

# **Aspectos da NdC Articulados com a História Conceitual da Astronomia, da Cosmologia e da Física: da Grécia Antiga ao nascimento da Ciência Moderna no século XVII**

## **Aspects of NdC Articulated with the Conceptual History of Astronomy, Cosmology and Physics: from Ancient Greek to the birth of Modern Science in the 17th century**

**Carlos A. S. Batista**

Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da  
Universidade Federal de Santa Catarina, casbatistauesc@gmail.com

**Luiz O. Q. Peduzzi**

Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da  
Universidade Federal de Santa Catarina, luizpeduzzi@gmail.com

### **Resumo**

Fruto de uma pesquisa de doutorado, este trabalho apresenta uma síntese sobre a articulação epistemológica entre vinte e um aspectos da natureza da ciência (NdC) e o conteúdo da história conceitual da ciência. Metodologicamente, ela encontra-se fundamentada em um extenso estudo da história conceitual da astronomia, da cosmologia e da física, aportado pela epistemologia da solução de problemas de Larry Laudan. Contudo, devido a sua ampla extensão, os aspectos da NdC são apresentados em bloco e contextualizados, aqui, de modo muito sucinto. Não obstante, considera-se que ensinar sobre a NdC na perspectiva da história e filosofia da ciência contribui para a construção de uma visão de ciência menos ingênua e mais fortalecida contra o seu inconcebível negacionismo, no mundo atual.

**Palavras chave:** natureza da ciência, história conceitual da ciência, articulações epistemológicas

### **Abstract**

The result of my PhD research, this work presents a synthesis about the epistemological articulation between twenty-one aspects of the nature of science (NDC) and the content of the conceptual history of science. Methodologically, it is based on an extensive study of the conceptual history of astronomy, cosmology and physics, supported by Larry Laudan's problem-solving epistemology. However, due to its wide extension, the NdC aspects are presented in a block and contextualized, here, in a very succinct way. Nevertheless, it is considered that teaching about NdC from the perspective of the history and philosophy of science contributes to the construction of a less naive and stronger view of science against its inconceivable denial in the current world.

**Key words:** nature of science, conceptual history of science, epistemological articulation

## Introdução

Para a educação científica e o seu currículo, em todos os níveis de ensino, a temática da NdC é uma das promotoras do pensamento crítico de estudantes e professoras/es sobre os conteúdos científicos, metacientíficos e o próprio *modus operandi* da ciência. Epistemologicamente, ela é compreendida como um conjunto de saberes metacientíficos originados por diversos questionamentos: O que é a ciência? Como funciona interna e externamente, produz, avalia, comunica e valida o conhecimento científico? Que valores estão inseridos na prática científica? Que implicações perpassam pelas complexas relações entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o meio ambiente? (VAZQUEZ et al., 2008). Sua razão de existir é amparada pelas demandas que a sociedade contemporânea compartilha com a comunidade da educação científica, relativas ao enfrentamento de diferentes e complexos problemas neste século XXI – crises ambientais, energéticas, populacionais, em âmbito local, regional e global –, com a ciência sendo vítima de um forte negacionismo, por parte de sujeitos e setores que se beneficiam economicamente com campanhas de descrédito da ciência, frente a grande parcela da população que, infelizmente, não foi contemplada por uma alfabetização científica de qualidade.

Como proficuamente apontado por (PEDUZZI; RAICIK, 2020), é no ambiente de sala de aula que a construção de saberes da NdC permite uma compreensão crítica sobre: o papel da criatividade e da colaboração na ciência para solucionar problemas importantes – por exemplo, o combate atual ao vírus da covid-19 com a produção de vacinas em tempo recorde –; a função dos modelos científicos; a distinção entre hipóteses, leis e teorias; a relação entre experimentação e construtos teóricos; a não neutralidade das observações; o significado de uma explicação científica, em seu contexto histórico; e que hipóteses e teorias não são verdades absolutas. Benefícios esses que evocam o velho e bom argumento da *abordagem contextualista*, via história da ciência, pela qual o processo de ensino-aprendizagem deve focar simultaneamente em e sobre a ciência, particularmente, quando o objetivo é uma formação científica plena para a cidadania.

Apesar desses benefícios, existe um grande debate sobre a importância epistêmica da NdC para o currículo escolar, a sala de aula, os conteúdos, métodos e objetivos da educação científica e tecnológica, de modo geral, incluindo, a formação docente inicial e continuada. Por exemplo, enquanto alguns trabalhos discutem como a NdC é compreendida por diferentes correntes de pensamento didático, filosófico e pedagógico; Martins (2015) aponta três questões em aberto, a saber, Por que é relevante ensinar sobre a NdC? O que ensinar? Como ensinar? (MARTINS, 2015); e Mendonça (2020) fomenta uma discussão sob o título, “De que Conhecimento sobre a Natureza da Ciência Estamos Falando?”. Sem entrar no mérito de tais discussões, acima de tudo, acredita-se na potencialidade de contribuir com a superação de visões inapropriadas sobre a ciência, mesmo existindo consensos e dissensos sobre essa temática (MARÍN; BENARROCH; NIAZ, 2013). Portanto, este trabalho apresenta uma síntese sobre a articulação epistemológica de vinte e um aspectos da NdC com a história conceitual da ciência, resultante de uma pesquisa de doutorado concluída.

## Metodologia

Esta síntese encontra-se fundamentada em um extenso estudo da história conceitual da astronomia, da cosmologia e da física, aportado pela epistemologia da solução de problemas de Larry Laudan, no âmbito de uma pesquisa de doutorado. Contudo, devido a sua ampla extensão, os aspectos da NdC são apresentados em bloco e contextualizados, aqui, de modo muito sucinto. Destaca-se que os núcleos básicos dos vinte e um aspectos da NdC foram amplamente articulados ao longo de dez capítulos da tese. Além disso, as articulações epistemológicas resgatam minimamente o conteúdo histórico da astronomia, da cosmologia e da física, fazendo alguns contrapontos com as velhas, porém, persistentes visões de senso comum compartilhadas por professoras/es, estudantes e livros didáticos da educação básica. Embora consciente do risco de se transmitir uma visão reducionista do conteúdo histórico dessas três áreas da ciência, essa comunicação permite que a comunidade tome conhecimento de um trabalho mais amplo e, com isso, contribua para o aprofundamento de discussões sobre a temática NdC mediante seu profícuo vínculo com a história da ciência.

### **Aspectos da NdC articulados com a história conceitual da astronomia, da cosmologia e da física**

Os aspectos da NdC articulados com a história conceitual da astronomia, da cosmologia e da física estão contemplados pela “sabedoria compartilhada” das pesquisas no ensino de ciências, em relação à produção desses saberes. Nessa direção, a demanda de superação de visões de senso comum ainda é pertinente e se materializam em ideias de que: *o trabalho científico é isolado; que o principal propósito da ciência é prover soluções apenas para problemas técnicos; na falta de percepção crítica sobre o papel dos modelos e teorias nas explicações científicas. Como também, na concepção empírico-indutivista da ciência; compreensão como uma atividade rígida, algorítmica, exata e metodologicamente infalível - crença em um método científico universal -; visão cumulativa e linear na produção de conhecimento; perspectiva descontextualizada; socialmente neutra; individualista; elitista e masculinizada.*

Frente a isso, os vinte e um aspectos da NdC são discutidos a partir da Grécia Antiga, no século VI a.C. Por sua vez, devido a uma possível semelhança, ou até mesmo, justaposição entre os sentidos de seus núcleos básicos, eles são apresentados em três blocos e contextualizados de uma maneira geral. Porém, quando necessário, são ressaltados aqueles que fazem contrapontos com as visões de senso comum. Nessa perspectiva, os aspectos da NdC do primeiro bloco são: (1) *a crença da ciência no ordenamento do universo físico;* (2) *a curiosidade humana sobre o universo;* (3) *o pressuposto de que a natureza pode ser matematizada;* (4) *a intuição racional refletida no senso de beleza matemática, harmonia dos números, das formas e elegância da geometria;* (5) *teorias e/ou modelos concebidos para descrever, explicar e prever fenômenos da natureza;* (6) *o papel da criatividade científica na proposição de tais teorias;* (7) *a formulação do saber teórico como exigência intelectual da própria ciência;* (8) *leis, modelos e teorias como construções do intelecto humano;* e (9) *a existência da pluralidade metodológica na ciência.*

Observando o conteúdo desses aspectos, é possível constatar a influência dos pitagóricos no nascimento da ciência, como a concebemos hoje. Por exemplo, Pitágoras de Samos (570 - 495 a.C) e seu discípulo Filolau de Crotona (470 - 385 a.C), de posse dos dados astronômicos herdados da civilização babilônica, propuseram os primeiros modelos cosmológicos esféricos, idealizados por uma visão de mundo hierarquicamente ordenado, representado pelo significado da palavra *cosmos*. Esses dois pensadores estavam preocupados em responder uma pergunta fundamental - *Qual é a verdadeira estrutura do universo?* - acreditando no poder da matemática para reduzir a *Realidade* da natureza às séries numéricas, na lei da

harmonia para governar o movimento dos corpos celestes e no uso do movimento circular uniforme, como aporte capaz de descrever o complexo e variado movimento desses corpos, quando observados da Terra. Além disso, Pitágoras, ao contrário de outros filósofos como Tales de Mileto (624-546 a.C) e seus discípulos da escola jônica, que acreditavam na ideia da Terra plana - um desses discípulos é Anaximandro, para quem a Terra é um corpo cilíndrico, habitado em sua face superior - foi o primeiro a defender sobre o formato esférico da Terra e o seu lugar central e estático no universo. Seguindo tais pressupostos, Platão (428-384 a.C) lançou uma outra pergunta fundamental para o desenvolvimento da astronomia e da cosmologia grega antiga, a saber: *Quais são os movimentos circulares uniformes e ordenados que possam ser tomados como hipóteses para explicar os movimentos aparentes dos planetas?* Para esse filósofo, pelo estágio da prática astronômica de sua época, era preciso desenvolvê-la mediante a prescrição de problemas, que deveriam ser investigados pelos meios matemáticos da geometria. Para os aspectos da *formulação do saber teórico, como exigência intelectual da própria ciência* (7) e a *ideia de que leis, modelos e teorias são construções do intelecto humano* (8), nesse contexto, de Platão a Ptolomeu (90 - 168 d.C), houve um desenvolvimento pleno de uma *astronomia matemática instrumentalista*, cujo objetivo era elaborar teorias e modelos que descrevessem os movimentos dos planetas no céu, sem a preocupação com a realidade física dos seus artifícios matemáticos. Por exemplo, a *hipopede* na teoria planetária das esferas concêntricas de Eudoxo de Cnido (408-355 a.C); o epiciclo e o deferente da teoria de Apolônio de Perga (260 - 190 a.C) e os excêntricos nas teorias de Ptolomeu. Artifícios esses, epiciclo e deferente, que posteriormente foram utilizados pelo sistema astronômico de Nicolau Copérnico (1473-1543) e pelo modelo cosmológico híbrido de Tycho Brahe (1546-1601), no século XVI. Não obstante, para o aspecto da *existência da pluralidade metodológica na ciência* (9), em contraponto com a ideia de *um único método científico universal*, destaca-se que, paralelo ao desenvolvimento da astronomia matemática instrumentalista, o modelo cosmológico de Aristóteles (324 - 322 a.C) representava uma corrente de pensamento epistemologicamente divergente. Isto é, de uma astronomia física, cujos pressupostos metodológicos e ontológicos defendiam, por exemplo, a existência das chamadas *esferas cosmológicas cristalinas* e a influência direta de seus movimentos sobre o movimento dos planetas e nas transformações físicas ocorridas no mundo terrestre e/ou mundo sublunar. Portanto, considerando a coexistência dessas duas correntes de pensamento e sua influência no desenvolvimento e na produção de conhecimento científico, na direção do nascimento da ciência moderna (astronomia, cosmologia e física), no século XVII, torna-se mais convincente sustentar a pluralidade do que a universalidade de um método científico.

Prosseguindo para os aspectos do segundo bloco, têm-se: (10) *a ciência como parte integrante das tradições culturais*; (11) *que as ideias científicas afetam e são afetadas pelo meio histórico-cultural e social* (12); *os fatores externos e internos implicados no desenvolvimento da ciência*; (13) *a influência cultural, filosófica, religiosa e social sobre o trabalho dos investigadores*; (14) *a complexidade e sutileza dos mecanismos presentes na aceitação de um novo conhecimento científico e/ou uma nova visão de mundo*; (15) *o caráter provisório do conhecimento, porém duradouro, marcado por constantes revisões e as mudanças do pensamento científico ao longo do tempo*; (16) *o processo vivo, criativo, polêmico, questionador, argumentativo da produção de conhecimento, em contraponto a ideia de crescimento cumulativo e linearizado*; e (17) *o caráter coletivo da ciência e da prática científica*. Observando o aspecto (10), destaca-se que, como a “concebemos” hoje, a ciência ocidental tem sua origem na *tradição cultural grega*, justamente porque, em comparação com à civilização babilônica - sem desprezar seu legado fundamental para o desenvolvimento da astronomia e da cosmologia na Grécia Antiga - seus pensadores (astrônomos, cartógrafos, geômetras, filósofos, matemáticos, dentre outros) instituíram uma

forma de pensar criticamente sobre o mundo, alicerçada pela razão. Por exemplo, Hegel (1978, p. 198) afirma que, na *escola eleática grega*, tendo Zenão de Eleia (490 - 430) seu mestre, “seu pensamento puro torna-se o movimento do conceito em si mesmo, a pura alma da ciência - é o indicador da dialética”. Neste contexto, ele continua, “Em Zenão (...); é a razão que realiza o começo - ela aponta, tranquila em si mesma, naquilo que é afirmado como sendo sua própria destruição” - no sentido construtivo dos limites contextuais da própria razão. Dando continuidade aos demais aspectos (11, 12, 13 e 14), quando se adentra no desenvolvimento da ciência, para além das fronteiras geográficas da Grécia Antiga, no continente europeu, observa-se que o nascimento da ciência moderna, no século XVII, foi influenciado pelas grandes transformações sentidas e refletidas pelas *ideias científicas*. Sabe-se que nesse novo contexto histórico-cultural e social, o *movimento renascentista*, representado pela *escola de pensamento platônica* ou *neo-pitagórica* influenciou, externamente, o advento da astronomia copernicana. E internamente, sabe-se também que esse advento foi igualmente impulsionado tanto por problemas técnicos relativos à reforma do calendário gregoriano quanto por fatores conceituais - internos e de visão de mundo - ligados à própria prática da astronomia. Ao mesmo tempo, nesse contexto, as implicações filosóficas, físicas, matemáticas e metafísicas resultantes da astronomia copernicana, tais como, uma nova visão de mundo, cuja Terra não mais ocupava o lugar privilegiado de centro do universo, são amplamente combatidas pelos movimentos das *reformas e contrarreformas religiosas*. Por consequência, as demais transformações histórico-culturais e sociais, nesse período, por exemplo, fins dos *regimes políticos medievais*, *surgimento da burguesia*, *expansões marítimas* e *nascimento das instituições científicas*, fortalecem a institucionalização da ciência moderna, denotam claramente a complexidade do aspecto (14). Já para os aspectos (15 e 16), o próprio nascimento da ciência moderna é um dos seus fortes reflexos. Afirma-se que o objetivo mais profundo da visão de mundo newtoniana foi abolir o mundo do “mais ou menos”, o mundo das qualidades e da percepção sensorial - mundo da avaliação de nossa vida cotidiana - substituindo-o pelo universo (arquimediano) da precisão, das medidas e determinações matemáticas rigorosas (KOYRÉ, 2002). Por exemplo, a partir de Copérnico, Bruno, Descartes, Brahe, Galileu, Gilbert, Kepler, Diggs, Hooke, Halley, Wren, Newton e outros personagens, a mudança do pensamento científico apontou em uma direção para além da visão de mundo grega, refletida pela ideia do cosmos e de todos os conceitos científicos, filosóficos, metafísicos e seus compromissos metodológicos e ontológicos associados (KOYRÉ, 2002), revelando, de modo contundente, o aspecto (16) *do caráter coletivo da ciência e da prática científica*, em contraponto a ideia de que a mesma seja *individualista*.

Avançando para o último bloco, destacam-se: (18) *as dificuldades cognitivas de abandonar conceitos fundidos nas concepções teóricas*; (19) *forte dependência do conhecimento científico da observação, evidência experimental, argumentos racionais e ceticismo, porém não de modo absoluto*; (20) *a experimentação como parte integrante do processo de construção do conhecimento científico, em substituição a ideia de simplesmente refutar ou aprovar a veracidade de uma teoria*; e (21) *o papel das experiências de pensamento no valor essencial das conjecturas pré-observacionais, dos conhecimentos e das convicções teóricas do sujeito na investigação científica*. Observando o aspecto (18), seu reflexo é percebido nas resistências cognitivas para abandonar o uso do *movimento circular uniforme* na prática astronômica, associado ao movimento dos planetas por mais de dois mil anos. E, na mesma proporção, para aceitar a ideia copernicana do movimento de rotação da Terra em torno do seu próprio eixo e do movimento de translação em torno do Sol. Por fim, para os aspectos (19, 20 e 21), observa-se a importância das observações telescópicas de Galileu, a partir de 1609, e seus esforços artísticos e intelectuais para representá-las frente à sua comunidade. Bem como, o valor de suas experiências sobre o movimento dos corpos no plano inclinado,

para responder duas perguntas fundamentais fomentadas pelo sistema copernicano: (i) *Existe alguma experiência terrestre que mostre que a Terra se move?* (ii) *Por que os corpos não são ejetados para fora da Terra devido ao seu movimento de rotação?* Juntamente com a pergunta - (iii) *Por que os corpos caem em direção ao centro da Terra?* Posteriormente, a resposta de (i) só foi encontrada com a observação da paralaxe, em 1838, por um grupo de astrônomos liderados pelo francês Friedrich Bessel (1784-1846); e as respostas de (ii e iii) foram obtidas com a concepção da *teoria da gravitação universal newtoniana*. Para tanto, nos passos intelectuais de Newton é possível observar sua *fundamental experiência de pensamento*, que, qualitativamente, comparava a órbita kepleriana de um planeta com a galileana de um projétil lançado de uma montanha na Terra. Por fim, destaca-se que, com o nascimento da ciência moderna, as experiências científicas tornaram-se um componente basilar e imprescindível para a construção de novos conhecimentos científicos. Porém, em contraponto com a *concepção empírico-indutivista*, é possível perceber no desenvolvimento conceitual da astronomia, da cosmologia e da física, desde a Grécia Antiga, uma ideia muito mais crítica. Por exemplo, que perpassa pela observação das premissas teóricas de Kepler ao utilizar os dados astronômicos obtidos por Tycho Brahe; as hipóteses de Galileu frente às suas experiências sobre o movimento dos corpos no plano inclinado, dentre outros.

### Considerações Finais

Ao observar seu objetivo, este trabalho contribui com o debate e a temática NdC, justamente por mostrar que alguns de seus aspectos têm referência epistemológica com o conteúdo da história conceitual da ciência. Com isso, auxilia na promoção do pensamento crítico sobre a NdC, atentando para a pertinência das diferentes discussões, especialmente, acerca da superação de velhas e pertinentes visões de senso comum, compartilhadas por docentes, estudantes e livros didáticos da educação básica. Além disso, comunica os resultados de uma pesquisa mais ampla à comunidade da educação em ciências.

### Agradecimentos e apoios

CAPES.

### Referências

- HEGEL, G. F. *Crítica Moderna*. Tradução Ernildo Stein. In: SOUZA, J. C. (Org.). **Os pré-socráticos**: fragmentos, doxografia e comentários. 2 ed., São Paulo: Abril Cultura, 1978, p.198-207.
- KOYRÉ, A. O significado da síntese newtoniana. In: COHEN, B.; WESTFALL, R. S. (Org.). **Newton**: textos, antecedentes, comentários. Tradução Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto, 2002, p. 84-100.
- MARÍN, N.; BENARROCH, A.; NIAZ, M. Revisión de consensos sobre naturaleza de la ciencia. **Revista de Educación**, Madri, v.36, p.117-140, 2013. Disponível em: <<http://10.4438/1988-592X-RE-2011-361-137>> . Acesso: 30 jul., 2021.
- MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.32, n.3, p.356-737, 2015. Disponível em: <<http://doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p703>>. Acesso: 30 jul., 2021.

MENDONÇA, P. C. C. De que Conhecimento sobre a Natureza da Ciência Estamos Falando? **Ciência & Educação**, Baurú, v.26, e20003, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1516-731320200003>>. Acesso: 15 jul., 2020.

PEDUZZI, L. O. Q.; RAICIK, A. Sobre a Natureza da Ciência: Asserções Comentadas para uma articulação com a história da ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.25, n.2, p.19-55, 2020. Disponível em: <<http://www.10.22600/1518-8795.ienci2020v25n2p19>> . Acesso: 30 jul., 2021.

VÁZQUEZ, A. et al. Consensos sobre a Natureza da Ciência: A Ciência e a Tecnologia na Sociedade. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.27, p.34-50, 2008. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc27/07-ibero-6.pdf>>. Acesso: 30 jul., 2021.