literatura, postas por outros autores, de forma unificada (tese Duhem-Quine), após Quine citar Duhem em uma nota de rodapé na parte do seu livro em que tratava da Teoria da Verificação e Reduccionismo [14, 16]. Mas a tese Duhem-Quine não é de Duhem nem mesmo do Quine [8] e podemos observar isso a partir de seu enunciado abaixo que mostra um subdeterminação mais rígida das duas teorias separadas.

O conceito da tese de Duhem-Quine, resumidamente, diz que a qualquer momento as evidências serão sempre insuficientes para determinar a teoria resultante de modo completo e que é impossível testar uma hipótese científica isoladamente, porque um teste empírico da hipótese requer uma ou mais suposições de fundo (também chamados de suposições auxiliares ou hipóteses auxiliares). Essa teoria se tornou um problema para os cientistas, se uma hipótese foi refutada no processo de falseabilidade “*não se pode rejeitar a teoria nem pôr em causa as hipóteses auxiliares*” [9]. Além disso, se não temos evidências capazes de determinar a teoria que melhor representa o fenômeno, sempre teremos apenas conclusões provisórias e nunca uma teoria final.

Para finalizarmos as reflexões sobre subdeterminação das teorias científicas, trataremos do exemplo dos modelos planetários. Serão mostrados os pontos que subdeterminaram o estabelecimento da teoria heliocêntrica e o abandono da geocêntrica pelos atores do meio científico.

IV. SUBDETERMINAÇÃO NA HISTÓRIA DA CIÊNCIA: OS MODELOS PLANETÁRIOS

De acordo com o estudo de subdeterminação realizado anteriormente é possível afirmar que na história da Ciência pode-se identificar subdeterminação nos processos de construção de teorias científicas, inclusive no desenvolvimento e transição das ideias dos modelos planetários como veremos a seguir. Na figura 2 temos alguns tipos de subdeterminação identificados nas teorias geocêntrica e heliocêntrica.

Primeiramente, verifica-se a subdeterminação pragmática proporcionando plausibilidade ao Heliocentrismo (subdeterminações transitória e empiricamente equivalente não intertraduzível - primeiro e segundo quadro da figura 2). Essa nova teoria apresentava conjecturas teóricas e novos cálculos matemáticos que diferiam dos dados existentes na teoria geocêntrica, mas que sozinhos não poderiam alterar a teoria em si.

Em segundo lugar certifica-se a subdeterminação contextual (subdeterminação prática - rupturas ideológicas - penúltimo quadro da figura 2), advinda das influências do meio social, cultural e ideológico bem como do controle político, intelectual, religioso e material da instituição religiosa na vida das pessoas. Seguidamente, verifica-se a subdeterminação devido a herança epistemológica (último quadro da figura 2 - peso teórico e/ou herança científica e

incerteza epistêmica) que se origina na bagagem teórica do estudioso e sua visão de mundo.

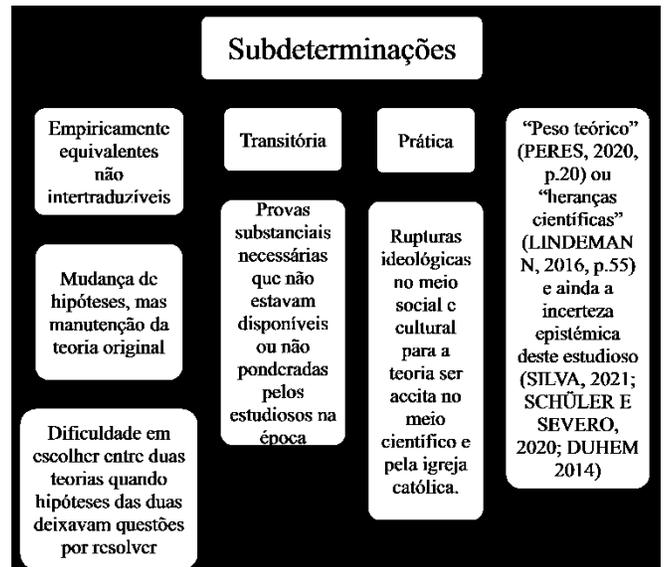


FIGURA 2. Tipos de Subdeterminação nos modelos planetários.

No quadro 1, as hipóteses um a onze (texto sublinhado e enumerado) foram os principais questionamentos levantados

QUADRO 1. Modelos planetários e suas hipóteses.

Modelos planetários			
Ideias de Aristóteles	Ideias de Ptolomeu	Ideias de Copérnico	Ideias posteriores complementação
Geocentrismo	Geocentrismo	<u>3. Heliocentrismo</u>	Heliocentrismo
Terra imóvel	Terra imóvel	<u>4. Terra móvel</u>	Terra Móvel
Esfericidade da Terra	Esfericidade da Terra	Esfericidade da Terra	Esfericidade da Terra
Órbita circular simples	<u>1. Combinação de movimentos circulares: revolução dos planetas (epiciclo), em torno de certo ponto (equante), que, por sua vez, descreve uma trajetória circular (deferente) em torno de outro centro.</u>	Combinação de movimentos circulares. <u>5. Eliminação de treze orbes ptolomaicos (três deferentes e dois epiciclos que foram substituídos pelo movimento da terra em torno do sol e outros oito círculos que foram abolidos introduzindo-se a rotação da terra). E adição de outros vinte e um epiciclos. Eliminação do equante.</u>	<u>8. Tycho - nova estrela de 1572 e o cometa de 1577, paralaxe, céu mutável.</u> <u>9. Kepler - Órbitas elípticas, Leis do movimento planetário.</u> <u>10. Galileu - paralaxe, céu mutável, racionalização da experiência e observação, autonomia da ciência - ênfase ao método científico (experiência e observação).</u> <u>11. Newton - gravidade (massa atrai massa), Lei da gravitação universal.</u>
Estudo qualitativo	<u>2. Estudo quali e quantitativo. Cálculos (utilizando geometria) sobre a dimensão da Lua e a distância entre ela e o Sol. Determinação da posição dos cinco planetas, do Sol, da Lua e das estrelas.</u>	Estudo quali e quantitativo. <u>6. Previsão matemática (utilizando trigonometria) da escala do sistema solar (comprimento $TS = \sin \alpha = \frac{VS}{TS}$ para determinar o tamanho médio do raio das órbitas dos planetas e o tempo de revolução em torno do Sol.</u>	

Céu imutável, Terra mutável	Céu imutável, Terra mutável	<u>7. Céu e Terra mutáveis. Unidade do sistema solar, todos os astros seguindo as mesmas leis naturais.</u>	
--------------------------------	-----------------------------	---	--

e solucionados de forma satisfatória para a comunidade científica em cada época de transição de um modelo planetário para outro (modelos de Aristóteles, Ptolomeu e Copérnico) e mesmo após este estar estabelecido como teoria final.

Por conta desses questionamentos (quadro 1, texto sublinhado e enumerado) demorou décadas para acontecer todas as publicações da teoria Copernicana após a seu fechamento por Copérnico e muito mais tempo para sua aceitação no meio científico. As dúvidas foram estudadas e as hipóteses foram substituídas por outras que melhor explicavam os fenômenos.

As principais mudanças do geocentrismo para o Heliocentrismo foram: a posição do sol (hipótese 3, quadro 1), posição da terra e o movimento desta que antes não existia (hipótese 4, quadro 1); questões de ordem mecânica e observacionais relacionadas ao tipo e combinação das trajetórias, posições e distância dos astros, e ainda como a terra se movia e, porque alguns corpos celestes possuíam movimentos diferentes (hipóteses 1, 2, 5 a 7, quadro 1).

Essas mudanças aconteceram em cada transição teórica, e só foram possíveis após novas evidências, novos cálculos geométricos e trigonométricos (dimensões dos astros, das órbitas e tempo de revolução - hipóteses 2 e 6, quadro 1) e novas conjecturas teóricas (combinação de movimentos circulares, reconfiguração dos elementos constituintes do sistema e unificação do sistema solar sob mesmas leis físicas - hipóteses 1, 3, 4, 5 e 7; quadro 1).

Quando o Heliocentrismo foi apresentado por Nicolau Copérnico o motivo maior de resistência a aceitação de uma nova teoria planetária residia no fator religioso, na crença de que a Terra estava no centro do Universo e o Sol girava ao seu redor. Parte dessa ideia era defendida inclusive com textos bíblicos do livro de Josué. A igreja da época defendia fortemente essa premissa e excomungava quem se opusesse. Prova disto foi a criação do decreto de 1616, que condenava o copernicanismo e punha o *De revolutionibus orbium coelestium* (As revoluções dos orbes celestes) de Copérnico no Índice dos livros proibidos por isso, mesmo após a sua morte, a sua teoria era considerada heresia pela igreja da época [20, 21; 22].

Apesar das teorias finalizadas por Aristóteles e Ptolomeu a respeito do sistema planetário geocêntrico serem difundidas amplamente, outras ideias já estavam sendo discutidas por diversos estudiosos, por exemplo, Nicolau Oresme, Nicolau Cusa, Bruno Giordano, Tycho Brahe, Johannes Kepler e Galileu Galilei. Algumas ideias eram: descrição de movimentos diários pela Terra e não apenas os outros corpos celestes; que o movimento era relativo; que o Universo não poderia ter um centro e era infinito; e até que terra girava ao redor do Sol [20, 22].

Podemos citar ainda outros estudiosos, como Ariabata da Índia e o astrônomo muçulmano Abu Sa'id al-Sijzi que acreditavam na rotação da terra e este último chegou a construir um astrolábio com base nessa ideia. Ainda da Índia,

Nilakantha Somayaji acreditava que os corpos celestes, exceto a terra, orbitavam o sol e este sistema orbitava a terra. Essa proposição possivelmente foi aproveitada por Tycho Brahe em seu modelo explicativo para o sistema planetário no início do século XVII chamado modelo Ticônico, [22, 23].

Este cenário mostra a diversidade de ideias que contribuíram para a construção da teoria científica do modelo planetário heliocêntrico, pessoas de diferentes lugares do mundo com culturas divergentes, pesquisando sobre um mesmo tema a partir de ideias preexistentes sobre o Universo e sua estruturação, e um modelo planetário geocêntrico que já não se encaixava completamente a realidade pesquisada.

Por fim, voltando ao Heliocentrismo, mesmo quando as ideias de Copérnico foram finalizadas, ainda restavam gargalos para serem analisados e outros estudiosos, como Tycho Brahe, Kepler, Galileu e Newton, tempos depois, apresentaram novas ideias como solução a esses problemas através de novas comprovações experimentais e teóricas (descoberta da paralaxe, construção das leis das órbitas e da gravidade universal - hipóteses 8 a 11; quadro 1). Essas novas evidências proporcionaram mais plausibilidade ao copernicanismo e subdeterminaram seu estabelecimento como teoria física mais condizente ao entendimento cosmológico.

IV. CONCLUSIONES

A construção de teorias científicas se compõe em cenários complexos, surgem em meio a questões de subdeterminação e entrelaçadas de informações observacionais e experimentais de vários cientistas e carregadas de contribuições de contextos, epistemológico, sociológico, histórico, cultural e ideológico bem como do controle político, intelectual, religioso e material. Por exemplo, as teorias que explicam a configuração do modelo planetário nasceram da curiosidade em conhecer o Universo além do nosso planeta e auxiliar o ser humano a obter melhores resultados na vida diária, por exemplo, no ciclo das estações e melhoramento das colheitas.

No início as hipóteses que constituíam as teorias do modelo planetário foram construídas com base em ideias pré-existentes, observações a olho nu e cálculos matemáticos geométricos; dessa forma sempre havia muitas lacunas a serem preenchidas. Até mesmo após o surgimento do telescópio e as observações passarem a ser instrumentalizadas, a junção dos dados experimentais e a teoria fazia-se complexa, levando longos períodos para serem ajustadas, restando ainda questionamentos a serem solucionados.

Esse contexto mostra que uma teoria pode ser considerada compatível com a realidade dos fatos observados da época, considerando as hipóteses e provas levantadas e possíveis de verificação. Mas, com o passar do tempo, com o surgimento de tecnologias capazes de auxiliar encontrar novas hipóteses

e provas, essa teoria pode tornar-se incompatível com a realidade e então surge a necessidade de uma nova teoria. Esse ciclo e questionamentos relacionados à compatibilidade com a realidade (empírica e epistemológica) e escolha de uma teoria em detrimento de outra se enquadra na subdeterminação, novas evidências determinando qual teoria melhor condiz com os fatos.

Verificamos aqui dois conceitos relacionados ao desenvolvimento de uma nova teoria, a limitação e a refutação. A limitação, pois empiricamente não é possível esgotar todas as possibilidades de pôr a prova uma hipótese, e a refutação da ideia da subdeterminação, dizendo que a qualquer momento as evidências serão sempre insuficientes para determinar a teoria resultante completamente, assim é necessário usar a refutação oriunda da falseabilidade de Popper, em que se possibilita ter dados novos que venham confirmar ou refutar ou ainda originar novas hipóteses, neste caso a refutação pode ser da hipótese total ou de parte dela. Desse modo todo esse cenário se encaixa na ideia da subdeterminação.

Verificamos também, quatro classificações de subdeterminação presentes nos contextos de desenvolvimento das teorias dos modelos planetários: subdeterminações transitória e empiricamente equivalente não intertraduzível (pragmática), subdeterminação prática (de contextualização e rupturas ideológicas) e subdeterminação de peso teórico e/ou herança científica (herança epistemológica). Essas subdeterminações aparecem em momentos de transição de uma teoria para outra e também após sua conclusão como prova observacional irrefutável capaz de confirmar sua autoridade, seu estabelecimento e apresenta-la como a teoria científica que melhor explicava os fenômenos em estudo.

Para finalizar, não se pretende aqui esgotar a discussão da subdeterminação na história da ciência, mas sim abrir caminho para novos estudos a respeito dos modelos planetários e as contribuições de Aristóteles, Ptolomeu e Copérnico.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS e com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERENCIAS

- [1] Marconi, M., A. e Lakatos, E. M.. *Fundamentos de metodologia científica*, (Atlas, 8ª ed., São Paulo, 2017).
- [2] Lindemann, J. L., *Os argumentos de Quine em “Dois Dogmas do Empirismo*, Revista Urutágua - Revista Acadêmica Multidisciplinar. Universidade Estadual de Maringá (UEM). N. 35, dezembro- maio (2016).
- [3] Bachelard, G., *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Tradução Esteia dos Santos Abreu, (Contraponnto, Rio de Janeiro, 316p, 1996).

[4] Prodanov, C. C., Freitas, E. C. de, *Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico*, (Feevale, 2. ed., Novo Hamburgo, 2013).

[5] Popper, K. R., *A Lógica da Pesquisa Científica*. Trad. Mota, O. e Hegenberg, L. (Cultrix, São Paulo, 1972).

[6] Silva, B. M., *Subdeterminação, realismo e objetividade*, COGNITIO Revista de Filosofia da PUC-SP, Centro de Estudos de Pragmatismo, São Paulo 22, 1-11 (2021). Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/cognitiofilosofia/article/view/55778/38753>.

[7] Schüler, G. G., Severo, R. P., *Quatro teses de subdeterminação de teorias pelos indícios observacionais: significados, plausibilidades e implicações*, PRINCIPIA 24, 299–324 (2020). Published by NEL—Epistemology and Logic Research Group, Federal University of Santa Catarina (UFSC), Brazil.

[8] Peres, J. C. F., *A tese Duhem-Quine é sustentável?* Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade Federal de Pernambuco (2020).

[9] Bortolotti, L., *Introdução à filosofia da ciência*, (Gradiva, Lisboa, 2008), pp. 110-114.

[10] Fourez, G., *A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências*, Tradução Luiz Paulo Rouanet. (Editora da Universidade Paulista, São Paulo, 1995).

[11] Alves, M. A., *Reflexões sobre a natureza da ciência: comparações entre Kuhn, Popper e o Empirismo Lógico*, Kinesis-Revista de Estudos dos Pós-Graduandos em Filosofia 5, 193-211 (2013).

[12] Barbosa, J. F., Marinho, M. L. M., Moura, H. P., *Em Direção a um Modelo para Quantificação da Incerteza Epistêmica em Projetos de Software: uma Pesquisa-Ação*, RISTI Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação Nº 44, 12 (2021).

[13] Duhem, P., *A teoria física: seu objeto e sua estrutura*. Tradução Rogério Soares da Costa, (Eduerj, Rio de Janeiro, 2014).

[14] Brito, J. B., *Holismo epistemológico em Pierre Duhem*. Dissertação (mestrado em Filosofia), Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade Federal da Bahia, (2016). Disponível em:

https://ppgf.ufba.br/sites/ppgf.ufba.br/files/holismo_epistemologico_em_pierre_duhem.pdf

[15] Quine, W. V. O., *Due dogmi dell'empirismo*, (Da un punto di vista logico, 2004). Disponível em: <http://www.ousia.it/SitoOusia/SitoOusia/TestiDiFilosofia/TestiPDF/Quine/Empirismo.pdf>. Acesso: junho de 2023.

[16] Quine, W. V. O., *From a Logical Point of View: Nine Logical-Philosophical Essays*, (Harper Torchbooks, Harper & Row, Publishers New York, Second Revised, Edition Hagerstown, San Francisco, London, 1963).

[17] Gonçalves, A. L., *A simplicidade como critério de hipóteses científicas: a abordagem naturalista de W. V. O. Quine*, Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, (2016).

[18] Pizzutti, P. H. N., Liston, G., *A Lógica da Ciência e o Falibilismo Epistemológico do Logical Syntax de Rudolf*

Patrícia Matos Viana Almeida & Nádia Cristina Guimarães
Carnap, Princípios: Revista de Filosofia, Natal **27**, No. 54, set - dez. (2020).
[19] Pizzutti, P. H. N., Liston, G., *O projeto lógico-linguístico e epistemológico do Aufbau de Rudolf Carnap*. *Problemata, R. Intern. Fil.* **10**, 188-205 (2019).
[20] Porto, C. M. e Porto M. B. D. S. M., *A evolução do pensamento cosmológico e o nascimento da ciência moderna*, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **30**, 4601 (2008).
[21] Galilei, G., *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano*, Tradução, introdução e

notas de Pablo Rubén Mariconda. (Editora 34. 3 ed., São Paulo, Associação Filosófica Scientiae Studia, 2011).
[22] Rooney, A., *A História da Astronomia: Dos planetas aos pulsares e buracos negros*, Tradução de Maria Beatriz de Medina, (M.Books do Brasil Editora LTDA, São Paulo, 2018).
[23] Rooney, A., *A História da Física: Da filosofia ao enigma da matéria negra*, Tradução de Maria Beatriz de Medina. (M.Books do Brasil Editora LTDA, São Paulo, 2013).