

## Especialização e ruptura: a dupla face do progresso científico em thomas kuhn

*Specialization and rupture: the double-faced aspect of scientific progress on thomas kuhn's ideas*

Vitor Gustavo Ribeiro de Matos  
Universidade Estadual  
de Santa Cruz  
vitor.gustavorm@gmail.com

Prof<sup>o</sup> Dr. Rogério Tolfo  
Universidade Estadual  
de Santa Cruz  
tolfo72@gmail.com

Recebido em: 13/07/2020  
Aceito em: 26/01/2021

### RESUMO

Em sua obra capital, *A estrutura das revoluções científicas*, Thomas Kuhn inaugura uma noção muito própria do progresso científico. No presente artigo, é exposta tal concepção de progresso a partir tanto de uma primeira contextualização histórica inicial, quanto de um sobrevoo pelos principais conceitos da obra mencionada. Para tanto, faz-se uso não apenas de seu escrito mais famoso, mas também de trabalhos posteriores do autor, bem como textos de comentaristas e estudiosos do tema. Em um primeiro momento serão apresentados os aspectos gerais da chamada ciência normal, com ênfase na noção de progresso cumulativo, adicionando, por parte dos autores, um exemplo contemporâneo de tal forma de progresso por especialização do paradigma. Em seguida, discorre-se a respeito do processo de ruptura entre a tradição normal e um novo modelo de ciência, processo chamado de revolução científica. A pesquisa resulta na defesa da ideia de que o progresso quantitativo — presente nos períodos de desenvolvimento da ciência normal — e o salto qualitativo — presente nas mudanças de paradigma ocorridas nas revoluções científicas — são processos complementares da mesma estrutura, através da qual o desenvolvimento histórico da ciência tem lugar. Por fim, como decorrência dessa concepção de progresso científico, pretende-se aqui sugerir um possível caminho de leitura da obra de Kuhn.

**Palavras-chave:** Kuhn. Progresso científico. Incomensurabilidade. Ciência normal.

### ABSTRACT

Since Kuhn's most famous writing, *The Structure of Scientific Revolutions*, it's been claimed a specific assumption on scientific progress. In the present work, this concept is presented under both a brief context introduction and an overview on the key-points found on Kuhn's major work. As means of doing so, the present text contains a primary bibliography, including the book mentioned above and Kuhn's later works, and a secondary cluster of bibliographical contents, which is largely composed of scholar's articles and comments on Kuhn's ideas. At first, it's presented the main aspects of the so-called normal science, paying a close attention to what sort of increasing-like progress shapes its activities deploy. Later, this work is intended to expose the elements of that rupture between a normal science tradition and a new science trend, this process is known as scientific revolution. As a result, this research supports the claim that both quantitative and qualitative scientific progress are complementary elements that takes part on a double-faced image of scientific development, whose features can be understood mainly on an analysis of the historical course. Finally, this work suggests a possible reading path to Kuhn's book, which consists of an interpretation of the scientific progress as a cyclical process.

**Keywords:** Kuhn. Scientific progress. Incommensurability. Normal science.

## Introdução

Neste artigo, pretendemos expor um aspecto específico do pensamento de Thomas Kuhn em *A estrutura das revoluções científicas*, a saber, os dois modelos do progresso científico. O primeiro é o desenvolvimento da ciência dentro dos limites de um paradigma, ou seja, o progresso por especialização que ocorre durante os longos períodos de ciência normal. A outra concepção de progresso é a de ruptura, ocorrida durante as revoluções científicas, nas quais um paradigma que não se mostra mais capaz de resolver os problemas postos é substituído por um outro, sendo este um representante de um novo modelo capaz de oferecer caminhos para solução de novos problemas. A primeira faceta do progresso científico é uma releitura da noção de progresso que é fortemente difundida desde Francis Bacon, correspondendo a uma forma cumulativa e até mesmo quantitativa de progresso. A forma do progresso como ruptura é o ponto que chama mais atenção no pensamento de Kuhn, pois com a sucessão de um modelo de se fazer ciência por outro, há uma descontinuidade que, à princípio, torna os paradigmas incomunicáveis e intraduzíveis. No que tangencia a questão da incomensurabilidade, será melhor explicitado adiante.<sup>1</sup>

No presente trabalho, será exposto, em um primeiro momento, o processo através do qual uma ciência sai do estágio pré-paradigmático e se torna uma ciência madura, bem como o funcionamento da ciência normal, as propriedades do paradigma e noção de progresso como extensão da validade de aplicação do paradigma vigente. Seguindo o trajeto feito por Kuhn, será apresentado na sequência o fenômeno das anomalias, o surgimento das crises e seu desdobramento mais dramático que é, como se pode supor, a eclosão de uma revolução científica. Como produto desse último processo, pretende-se discorrer sobre o progresso por ruptura e tentar identificar se é possível dizer que essas duas formas de progresso são complementares ou opostas. Por fim, além de defendermos a ideia de que as duas formas de progresso científico constituem uma mesma estrutura de mútua dependência, pretendemos sugerir um possível caminho de leitura da *Magnum opus* de Thomas Kuhn, o qual consiste no entendimento das estruturas existentes no processo de transformação histórica da ciência como percursos cíclicos de unificação e separação da comunidade científica.

### 1 Ciência normal: surgimento, características e modelo de progresso

O trabalho de Thomas Kuhn é reconhecido como um marco na Filosofia da Ciência. Suas preleções são, em alguma medida, uma proposta de discussão com as teses sustentadas pelos positivistas lógicos do chamado Círculo de Viena por um lado e a perspectiva falseacionista de Karl Popper por outro. Além do mais, seus estudos baseados na história da ciência proporcionam uma leitura da ciência baseada na contingência e não-linearidade, cujas influências são vistas de forma bastante difundida nos dias de hoje.

Os desdobramentos de suas ideias foram marcantes para o desenvolvimento posterior dos debates na Filosofia da Ciência, bem como direcionaram o rumo da carreira de Kuhn após a publicação de *A estrutura das revoluções científicas*, ocorrida em 1962. Apesar das duras críticas recebidas, em especial as acusações de relativismo científico e de proporcionar um relato irracional da ciência, Kuhn é um dos filósofos da ciência mais influentes do século XX.

Sua obra tem um lugar de destaque por ser capaz de proporcionar um outro olhar sobre a ciência, conferindo-lhe uma outra natureza, um outro comportamento e um processo distinto de desenvolvimento. As teses de Kuhn são especialmente marcantes por romperem com um demasiado objetivismo existente até então nos debates sobre ciência, com destaque para a corrente do positivismo lógico. Os pensadores dessa corrente, notoriamente manifesta no início do século XX, sustentavam uma distinção acentuada e bastante conhecida entre contexto de descoberta e contexto de justificação. Para esses pensadores, o primeiro era caracterizado como um processo meramente psicológico e subjetivo, inexistindo uma regularidade e uma

<sup>1</sup> Emprestamos a expressão utilizada por Oliveira (2014), na qual intraparadigmáticas e interparadigmáticas referem-se, respectivamente, ao modelo de progresso na ciência normal e nas revoluções científicas.

ordem que pudessem ser traduzidas em formulações objetivas e positivas. Assim sendo, as questões de cunho histórico, social e psicológico não eram tidas como relevantes para o estudo e entendimento de uma teoria. O mesmo não se aplica ao contexto de justificação. Este é a esfera objetiva, na qual são coletadas evidências, são realizados testes e são postuladas formulações a partir da observação. Diante desses aspectos, o positivismo lógico proporcionava um maior enfoque às questões objetivas do contexto de justificação do que para os aspectos mais intrínsecos do contexto de descoberta. Conforme aponta Okasha (2002), a postura do positivismo lógico era marcadamente a-histórica e, em alguma medida, descontextualizada dos aspectos externos ao âmbito da experimentação, sua relação era primordialmente voltada à natureza e sua abordagem era eminentemente racional.

Os escritos de Kuhn encontram-se no cenário acima descrito como uma antítese ao extremo objetivismo existente. Ao considerar os dados históricos que descrevem o desenvolvimento científico, Kuhn constrói pouco a pouco sua doutrina e apresenta, em 1962, o ensaio mencionado acima. Os anos subsequentes à publicação de *A estrutura* são marcados pela tentativa de Kuhn em defender sua doutrina das críticas sofridas, em especial em destacar os desdobramentos do tema da incomensurabilidade entre paradigmas. Por fim, de acordo com Okasha (2002), Kuhn acaba abandonando o teor radical de suas assertivas, ainda que, inicialmente, sua tentativa fosse de atenuar esse aspecto drástico de sua tese, em especial as acusações de irracionalidade e de relativismo. Esta última acusação se deve ao fato de Kuhn defender a influência exercida pela teoria sobre a observação e a interpretação dos dados (*theory-ladenness*), negando a neutralidade do cientista na lida com evidências e informações à mão. A consequência direta dessa tese é que, em última análise, a verdade de uma teoria, sustentada por tais evidências, só pode ser assumida dentro dos limites que a teoria estabelece, conforme o paradigma vigente. Ou seja, em contextos paradigmáticos distintos, um mesmo fato pode ser verdadeiro ou falso. No que diz respeito à irracionalidade, o problema levantado é que, embora Kuhn tenha feito uma grande contribuição em considerar a esfera social, em especial a comunidade científica, como agente de grande relevância para decisão de adotar ou abandonar um paradigma, tal assunção deixa uma lacuna, porque Kuhn não elenca critérios ou algoritmos a serem seguidos para que se decida, com base na razão, que um paradigma seja melhor que outro. Kuhn tentou suavizar tal afirmação em escritos posteriores, inclusive no pós-fácio de *A estrutura das revoluções científicas*, no qual ele constata o papel de elementos racionais em face da influência da comunidade científica nas mudanças de paradigmas. Os impactos de tais afirmações influenciaram grandemente os estudos subsequentes, em especial a área das ciências humanas. Se bem que Kuhn fosse um defensor da ciência, seu discurso, explicitamente a contragosto do autor (cf. KUHN, 1989, p. 353), tornou-se o estandarte de visões mais radicais e relativistas, como é o caso do Programa Forte nas ciências sociais, destacamos aqui também a notável radicalidade de Paul Feyerabend que, distanciando-se de Kuhn em certos aspectos, deve muito de seu pensamento ao autor de *A estrutura das revoluções científicas*.

### 1.1 Paradigma

Assim como faz Thomas Kuhn ainda nas primeiras páginas de seu ensaio, partiremos aqui da noção de paradigma<sup>2</sup>, pelo menos no tocante a sua definição, para que assim possamos ter uma noção mais clara dos tópicos subsequentes. Tal escolha se faz, porque o conceito de paradigma é central dentro do pensamento de Kuhn, uma vez que o funcionamento da ciência normal está fundamentado sobre um paradigma; as revoluções científicas representam a mudança de paradigmas; o critério de demarcação, assim como o critério de verdade são também, na leitura de Kuhn, o paradigma.

Por paradigma, entende-se as realizações de cunho científico que são tomadas como um modelo a ser seguido, como uma orientação que, baseando-se no seu êxito de outrora, carrega consigo uma promessa de

2 É de grande importância ressaltar que o conceito de paradigma é um dos eixos da obra de Kuhn, bem como um de seus conceitos mais criticados. A exposição feita no presente artigo tem a finalidade de introduzir a discussão central acerca do conceito de paradigma apresentada em *A estrutura*. Deste modo, para um maior desenvolvimento das questões referentes à noção de paradigma, consultar os trabalhos de Abrantes (1998), Kuhn (1989) e Mitra (2000).

êxitos futuros. Desta forma, fica claro que “o sentido primordial e etimológico de paradigma é o de exemplar, isto é, uma realização concreta de um problema que se torna um parâmetro para a solução de outros problemas semelhantes subsequentes” (MENDONÇA; VIDEIRA, 2007, p. 177). Porém, ainda que a acepção mais própria de paradigma em *A estrutura* seja exemplar, Kuhn (1989) aponta que é possível entendê-lo também como uma matriz disciplinar que permite a comunicação entre cientistas de áreas diferentes, mas que trabalham sob o mesmo paradigma.

Ademais, o paradigma é o eixo ao redor do qual se estruturam a ciência normal e as revoluções científicas. Assim sendo, para a existência de uma ciência consolidada, é preciso também haver um paradigma ou um conjunto de paradigmas que sustentem a atividade científica.

Diante do exposto, é possível entender as afirmações de Kuhn, ao explicar que um paradigma, uma vez adotado por uma comunidade científica, é reproduzido mecanicamente nas formações universitárias, em que os professores, também cientistas, reproduzem o paradigma vigente; nas práticas laboratoriais que implicam um conjunto de regras a serem seguidas; nas produções escritas, em especial artigos, cujo esoterismo acaba exigindo uma adequação ao olhar oferecido pelo próprio paradigma para sua compreensão e assim por diante.<sup>3</sup>

## 1.2 Período pré-paradigmático

Em *A estrutura das revoluções científicas*, Kuhn traz, já no primeiro capítulo, uma descrição da trajetória de um determinado campo de estudos até chegar ao estado de ciência normal. As diversas áreas e seus respectivos ramos da ciência não surgem já no estado como os conhecemos, salvo casos excepcionais, como os ramos surgidos de outras ciências já existentes (KUHN, 2017). Em verdade, o desenvolvimento de um seguimento científico se dá ao longo da história. Ao período inicial do desenvolvimento de uma ciência pode-se dar o nome de período pré-paradigmático.

Antes que se possa ter estabelecido um paradigma a partir do qual uma ciência normal será guiada, existe um estágio pré-paradigmático. Em tal período, diversos candidatos a paradigma tentam explicar os fenômenos a partir de seu próprio conjunto de teorias. A uniformidade que se vê em um período de ciência normal não é encontrada antes que um paradigma seja eleito.

Por não haver a delimitação paradigmática, não há a discriminação dos fenômenos relevantes, de evidências contundentes e de resultados significativos, cada comunidade produz conhecimento dentro de seu conjunto teórico e metodológico estabelecido. Como consequência, o período pré-paradigmático caracteriza-se por uma grande instabilidade.

O candidato a paradigma que mostrar ser capaz de responder um maior número de problemas é então eleito como paradigma vigente, o qual a comunidade científica assumirá o compromisso de seguir. Entretanto, conforme escreve Kuhn, para ser aceita como paradigma, uma teoria deve parecer melhor que suas competidoras, mas não precisa (e de fato isso nunca acontece) explicar todos os fatos com os quais pode ser confrontada (cf. KUHN, 2017, p. 80).

Com a adoção de um paradigma a ser seguido, o fazer científico ganha uma homogeneidade. Os cientistas são requeridos a aderir ao paradigma e suas decorrentes implicações. Aqueles que não aderem ao paradigma vencedor e resistem em seus conjuntos teóricos de antes acabam renegados ao âmbito da pseudociência e se alocam nos departamentos de filosofia, excluídos das atividades científicas comprometidas com o paradigma vigente.

3 Acreditamos ser possível encontrar no célebre romance *Frankenstein*, entre outros aspectos, esse processo de reprodução e estabelecimento de um paradigma hegemônico dentro da ciência institucionalizada. No segundo capítulo da obra, o jovem Victor Frankenstein ingressa na universidade, onde encontra o professor Krempe, que ministra a disciplina de Filosofia Natural. Esse momento é representativo do encontro entre dois modelos de ciência, entre dois paradigmas científicos. O paradigma a ser defendido pelo professor, o paradigma da ciência moderna, observacional e experimental, é aquele instaurado, difundido e predominante dentro do âmbito da ciência normal, ainda que em um contexto ficcional, de sua época. Pensamos ser bastante elucidativo usar esse exemplo fantasioso para explicitar a proposição feita por Kuhn.

Com a exposição da etapa inicial de formação da ciência normal, apresentaremos adiante, no mesmo trajeto traçado por Kuhn, a natureza da ciência normal. É imprescindível entender esse aspecto da pesquisa orientada por paradigmas para que se possa analisar seu modelo de progresso.

### 1.3 Ciência normal como solução de quebra-cabeças

Uma vez aceito um paradigma, o desenvolvimento de uma ciência normal está comprometido com as delimitações traçadas pelo paradigma. Como já foi mencionado, o paradigma exerce grande influência sobre a atividade científica. Na ciência normal, o paradigma delimita os tipos de fatos relevantes a serem estudados, os procedimentos adequados para cada investigação e os resultados a serem alcançados. Deste modo, o espaço de atividade da ciência normal apresenta-se como um ambiente bastante controlado e previsível. Tendo em vista que, como foi exposto acima, o paradigma não responde todos os problemas existentes em um cenário científico (KUHN, 2017), o conjunto de problemas, de fenômenos, de métodos e de regras que o paradigma estabelece como relevantes não é apenas arbitrário, mas também parcial, pois um paradigma é sempre um recorte de um conjunto relevante de elementos para uma dada atividade científica. Conforme escreve Kuhn,

Examinado de perto, seja historicamente, seja no laboratório contemporâneo, esse empreendimento parece ser uma tentativa de forçar a natureza a encaixar-se dentro dos limites preestabelecidos e relativamente inflexíveis fornecidos pelo paradigma. A ciência normal não tem como objetivo trazer à tona novas espécies de fenômenos, na verdade, aqueles que não se ajustam aos limites do paradigma frequentemente nem são vistos (KUHN, 2017, p. 88-89).

A ciência normal busca dar continuidade aos feitos do paradigma. Seu escopo não é fazer descobertas, encontrar respostas para problemas insolúveis, nem propor novas abordagens de estudo. A ciência normal parte de um conjunto estabelecido de teorias para encontrar um resultado já conhecido, pois todos os elementos já estão dados dentro do paradigma. Kuhn então se põe a questão de por que os cientistas têm interesse em trabalhar com uma ciência normal. O que os motiva?

A atividade do cientista em um ambiente de ciência normal é a de estender a validade do paradigma, prolongar a promessa de que as realizações do passado ainda conseguem resolver problemas do presente. No entanto, uma vez que não se busca fazer descobertas na ciência normal, pois até mesmo os resultados já são conhecidos e esperados de antemão, essa função de atualizador da validade e da aplicabilidade do paradigma não parece ser uma resposta satisfatória. Nas palavras do próprio autor em *A estrutura das revoluções científicas*,

Pelo menos, para os cientistas, os resultados obtidos pela ciência normal são significativos porque contribuem para aumentar o alcance e a precisão com os quais o paradigma pode ser aplicado. Entretanto essa resposta não basta para explicar o entusiasmo e a devoção que os cientistas demonstram com os problemas da pesquisa normal (KUHN, 2017, p. 104).

Uma possível resposta para o problema colocado é alcançável através de uma outra característica da ciência normal: uma resolução de quebra-cabeças. Em *A estrutura das revoluções científicas*, Kuhn escreve no quarto capítulo a esse respeito:

Talvez a característica mais impressionante dos problemas da pesquisa [normal] que acabamos de examinar seja seu reduzido interesse em produzir grandes novidades, seja no domínio dos conceitos, seja no dos fenômenos. Algumas vezes, [...] tudo é conhecido de antemão, exceto o detalhe mais esotérico. [...] a gama de resultados esperados (e, portanto, assimiláveis) é sempre pequena se comparada com as alternativas que a imaginação pode conceber (KUHN, 2017, p. 103).

O termo quebra-cabeça (*puzzle*) traz consigo um conjunto de valores semânticos que, para Kuhn (2017), possuem grandes similaridades com a atividade da ciência normal. Embora o significado de quebra-cabeça seja bastante amplo, estendendo-se a quase todo jogo ou desafio de raciocínio lógico, Kuhn frequentemente o associa ao jogo de organizar as peças e, como resultado, formar uma imagem. A partir da ideia do jogo de quebra-cabeça podemos concluir certos aspectos do funcionamento dessa ciência normal.

Como deve ser do conhecimento geral, o quebra-cabeça, nesse sentido mais estrito, possui peças, cujos encaixes obedecem a uma regra. Apesar de ser possível espalhar as peças de forma desordenada (em relação à regra do jogo) sobre uma superfície plana, não é possível dizer que o quebra-cabeça foi montado, mesmo que esse resultado imagético renda uma exposição em algum museu de arte moderna ao redor do mundo. Para que o quebra-cabeça seja completo, é preciso seguir as regras que o próprio jogo estabelece. Ademais, as peças a serem usadas já estão inclusas no jogo, não cabe inserir elementos exteriores que forjem um resultado. Além disso, as peças são, por natureza, encaixáveis, ou seja, é pressuposto que todos os elementos possuam um lugar próprio para que haja uma solução. Portanto, a única função de alguém que queira solucionar esse quebra-cabeça é montá-lo seguindo suas regras.

Com base nessa analogia sugerida por Kuhn, estende-se o que foi dito à atividade da ciência normal. O paradigma estabelece os limites de abrangência da atividade científica, demarca os elementos relevantes para o cientista e postula leis, princípios e regras a serem seguidos. O papel do cientista é montar o quebra-cabeça com as peças fornecidas pelo paradigma, de modo que o resultado seja uma solução efetiva para o problema (cf. KUHN, 2017, p. 108). O funcionamento dessa ciência, uma vez já conhecido o resultado que se busca, pois o paradigma já o prevê, é encontrar o caminho até esse resultado, pesquisa normal “é alcançar o antecipado de uma nova maneira” (KUHN, 2017, p. 105).

A confiança que se tem no paradigma e no quebra-cabeça que ele proporciona é tamanha a ponto de justificar o problema levantado por Kuhn. O cientista interessa-se pela pesquisa normal pois acredita que, se for suficientemente habilidoso, pode encontrar a solução para o problema. Acresce-se a essa convicção o fato de que, se eventualmente a pesquisa fracassar em encontrar uma solução para um problema, o fracasso recai não sobre o quebra-cabeça, mas sobre a habilidade do cientista em resolvê-lo (cf. KUHN, 2017, p. 104).

Arranjados os elementos que possibilitam a compreensão do funcionamento da ciência normal, é possível agora compreender como o conhecimento se desenvolve nos ditames do paradigma. Adiante exporemos como é possível que haja progresso em um âmbito tão delimitado como o da ciência normal.

#### 1.4 O progresso cumulativo da ciência normal

A questão do progresso científico é recorrentemente posta em debate. Muitas posições foram sustentadas por diferentes correntes ao longo das discussões na Filosofia da Ciência. Pode-se remontar a Bacon (1997) a ideia de um progresso cumulativo, através do qual, pouco a pouco, o ser humano se apropriaria do conhecimento dado no mundo, sendo cada pesquisa um passo adiante em um desenvolvimento linear e por meio do qual, a cada resultado encontrado, acrescer-se-ia mais conhecimento ao montante já conquistado pela ciência humana.

O posicionamento de Thomas Kuhn em sua obra como um todo é de distanciar-se de tal concepção. No entanto, no que tange a atividade da ciência normal, parece ser necessário fazer algumas observações. Autores como Axtel (1993) e Okasha (2002) ressaltam a postura crítica de Kuhn ante a noção cumulativa vigente, como foi dito, no berço da ciência moderna. Acreditamos, porém, ser de importância capital fazer uma distinção dentro do conjunto teórico kuhniano. Efetivamente, Kuhn rejeita um progresso linear e cumulativo de conhecimentos, entretanto acreditamos, em consonância com o que escrevem alguns estudiosos<sup>4</sup>, ser possível falar em progresso cumulativo dentro da ciência normal. Esse progresso se dirigiria a outro objeto.<sup>5</sup>

4 Ver Mendonça e Videira (2007), também o trabalho de Ferreira, Silva e Verdeax (2018).

5 Além do mais, o próprio Thomas Kuhn, ao longo do oitavo capítulo de *A estrutura das revoluções científicas*, menciona

Tendo em vista o que foi exposto acerca da natureza do paradigma e de sua influência sobre a atividade da ciência normal, seria um absurdo teórico falar em expansão desenfreada de conteúdos, incorporação e descoberta de fenômenos. Todo o campo de atuação da ciência normal já é estabelecido pelo paradigma. Todavia, o paradigma, em sua concepção mais própria em *A estrutura*, não esgota todas as possibilidades de articulação das teorias, pelo contrário, é um exemplar a partir do qual o cientista normal deve usar sua habilidade e estender a validade de aplicação desse paradigma. Mais especificamente, há um caráter cumulativo do progresso da ciência normal porque, usando-se novamente do trecho de Kuhn (cf. 2017, p. 105), o papel da ciência normal é alcançar o antecipado por uma nova maneira, é montar as peças do quebra-cabeça sem acrescentar qualquer coisa ao montante primário de conhecimento, senão o entendimento e a estruturação do próprio paradigma. Metaforicamente, esse progresso da ciência normal é como a posse de uma determinada porção de terra, a qual é delimitada por uma cerca. Não é lícito transpor essa barreira horizontal na planície, no entanto, para esta metáfora em específico, não há impedimentos para a expansão vertical, podendo o proprietário (que no caso real da ciência é a comunidade científica) cavar ou construir, desenvolvendo-se, dentro dos limites estabelecidos, uma estrutura habitável e proveitosa.

Esse desenvolvimento não é somente cumulativo, como também quantitativo. Novamente, não se fala aqui em uma quantidade de teorias, de conceitos ou de espécies dos fenômenos observados, mas sim de aparatos intelectuais ou técnicos que, sempre amparados pelo paradigma, buscam expandir a sua aplicação dentro do que é cabível ao próprio paradigma.

Na história recente da astronomia e da astrofísica, pode-se observar notáveis casos de progresso dentro de uma ciência que opera de forma bastante normal. Destacaremos aqui dois desses casos que ganharam maior repercussão nos últimos anos. Ambos são uma amostra de desenvolvimento de uma ciência normal, não apenas no âmbito teórico, mas também tecnológico como tentativas de montar o quebra-cabeça, o que Kuhn (2017) identifica em seus estudos historiográficos.

As duas primeiras décadas do século XX foram cruciais para o surgimento de um novo paradigma no campo da astrofísica. Com a publicação de sua Relatividade Especial em 1905 e a Relatividade Geral dez anos depois, Albert Einstein oferecia à comunidade científica uma outra abordagem para o estudo de fenômenos astronômicos de proporção tamanha que o paradigma da Gravitação Universal de Newton não se mostrava muito preciso, como é o caso de acontecimentos astronômicos extremamente massivos, por exemplo, aqueles relacionados a buracos negros e colisão entre estrelas. Não pretendemos fazer aqui uma análise historiográfica do processo pelo qual o paradigma einsteiniano substituiu a mecânica newtoniana vigente à época. Mas sim mostrar como as teses de Einstein, uma vez fazendo o papel de paradigma, orientam o horizonte de desenvolvimento da pesquisa normal.

Um primeiro momento a ser destacado, embora não componha os dois casos que serão expostos no texto como exemplos de progresso científico, é a solução que Karl Schwarzschild dá ao matematizar uma parte complexa das teses de Einstein. De acordo com Alberto Saa (2016), a Relatividade Geral de Einstein previa a existência de buracos negros, mas ele tinha problemas em matematizar esse fenômeno de forma precisa. Em 1916, Schwarzschild, à época, oficial de artilharia com notável reconhecimento dentro da comunidade científica alemã, enviava a Einstein uma carta trazendo a solução. Esse momento parece constituir, embora não se tenha ao certo aqui se as teses de Einstein já constituíam um paradigma aceito, um primeiro estágio de articulação na esfera teórica, um desenvolvimento cujo resultado já era esperado, o grande feito foi o caminho até ele.<sup>6</sup>

Uma vez estabelecido o paradigma e “substituído, até agora com absoluto sucesso, a Gravitação Universal de Newton” (SAA, 2016, e4201-2), observamos um desenvolvimento em busca de uma detecção, constatação

---

explicitamente a forma cumulativa do progresso científico da ciência normal, com destaque especial para um período notadamente dedicado a reforçar essa noção (cf. KUHN, 2017, p. 183).

6 Saa (2016) afirma que as teses de Einstein, ainda mais precisas que suas predecessoras para, entre outros, descrever a excêntrica órbita de Mercúrio, foram recebidas com alguma resistência pela comunidade científica de sua época pela estranheza de conceitos como espaço-tempo.

ou observação empírica desses fenômenos, chamados buracos negros, já previstos em teoria. Desde 2015, diversas detecções foram feitas. Primeiramente falaremos da primeira detecção de ondas gravitacionais do LIGO e, em seguida, da imagem construída de um buraco negro. Ambos os casos são usados neste artigo como exemplos empíricos da tese acerca do desenvolvimento quantitativo da ciência normal.

LIGO é uma sigla para *Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory*<sup>7</sup>. Esse observatório tem seu projeto iniciado no final do século XX e é mantido em funcionamento até os dias atuais. Sua função primordial é detectar ondas gravitacionais a partir de interferômetros laser. Ondas gravitacionais são espécies de deformações do espaço-tempo — fenômeno que Einstein também previu — e que, para serem detectadas, as ondas gravitacionais não podem ser medidas com instrumentos convencionais de medição, pois com a deformação da malha espaço-temporal, deforma-se também o instrumento usado. Por isso, usa-se interferômetros laser. No caso do LIGO, trata-se de uma estrutura que envolve duas espécies de túneis, cada um com quatro quilômetros de comprimento, que se encontram de forma perpendicular. Feixes de laser são disparados da extremidade isolada de cada túnel e se encontram no ponto em que formam um ângulo reto. Em condições normais, por conta da imensa estrutura para isolar ao máximo fatores externos, os dois feixes se encontrariam ao mesmo tempo no destino. Na presença de um fenômeno cósmico muito poderoso, a deformação no espaço-tempo causaria uma diferença no tempo que cada feixe demoraria para chegar ao destino, pois uma vez que a luz se propagasse na dimensão espaço-temporal, sofreria conseqüentemente os efeitos da gravidade e assim os sensores do LIGO perceberiam essa diferença.

Para os objetivos desse artigo, é interessante notar que houve um primeiro período de funcionamento do LIGO, entre 2002 e 2010, em que nenhuma detecção foi feita. Como mostra Kuhn (2017), diante do fracasso da resolução de um quebra-cabeça, a validade do paradigma não é questionada de início, recaindo muitas vezes sobre as habilidades do cientista em resolver essa espécie de problemas. Não apenas isso, mas, no caso específico do LIGO, o problema alocou-se na estrutura tecnológica, sendo esta a responsável por não encontrar o resultado previsto pelo paradigma einsteiniano. Após cinco anos de aprimoramento técnico e um orçamento bilionário, sendo o projeto mais caro financiado pela *National Science Foundation* (NSF), o LIGO volta a funcionar com uma versão avançada e que, pouco tempo após seu retorno às atividades realiza em 2015 a primeira detecção de ondas gravitacionais, o que configurou a primeira detecção direta desse fenômeno (SAA, 2016). Sendo estas decorrentes de um evento cósmico extremamente massivo, os cientistas responsáveis afirmam ser uma perturbação no espaço-tempo causada pelo encontro de dois buracos negros. O exemplo do LIGO, que têm continuado, junto ao Virgo<sup>8</sup>, a realizar diversas detecções, é um caso que nos parece concreto de desenvolvimento da ciência dentro de um paradigma.

Antes de analisarmos e expormos o ponto em questão, vejamos o segundo caso. Diante da incapacidade de se obter uma imagem de um buraco negro, pois um aparelho convencional de fotografia utiliza a luz para criar suas imagens e o buraco negro caracteriza-se justamente por uma força gravitacional tão grande que a luz também é capturada por ele. Desta forma, na empreitada de buscar um retrato visual de um buraco negro, o projeto de colaboração internacional *Event Horizon Telescope* (EHT), constituído por diversos radiotelescópios ao redor do mundo buscava através de outras formas de ondas, capturar uma imagem de um buraco negro. Para tanto, uma colaboração internacional e um orçamento milionário foram necessários para que, em 2019, fosse registrada a primeira imagem de um buraco negro. Oito radiotelescópios em diferentes partes do globo, munidos de relógios atômicos, apontavam para o mesmo buraco negro na galáxia M87, de onde obtiveram registros que, organizados pelo algoritmo desenvolvido por Katie Bouman, proporcionaram à história da ciência humana o primeiro registro da sombra de um buraco negro e de seu disco de acreção.<sup>9,10</sup>

7 Mais informações sobre o LIGO, ver LIGO, 2021.

8 Virgo é também uma colaboração internacional para detecção de ondas gravitacionais. Mais informações estão disponíveis em: <<http://public.virgo-gw.eu/the-virgo-collaboration/>>.

9 Disco de acreção corresponde à região ao redor do buraco negro registrado. Essa região é normalmente composta por gases, poeira, partículas e outros materiais que, por conta da força gravitacional, possuem uma forma circular. Para mais sobre discos de acreção, ver Frank, 2010.

10 Veja a imagem do buraco negro em: Lutz, 2019.



A partir do que foi exposto, temos dois casos do que acreditamos ser desenvolvimentos de uma atividade científica que, seguindo os ditames do paradigma, representam um progresso cumulativo. Como toda pesquisa normal propriamente dita, tanto o LIGO quanto o EHT não pretendiam fazer descobertas, o que eles buscavam já era previsto, e isso auxilia ao cientista para que ele possa saber onde encontrar o que procura. Assim sendo, tanto as ondas gravitacionais quanto a foto do buraco negro não são descobertas, mas resultados que já eram sabidos de antemão. A grandiosidade de tais intentos é encontrar os meios corretos para alcançar satisfatoriamente o resultado, obedecendo às regras propostas pelo paradigma. Por fim, enfatizamos o caráter cumulativo do progresso dessa ciência normal, pois, seguindo as conquistas dos experimentos descritos acima, atualmente ainda são construídos projetos gigantescos para dar continuidade ao que já foi feito.

Uma vez exposto os contornos gerais da noção de progresso dentro da ciência normal, intraparadigmático, partiremos agora para a subsequente análise do progresso existente nas revoluções científicas. Pontos que foram eventualmente pouco abordados são colocados à parte por conta da delimitação teórica do trabalho.

## 2 As revoluções científicas e o progresso por ruptura

Uma vez que foram apresentadas as características do funcionamento da ciência normal, cabe-nos agora expor como o próprio desenvolvimento histórico da pesquisa normal leva às revoluções científicas e como é possível identificar uma forma de progresso nas mudanças entre paradigmas.

### 2.1 O prelúdio de um período revolucionário

Dada a natureza da ciência normal, a saber, sua dependência em relação a um paradigma, torna-se previsível que a atividade da pesquisa normal por vezes encontrará obstáculos em suas investigações. Por conta de o paradigma corresponder a um exemplar que responda a uma parte dos problemas das comunidades científicas, o cientista deparar-se-á com casos inesperados, anômalos, que não estavam previstos pela teoria que rege a ciência normal de seu tempo. Neste cenário, encontra-se o que Okasha (2002) entende como um outro aspecto da ciência como resolução de quebra-cabeças: a necessidade de articular o conjunto teórico fornecido pelo paradigma e os fenômenos encontrados que não são previstos pela mesma. Conforme aponta Kuhn (2017), a presença de anomalias na pesquisa normal é recorrente e abundante, sendo a maior parte delas incorporadas ao corpo teórico do paradigma científico.

Entretanto, algumas dessas anomalias acabam por ser incompatíveis ou de difícil adequação ao paradigma a tal ponto que instaurem uma crise dentro da ciência normal. Nesse momento, tem-se os primeiros traços de uma crise do paradigma e conseqüentemente uma crise na comunidade científica. Neste sentido, Kuhn escreve:

Quando por essas razões ou outras similares, uma anomalia parece ser algo mais do que um novo quebra-cabeça da ciência normal, é sinal de que se iniciou a transição para a crise e para a ciência extraordinária. A própria anomalia passa a ser mais comumente reconhecida como tal pelos cientistas (KUHN, 2017, p. 166).

As crises podem ser desdobradas de diversas maneiras<sup>11</sup>. No entanto, sua consequência mais dramática é a configuração de um período de instabilidade. Em tais circunstâncias, a unidade conquistada com a

11 Algumas crises podem ser resolvidas com a manutenção do paradigma vigente, seja pela extensão do aparato teórico para adequar-se aos vários aspectos da anomalia, seja pela rotulação do problema como insolúvel para aquele momento. Neste último caso, a impossibilidade histórica dos instrumentos e recursos tecnológicos é muito recorrente. Talvez tenha acontecido tal processo de resposta à crise nas discussões a respeito da detecção direta de buracos negros. Conforme foi mostrado acima, o paradigma einsteiniano foi mantido, sendo deixado para gerações futuras o trabalho de desenvolver meios de comprovação do fenômeno já esperado.

consolidação de uma ciência normal, unificando as diversas tendências do período pré-paradigmático, começa a dissolver-se. Grupos diversos de cientistas iniciam um processo de distanciamento e a multiplicidade teórica e metodológica ressurgem. Em consonância com o exposto, Kuhn assevera:

Tais reconhecimentos explícitos de fracasso são extraordinariamente raros, mas os efeitos da crise não dependem inteiramente de sua aceitação consciente. Quais são esses efeitos? Apenas dois deles parecem ser universais. Todas as crises iniciam com o obscurecimento de um paradigma e o conseqüente relaxamento das regras que orientam a pesquisa normal. A esse respeito, as pesquisas do período de crise assemelham-se muito à pesquisa pré-paradigmática, com a diferença que no primeiro caso o ponto de divergência é menor e menos claramente definido (KUHN, 2017, p. 168)

Com a ampla variedade de possíveis respostas e soluções para a crise, tem-se início uma nova competição entre candidatos a paradigma. São esses elementos constitutivos da própria natureza da ciência que levam inevitavelmente a uma crise da ciência normal e a eclosão de uma revolução científica.

## 2.2 A mudança entre paradigmas

Uma crise da ciência normal que se instaure e afete a solução de quebra-cabeças a tal ponto que não se possa mais fazer ciência com os elementos até então oferecidos, desencadeia um período de ciência extraordinária, cuja característica principal é um desprendimento dos limites do paradigma, a inovação teórica e metodológica. Assim sendo, o primeiro passo que indica a eclosão de uma revolução científica é a descrença da comunidade científica na manutenção do paradigma que outrora fora por eles acolhido. Em tal direção, Kuhn explica que “paradigmas não podem, de modo algum, ser corrigidos pela ciência normal. Em lugar disso, como já vimos, a ciência normal leva, ao fim e ao cabo, apenas ao reconhecimento de anomalias e crises” (KUHN, 2017, p. 215). Diante da condição irreparável de certas crises do paradigma e a incapacidade da ciência normal de oferecer soluções a essa crise, a devoção com a qual foi assumido um paradigma perde nesse estágio o seu poder e a comunidade científica passa a não crer na capacidade de o paradigma ser um bom modelo para se resolver quebra-cabeças.

[A]s revoluções científicas começam com um sentimento crescente, também seguidamente restrito a uma pequena subdivisão da comunidade científica de que o paradigma existente deixou de funcionar adequadamente na exploração de um aspecto da natureza, cuja exploração fora anteriormente dirigida pelo paradigma (KUHN, 2017, p. 178).

Revolução científica, em linhas gerais, corresponde a um processo, de curta duração e muito pontual na história da ciência, em que há uma mudança de paradigmas, por meio da qual a ciência normal praticada por um grupo deixa de ser aplicada e as pesquisas subsequentes orientam-se por um outro paradigma (*paradigma shift*).

Cabe ainda neste tópico uma pequena exposição de um problema que muito interessou aos filósofos da ciência do século XX: como ocorre a sucessão entre teorias científicas. Em alguma medida, tal questão tem estreita ligação com o tema do progresso da ciência. Mas por ora vale ressaltar que o trabalho de Kuhn em *A estrutura das revoluções científicas* foi bastante marcante por ressaltar a influência de outros elementos no processo de mudança teórica dentro da ciência, não reduzindo esse processo a questões intrínsecas da própria estrutura lógica do pensamento científico. Desta forma, ele reafirma a importância de compreender o conjunto de perspectivas vigentes dentro de uma comunidade científica para entender suas decisões em momentos de adotar um paradigma, o que ocorre tanto após o estágio pré-paradigmático e durante as revoluções científicas.

Na escolha de um paradigma — como nas revoluções políticas — não existe critério superior ao consentimento da comunidade relevante. Para descobrir como as revoluções científicas são produzidas, teremos, portanto, que examinar não apenas o impacto da natureza e da lógica, mas igualmente as técnicas de argumentação persuasiva que são eficazes no interior dos grupos muito especiais que constituem a comunidade dos cientistas (KUHN, 2017, p. 180).

Afirmações dessa espécie foram, como foi dito no início do presente texto, muito frutíferas para os críticos de Kuhn, pois alegavam que de alguma forma essas proposições configurariam um desenvolvimento irracional da ciência. No posfácio de 1965 de *A estrutura*, Kuhn rebate alguns de seus críticos e escreve que não nega a presença de elementos racionais na escolha de teorias, mas reafirma o papel decisivo da comunidade científica e suas características intrínsecas.

De forma geral, o que Kuhn pretende afirmar, e em certa medida rebater algumas afirmações de Popper, é que “embora a inclusão lógica continue sendo uma concepção admissível da relação existente entre teorias científicas sucessivas, não é plausível do ponto de vista histórico” (KUHN, 2017, p. 185). Decorre de tal ideia que o desenvolvimento da ciência deve ser entendido por um ponto de vista histórico.

### 2.3 O progresso científico por ruptura e incomensurabilidade

Sendo o paradigma um modelo que determina, dentro da normalidade da ciência, não apenas a metodologia e os possíveis resultados que serão aceitos, mas também um critério de demarcação que influi na maneira como o cientista vê o mundo, com uma revolução científica, a mudança no corpo teórico é refletida também na atividade da comunidade em si. Fenômenos que eram antes vistos sob um rótulo específico podem, por meio de uma mudança interparadigmática, ser entendido de forma diversa, e fenômenos que antes nem sequer eram classificados, podem deste modo ocupar um lugar na teoria. Um exemplo muito referido por Kuhn é a transição do paradigma ptolomaico ao copernicano, no qual a lua passa a ser vista como um satélite e conseqüentemente traz com essa classificação um conjunto de características que agora podem ser vistas pelos cientistas, é o que Kuhn aponta como uma mudança na concepção de mundo a partir de um novo paradigma.

Acerca dessa mudança, Kuhn menciona por vezes o processo de alternância entre a visão de figuras com o jogo de frente-fundo, muito estudado pela escola da *Gestalt*, o que, se aplicado à realidade do cientista, significa que um mesmo fenômeno é ora visto de uma forma, ora de outra, mas nunca podendo ser visto simultaneamente de ambas as formas.

Diante desse distanciamento que surge entre as visões de mundo proporcionadas por paradigmas, Kuhn afirma que paradigmas que se sucedem em uma mesma área são incomensuráveis, não podem ser postos lado a lado, são visões de mundo diferentes. Destarte a famosa colocação de Kuhn (2017) que o diálogo entre representantes de diferentes paradigmas é um debate entre surdos e que, durante uma revolução científica, embora cada grupo de cientistas tente defender a eficácia de seu paradigma, essa fala só faz sentido para aquele conjunto de ideias e para a visão de mundo dos adeptos do paradigma defendido.

Embora a metáfora da incomensurabilidade de paradigmas como o processo de percepção referido pela *Gestalt* seja mais esclarecedora quando se fala do indivíduo e não da comunidade científica (DEMIR, 2008), a questão da incomensurabilidade é peça-chave para a compreensão dessa forma de progresso científico existente nas revoluções. Com a passagem de um paradigma a outro, fenômenos que antes nem mesmo eram percebidos, agora ocupam espaço dentro do bojo de elementos que a comunidade científica dispõe, um desenvolvimento qualitativo em certos aspectos, pois o que se aumenta não é um conjunto maior de conhecimentos correspondentes ao mesmo paradigma, mas a própria significação do conhecimento adquirido é alterada, sendo incomparável com o conjunto de conhecimentos anteriormente vigentes. É por meio das revoluções científicas que novos campos surgem, bem como novas tecnologias e novas teorias. É nesse

sentido que se pode falar em ruptura e progresso qualitativo. Uma revolução científica não destrói todo o conhecimento construído até então, mas os elementos que constituíam o paradigma são alterados, são vistos de outra forma. Conforme mostra o autor de *A estrutura*,

Dado que os novos paradigmas nascem dos antigos, incorporam comumente grande parte do vocabulário dos aparatos, tanto conceituais como de manipulação, que o paradigma tradicional já empregara. Mas raramente utilizam esses elementos emprestados de uma maneira tradicional. Dentro do novo paradigma, termos, conceitos e experiências antigos estabelecem novas relações entre si (KUHN, 2017, p. 247).

A questão da incomensurabilidade rende um longo debate que gera efeitos para a discussão de diversos outros pontos do pensamento de Thomas Kuhn. Guitamari e Plastino (2014) mostram como a questão da incomensurabilidade entre paradigmas apresenta-se sob três formas: ontológica, metodológica e semântica. Após as duras críticas sofridas, Kuhn posteriormente concentra sua argumentação no aspecto semântico da incomensurabilidade (KUHN, 2006).

Um aspecto a respeito da mudança entre paradigmas e seu subsequente progresso científico é digna de menção. Kuhn (2017) afirma que por vezes a substituição de um paradigma pode ser parcial, embora tal questão não fique clara em *A estrutura das revoluções científicas*. Mas é a partir das três dimensões da incomensurabilidade apresentada acima que, em escritos posteriores a 1962, Kuhn (2006) concentra em questões semânticas a noção de mudança parcial de paradigmas, como mostra o trabalho de Seabra (2016).

Ademais, acrescentamos que, em consonância com o que Kuhn afirma em *A estrutura*, uma revolução científica em um campo da ciência pode ser vista como apenas um incremento teórico ou técnico para outro. Com base no caso relatado pelo próprio Kuhn (2017), poderíamos analisar que, retomando o exemplo acerca da obtenção da imagem de um buraco negro, a revolução científica dentro do campo da física ondulatória promovida após a descoberta dos raios-X representa, para a radioastronomia, um desenvolvimento tecnológico que permite a especialização e resolução de seus quebra-cabeças, estando o paradigma da radioastronomia mantido e a revolução dos raios-x restrita à área da física ondulatória.

## Considerações finais

As duas principais intenções de Thomas Kuhn ao escrever *A estrutura das revoluções científicas* eram em certa medida inaugurar um novo modo de se fazer a historiografia da ciência e descrever uma nova imagem de ciência (KUUKKANEN, 2013). A primeira delas, apesar de sua importância, a saber, entender cada ciência como um produto histórico de seu tempo e, como fica claro na introdução de *A estrutura*, a necessidade de evitar anacronismos; a segunda empreitada de Kuhn nos é aqui mais aproximada do tema do artigo. Com a noção de uma forma de progresso não-cumulativo, sendo este o processo que representa uma transformação significativa do conhecimento científico, Kuhn oferece uma leitura alternativa para compreender o desenvolvimento das ideias da ciência.

Pretendemos mostrar como, pela própria natureza da chamada ciência normal, sua condição histórica a leva a um processo de crise que, eventualmente, pode ser ponto de partida para a emergência de uma revolução científica. A mudança de paradigmas garante uma nova visão de mundo que permite que a nova ciência normal possa desenvolver-se com um novo aparato teórico, até que o ciclo se repita. Deste modo, defendemos a ideia de que as duas formas de progresso acima descritas são complementares, uma vez que o esgotamento inevitável do progresso por especialização da ciência normalmente encadeia a crise do paradigma, sendo esta condição necessária para a eclosão de uma revolução científica. Com esta última etapa, estabelece-se um novo meio para o desenvolvimento de uma nova ciência normal. Tais elementos evidenciam a relação intrínseca e complementar das duas formas de progresso científico.

Além do mais, vale ressaltar a observância do aspecto cíclico do desenvolvimento científico descrito por Kuhn em *A estrutura das revoluções científicas*, em especial no que diz respeito à atividade da comunidade científica. É preciso esclarecer que o presente trabalho traz uma sugestão de caminho de leitura e ensejo para pesquisas futuras que sustentem, com devido aporte teórico, esse processo cíclico no comportamento da comunidade científica. Em linhas gerais, esse ciclo pode ser visto em duas etapas: ora em movimento de aproximação, ora em movimento de dispersão. Observa-se como, anteriormente ao amadurecimento de uma ciência, os diversos grupos encontram-se esparsos e isolados em tradições científicas incompatíveis, até que se unem em uma comunidade coesa de pesquisadores comprometidos com um paradigma. Após a fragilização da estrutura paradigmática que os uniu, um novo movimento de distanciamento é visto entre grupos de uma mesma comunidade, que começam a praticar e defender propostas diferentes para os problemas encontrados. Como foi visto, a divergência entre os grupos que praticam ciência em período de crise de um paradigma acentua-se a ponto de inviabilizar a comunicação entre grupos. O cenário inicial novamente surge: vários candidatos a paradigma competem por sua consolidação, até que enfim instaura-se um novo paradigma que dá início a outro período de unidade. Tendo em vista que Kuhn aponta a comunidade científica como um eixo crucial do seu estudo, tão importante quanto a noção de paradigma (KUHN, 1989), tomá-la como agente nesse movimento cíclico de unidade e dispersão sugerido acima, parece bastante acertado. Contudo, para postular uma tal afirmação com recursos teóricos suficientes demanda maior referencial bibliográfico e análise. Para o presente escrito, fica o registro de uma hipótese e sugestão de caminho de leitura.

Por fim, vale ressaltar que é possível observar variações dessas ideias ao longo da obra completa de Kuhn. Com *A estrutura*, o autor postulava um primeiro ensaio que, embora tenha sido fruto de um trabalho de muitos anos e que possuísse precedentes históricos dentro e fora dos escritos do próprio Thomas Kuhn, precisou enfrentar críticas para que pudesse tornar-se mais consistente, o próprio autor escreve no posfácio da obra que se fosse escrevê-la novamente, anos após sua publicação, exporia, por exemplo, os tópicos em outro esquema e evitaria a polissemia do termo paradigma. É, não obstante, de grande valia o estudo da noção kuhniana de progresso científico para pensar o cenário atual do desenvolvimento das pesquisas realizadas, bem como contrastar o que se observa na realidade com as descrições históricas feitas por Kuhn a respeito do papel e postura da comunidade científica em períodos normais e revolucionários.

## Referências

- ABRANTES, Paulo César Coelho. Kuhn e a noção de “exemplar”. **Principia**. v. 2, n. 1, p. 61-102, 1998.
- ALVES, Marcos Antonio. Reflexões acerca da natureza da ciência: comparações entre Kuhn, Popper e o empirismo lógico. **Kínesis**. v. V, n. 10, p. 193-211, dezembro, 2013.
- ANDERSEN, Hanne. Characteristics of scientific revolutions. **Endeavor**. v. 22, n. 1, p. 3-6, 1998.
- AXTELL, Guy S. In the track of the historicist movement: re-assessing the Carnap-Kuhn connection. *Studies in History and Philosophy of Science*. v. 24, n. 1, p.119-146, 1993.
- BACON, Francis. **Novum organum ou verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza**. ANDRADE, Jose Aluysio Reis de. (Trad.). São Paulo: Nova Cultural, 1997.
- CONDÉ, Mauro Lúcio Leitão; OLIVEIRA, Bernardo Jefferson de. Thomas Kuhn e a nova historiografia da ciência. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 04, n. 2, dez. 2002.
- DEMIR, Ipke. Incommensurabilities in the work of Thomas Kuhn. **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 39, n. 1, p. 133-142, 2008.
- FERREIRA, Marcello; SILVA, André Luís Silva da; VERDEAUX, Maria de Fátima da Silva. Progresso e não determinismo científicos, a partir de conceitos-chave da epistemologia de Thomas Kuhn. **Conjecturas: Filos. Educ.** Caxias do Sul, v. 24, n.2, p. 244-266, maio/ago, 2018.
- FRANK, Juhán. Britannica. **Astronomy. Accretion disk**. Aug 03, 2010. Disponível em: <<https://www.britannica.com/science/accretion-disk>> Acesso em: 25 maio 2021.
- GUITAMARI, Robinson; PLASTINO, Caetano Ernesto. Kuhn e as dimensões da incomensurabilidade. **Ideação**. Feira

de Santana, n. 29, jan./jun., 2014.

KUHN, Thomas. **A estrutura das revoluções científicas**. BOEIRA, Beatriz Vianna; BOEIRA, Nelson. (Trad.). 13 ed. São Paulo: Perspectiva, 2017.

KUHN, Thomas. **A tensão essencial**. PACHECO, Rui. (Trad.). Lisboa: Edições 70, 1989.

KUHN, Thomas; CONANT, James; HAUGELAND, John. **O caminho desde a estrutura: ensaios filosóficos, 1970-1973, com uma entrevista autobiográfica**. São Paulo: Ed. da UNESP, 2006.

KUUKKANEN, Joui-Matti. Kuhn's legacy: theoretical and philosophical study of history. **Topoi**, v. 32, n. 1, p. 91-99, 2013.

LIGO. LIGO Caltech. Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory. National Science Foundation. Caltech, MIT. **About**. 2021. Disponível em: <<https://www.ligo.caltech.edu/page/about>> Acesso em: 19 abr 2021.

LUTZ, Ota. **How Scientists Captured the First Image of a Black Hole**. Jet Propulsion Laboratory. California Institute of Technology. Teachable Moments. April 19, 2019. Disponível em: <<https://www.jpl.nasa.gov/edu/news/2019/4/19/how-scientists-captured-the-first-image-of-a-black-hole/>> Acesso em: 25 maio 2021.

MANDELBAUM, Maurice. A note on Thomas Kuhn's "The structure of scientific revolutions". **The Momist**, v. 60, n. 4, p. 145-152, 1977.

MENDONÇA, André Luis de Oliveira; VIDEIRA, Antonio Augusto Passos. Progresso científico e incomensurabilidade em Thomas Kuhn. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 169-183, 2007.

MITRA, Jayanata. Kuhn's concept of paradigm. **Management & Labour Studies**, v. 25, n. 1, p. 37-42, jan. 2000.

OKASHA, Samir. **Philosophy of science: a very short introduction**. Nova Iorque: Oxford University Press, 2002.

OLIVEIRA, Amélia de Jesus. Kuhn e o conceito de revolução. In: CONTE, Jaimir; MORITARI, Cezar (orgs). **Temas em filosofia contemporânea**. Florianópolis: NEL/UFSC, 2014.

SAA, Alberto. Cem anos de buracos negros: o centenário da solução de Schwarzschild. **Revista Brasileira de Física**, v. 38, n. 4, e4201, 2016.

SEABRA, Luiz Pedro da Silva. A concepção de Thomas Kuhn acerca das revoluções científicas. **Filogênese**, v. 9, n. 1, 2016.

SILVA, Francismary Alves da. **Historiografia da revolução científica: Alexandre Koyré, Thomas Kuhn e Steven Shapin**. São Bernardo do Campo: EdUFABC. 2015.

STANNARD, Russell. **Relativity: a very short introduction**. Nova Iorque: Oxford University Press, 2008.