



Vínculos Epistemológicos Entre Saberes da NdC e o Contexto Investigativo Antecedente à Tradição de Pesquisa da Ciência Moderna

Carlos Alexandre dos Santos Batista ^{id} • Luiz O. Q. Peduzzi ^{id}

Resumo

Este artigo contextualiza saberes da NdC mediante a exploração do *conteúdo da história conceitual da ciência*, buscando enfrentar a problemática fomentada pela ideia de “visão consensual” de aspectos, características e/ou princípios da NdC, que devem informar o currículo escolar e o processo de ensino-aprendizagem em sala de aula da educação científica. Teórico-metodologicamente, este artigo está fundamentado na epistemologia da solução de problemas de Laudan; em uma extensa investigação acadêmico-científica; e nos aspectos metodológicos da moderna historiografia da ciência. Como resultados, são contextualizados mais *seis* vínculos epistemológicos, de *vinte e um* saberes da NdC, que reforçam o caráter da *não neutralidade da ciência*, em seus respectivos contextos de desenvolvimento. Como considerações complementares, ampliam-se as discussões sobre: (i) a superação do ensino de simples afirmações declarativas dos saberes da NdC em sala de aula; (ii) a proposição da validade epistemológica de saberes da NdC, através da contextualização histórico-filosófica; (iii) a ideia de evitar distorções desses saberes, evidenciando sua natureza contextual; e (iv) a demonstração do potencial que a visão de ciência de Laudan tem fornecido para as investigações no ensino *de e sobre* as ciências.

Palavras-chave: vínculos epistemológicos, solução de problemas, Larry Laudan, história conceitual da ciência, natureza da ciência

Epistemological Links Between NoS Knowledge and the Investigative Context Preceding the Research Tradition of Modern Science

Abstract

This paper aims to examine the challenges arising from the notion of a “consensus vision” of the Nature of Science (NoS), which serves as a basis for designing the school curriculum and facilitating the teaching and learning of science. The study contextualizes the understanding of NoS by delving into *contents on the conceptual history of science*. Laudan’s epistemology of problem solving, in-depth academic and scientific investigation, and the methodology of contemporary historiography of science provide the theoretical and methodological foundations upon which this article is built. As results, six more epistemological links are contextualized, of twenty-one knowledge of the NoS, reinforcing the non-neutral character of science within their respective developmental contexts. As complementary considerations, we broaden the discussions on: (i) moving beyond rote memorization of NoS concepts; (ii) situating NoS knowledge in terms of epistemological validation and historical-philosophical contextualization; (iii) emphasizing the contextual nature of knowledge to avoid distortions, and (iv) utilizing Laudan’s perspective of science as a framework for scientific inquiry *and* education.

Keywords: epistemological links, problem solving, Larry Laudan, conceptual history of science, nature of science

Introdução

Forjado no âmbito de uma investigação mais ampla (Batista, 2020; Batista & Peduzzi, 2021, 2022b), este artigo contextualiza saberes da NdC mediante a exploração do *conteúdo¹ da história conceitual da ciência*, buscando enfrentar a problemática fomentada pela ideia de “visão consensual” de aspectos, características e/ou princípios da natureza da ciência (NdC),² que devem informar o currículo escolar e o processo de ensino-aprendizagem da educação científica, neste século XXI. Em razão disso, nesta introdução, recapitulam-se aspectos já discutidos em outro trabalho e pontuam-se elementos que justificam a pertinência dos *vínculos epistemológicos* apresentados, aqui, na direção da pergunta: *Por que é relevante ensinar sobre a natureza da ciência?*³

O problema de pesquisa que fomenta este trabalho, corresponde a uma pergunta associada às contribuições que a epistemologia da solução de problemas de Larry Laudan pode fornecer para o ensino de ciências/física e a promoção do pensamento crítico sobre a natureza da ciência.

Em conformidade, a escolha da epistemologia de Laudan se justifica pelo reconhecimento da comunidade do ensino de ciências sobre o seu valor histórico-filosófico para fundamentar as investigações acadêmico-científicas em todos os níveis de ensino (Batista & Peduzzi, 2019; Ostermann et al., 2008). Da mesma forma, as contribuições da história e filosofia da ciência para o ensino correspondem: à ressignificação de conteúdos científicos via contextualização histórico-filosófica da ciência; ao desenvolvimento, implementação e avaliação de estratégias de ensino; à promoção do pensamento crítico, *em e sobre as ciências* (Batista & Peduzzi, 2022a; Batista & Peduzzi, 2019; Raicik, 2019). Isto é, um pensamento que instrumentaliza o exercício pleno da cidadania através do modo racional, prático e reflexivo de pensar e tomar decisões frente às diversas situações-problemas contemporâneas, especialmente o combate a injustiça social que desumaniza o mundo e o enfrentamento de problemas naturais emergentes, por exemplo, o aquecimento global e as mudanças climáticas.

Sobre o problema fomentado pela ideia de “visão consensual”, seus pontos críticos residem em múltiplos questionamentos e perguntas abertas à pesquisa, que têm ocupado o foco das investigações acadêmico-científicas. Por exemplo: *Por que é relevante ensinar sobre a natureza da ciência? O que ensinar? Como ensinar?* (Martins, 2015; Moura & Guerra, 2016). Perguntas essas que têm instrumentalizado articuladamente a proposta de *vínculos epistemológicos*. Para os questionamentos, têm-se que os objetivos explícitos de auxiliar a construção de saberes da NdC em sala de aula, não foram alcançados em nenhum nível de ensino (Peduzzi & Raicik, 2020; Bejarano et al., 2019; Coutinho et al., 2022; Garcia & Camillo, 2021; Hodson & Wong, 2017; Matthews, 2012; Mendonça, 2020). Por isso, acredita-se que muitas questões relativas à NdC não estão resolvidas

1 Esse conteúdo, de modo específico, é entendido, aqui, como um conjunto de conhecimentos implicados pelo desenvolvimento da astronomia, da cosmologia e da física, ao longo da atividade histórico-cultural humana.

2 Uma gama de ideias compreendidas como saberes metacientíficos, que já foram apresentadas (Batista & Peduzzi, 2022b).

3 Esta faz parte de uma tríade de questões para a pesquisa e o ensino de ciências, relativas ao “por que”, “o que” e “como” ensinar sobre as ciências (Moura & Guerra, 2016).

(Clough, 2008; Dagher & Erduran, 2014, 2016; Martins, 2015; Moura & Guerra, 2016); que a diversidade de orientações educacionais, epistemológicas, filosóficas, históricas, psicológicas, sociológicas, é a principal responsável pelo problema da demarcação, da produção e da validade de conhecimentos da NdC (Irzik & Nola, 2011; Martins, 2015; Mattheus, 2012, 2018); que existe uma latente necessidade de trabalhar as contradições inerentes à ideia de visão consensual (Garcia & Camillo, 2021); que é preciso superar as concepções de senso comum sobre a NdC, compartilhados por docentes, estudantes e materiais didáticos; como também desenvolver proposições alternativas à visão consensual, para abordar saberes da NdC em sala de aula, como observadas a seguir.

Para essa última necessidade, incluindo a própria ideia de *visão consensual* (Abd-El-Khalick, 2012; Marín, Benarroch, & Nias, 2013), a literatura apresenta diversas alternativas: *temas e questões* (Clough, 2008; Martins, 2015) — transformação de afirmações declarativas em temas e perguntas a serem investigadas em sala de aula; *family resemblance* (Irzik & Nola, 2011) — semelhança familiar — “para a qual não existe uma definição, mas um conjunto de noções relacionadas” (Irzik & Nola, 2011, p. 594) a elementos inerentes à ciência: atividade científica, objetivo e valores, metodologias e regras metodológicas e produtos⁴; *características da ciência* (Mattheus, 2012; 2018) — exploração da natureza contextual de cada afirmação declarativa, em seus aspectos, éticos, epistemológicos, filosóficos, históricos, psicológicos e sociológicos, em vista de evitar o problema da demarcação; *whole science* (Allchin, 2017) — transformação de perguntas do tipo: *o que é a NdC?* Para: *por que NdC?* Ou então: *por que ensinar sobre a NdC?*; asserções comentadas (Peduzzi & Raicik, 2020) — articulações entre saberes da NdC e o conteúdo de diferentes perspectivas sobre a ciência, epistemológica, histórica, filosófica, psicológica e sociológica; *problematização de saberes da NdC* através da teoria da atividade cultural-histórica (Garcia & Camillo, 2021); *compreensão da NdC* mediante a concepção de Bruno Latour sobre a *fabricação da objetividade científica* (Coutinho et al., 2022).

No que confere aos elementos que justificam os *vínculos epistemológicos* na direção da pergunta — *Por que é relevante ensinar sobre a NdC?* —, encontra-se a extrema necessidade de abordar o *aspecto fundamental da não neutralidade da ciência*, em seus contextos histórico-culturais. Haja vista a existência de constantes ataques contra a própria ciência, ao longo da sua existência, incluindo as instituições públicas; e a contradição absurda de conviver com o problema desumano da injustiça social que afeta principalmente crianças, jovens, adultos e idosos da grande parcela social, em plena era avançada da ciência, da tecnologia e da informação (Grant, 2001).

4 Para maiores interesses, essa proposta encontra-se ampliada no livro de (Dagher & Erduran, 2014) — *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Teaching: Scientific Knowledge, Practices, and Other Family Categories*. Em tradução livre, Reconceitualizando a Natureza da Ciência para o Ensino de Ciências: conhecimento científico, práticas e outras categorias de família.

Por exemplo, o manifesto da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC)⁵ denuncia o desmonte financeiro que a ciência brasileira vem sofrendo nos últimos anos, acompanhada de perseguições⁶ e sucateamento das agências de fomento à pesquisa, escolas, universidades e institutos federais, por todo o país (Moura, 2019). Consequentemente, o povo brasileiro tem presenciado contornos dramáticos, em termos de redução de financiamento público e de propostas de reformas curriculares para educação básica e a formação de professores, que agravam ainda mais a injustiça social no país. Nessa direção, a organização internacional Oxfam⁷ aponta que, os seis homens mais ricos do Brasil têm a mesma riqueza que os 50% mais pobres da população, isto é, 100 milhões de pessoas. Os 5% mais ricos têm a renda dos 95% restantes. Segundo essa organização, dada a situação da desigualdade extrema vivenciada pelos brasileiros e o ritmo atual de redução da mesma, serão necessários 75 anos para o Brasil atingir os níveis de desigualdade de países como Reino Unido e 60 anos para os níveis da Espanha. Comparado a países vizinhos, o Brasil está 35 anos atrás do Uruguai e 30 anos atrás da Argentina, nessa mesma questão. Concomitante a isso, as projeções do Banco Mundial mostram que 3,6 milhões de brasileiros, neste ano de 2022, devem voltar a viver na pobreza.

Atento a essa situação problemática, *os seis vínculos epistemológicos entre os saberes da NdC* — apresentados na seção de metodologia — *e o contexto investigativo antecedente à tradição de pesquisa da ciência moderna* (TPCM), são estabelecidos por alguns *fatores externos* que influenciaram direta ou indiretamente no desenvolvimento científico, desde os primeiros séculos da era comum (E.C) ao século XVI. Acredita-se que esta proposta de *vínculos epistemológicos* permite enfrentar o problema da injustiça social que assola a dignidade humana em todo o planeta, instrumentalizando o ensino de ciências na direção do combate à irracionalidade e contribuindo para a formação de uma sociedade mais solidária, moderadamente racional, crítica e reflexiva (Grant, 2001).

Por fim, em termos estruturais, este artigo encontra-se organizado da seguinte forma: na primeira seção, uma breve recapitulação dos fundamentos da epistemologia da solução de problemas de Laudan (2011); na segunda, alguns aspectos metodológicos principais da construção dos vínculos epistemológicos; na terceira, uma síntese narrativa envolvendo os seis saberes da NdC em destaque e; na quarta seção, as considerações complementares a um trabalho anterior, incluindo a discussão de como é possível contribuir para o enfrentamento da injustiça social, na perspectiva de evidenciar a não neutralidade da ciência, ao longo de sua existência histórico-cultural.

5 A Carta de Sobral, publicada no ano do centenário das observações astronômicas que corroboraram com a teoria da relatividade geral de Albert Einstein. Disponível em: <http://portal.sbpcnet.org.br/noticias/sbpc-divulga-manifesto-em-defesa-da-educacao-da-ciencia-e-da-democracia/>.

6 O triste caso do reitor da Universidade Federal de Santa Catarina, Luiz Carlos Cancellier, que cometeu suicídio após perseguição judicial-policial, sem provas. Disponível em: <https://www.abrasco.org.br/site/noticias/sem-provas-pf-encerra-inquerito-que-levou-reitor-cancellier-ao-suicidio/37766/>.

7 Disponível em: <https://www.oxfam.org/en/brazil-extreme-inequality-numbers>.

Uma Breve Recapitulação dos Fundamentos da ESPL

Os fundamentos da epistemologia da solução de problemas de Laudan (ESPL), aprofundados em (Batista & Peduzzi, 2019; 2022b), correspondem à: visão de ciência como uma atividade de solução de problemas; taxonomia dos problemas científicos, problemas empíricos e problemas conceituais, incluindo suas subclassificações como problemas empíricos (resolvidos, não resolvidos e anômalos) e problemas conceituais internos e externos (intracientíficos, metodológicos e de visão de mundo) e; ao seu conceito de tradição de pesquisa. Além disso, a ESPL integra a corrente contemporânea de filósofos e historiadores da ciência denominados *historicistas da racionalidade*, cuja visão crítica se opõe à corrente filosófica positivista lógica predominante até meados do século XX.

Nessa oposição, Laudan defende três perspectivas: na primeira, o progresso científico está implicado por períodos de evolução e de revolução da ciência, observados pela solução de problemas empíricos — resolvidos, não resolvidos e anômalos — bem como de problemas conceituais internos e externos (intracientíficos, normativos e de visão de mundo) e controvérsias científicas de grande envergadura para a ciência (Raicik & Angotti, 2019; Raicik, 2020; Tor & Nogarol, 2013); na segunda, os valores lógicos (verdadeiro e falso) não devem ser utilizados para julgar uma teoria científica, quando ela apresenta alguma *anomalia*, isto é, um problema resolvido por uma teoria, mas não por sua concorrente; na terceira, as teorias não são aceitas porque possuem confirmação empírica. Pelo contrário, para ocorrer as grandes mudanças científicas — visão de mundo, normativas e controvérsias —, a solução do componente conceitual tem um peso maior do que o componente empírico. Para tanto, Laudan observa que os elementos da racionalidade científica mudam naturalmente com o tempo e a coexistência de ideias científicas rivais — teorias, correntes de pensamento, metodologias, programa, paradigma e/ou tradição de pesquisa — constitui a regra da dinâmica produção de conhecimento pela atividade científica. Dessa forma, enquanto perguntas da ciência, os problemas ocupam o foco do pensamento científico, no qual a atividade intelectual se envolve com a elaboração de teorias cognitivamente relevantes, isto é, que oferecem soluções adequadas aos problemas da ciência. As teorias mostram-se capazes de descrever, explicar e prever os fenômenos da natureza, nos domínios disciplinares e contextos histórico-culturais bem determinados.

Por conseguinte, a taxonomia de Laudan (2011) consiste na classificação e subclassificação de duas grande categorias de problemas científicos denominados problemas empíricos e problemas conceituais. Os problemas empíricos — de modo geral, são perguntas da ciência ligadas aos fenômenos do mundo natural, investigadas por um domínio disciplinar, que se dividem em: *problemas empíricos resolvidos* — perguntas resolvidas apropriadamente por uma ou outra teoria; *problemas empíricos não resolvidos* — perguntas que não foram resolvidas por nenhuma teoria —; e *problemas empíricos anômalos* — perguntas resolvidas por uma teoria, mas por suas concorrentes não! Episódios da história da ciência que os ilustram encontram-se discutidos em (Batista,

2020; Batista & Peduzzi, 2020; Cordeiro & Peduzzi, 2016; Salinas, 2005; Silva & Lima, 2007). Já os problemas conceituais, também, de modo geral, são perguntas da ciência acerca da fundamentação das estruturas cognitivas das teorias científicas; divididas em duas subcategorias, *os problemas conceituais internos* (PCI) e *os problemas conceituais externos* (PCE), que são subclassificados como *problemas intracientíficos*, *problemas normativos* e *problemas de visão de mundo*.

Os PCI são críticas à estrutura interna de uma teoria, em seu próprio domínio disciplinar, cujos valores cognitivos e/ou critérios epistêmicos de *abrangência*, *consistência*, *fecundidade*, *precisão* e de *simplicidade* são colocados à prova (Kuhn, 2011). Na história da ciência têm-se, por exemplo, as críticas de Calipo, Aristóteles e Simplicio, contra a *teoria planetária das esferas concêntricas* de Eudoxo; as críticas de Copérnico sobre as *teorias planetárias* de Ptolomeu (Batista, 2020; Batista & Peduzzi, 2020, 2022a); e as críticas do professor de Faraday sobre o modelo de interação elétrica (Faraday, 1840; Hare, 1840).

Enquanto os PCE *intracientíficos* são conflitos e/ou tensões geradas entre teorias de diferentes domínios disciplinares; os PCE *normativos* são tensões entre teoria e metodologia em um mesmo domínio; e os PCE *de visão de mundo* são conflitos entre uma teoria e um componente da visão de mundo implicado por alguma área do saber e/ou da cultura (lógica, metafísica, religião, dentre outras). Nessa direção, os PCE *intracientíficos* são ilustrados pela “controvérsia entre biólogos, geólogos e físicos, no final do século XIX, a respeito da cronologia da Terra” (Laudan, 2011, p. 80), entre as teorias uniformista da geologia, da evolução da espécie da biologia e a segunda lei da termodinâmica da física (Tort & Nogarol, 2013); os PCE *normativos* são as dificuldades enfrentadas pelo desenvolvimento da teoria newtoniana, no século XVII, em face das regras impostas pela *metodologia indutivista*, para a qual “as únicas teorias legítimas eram as que podiam ser inferidas indubitavelmente por simples generalização a partir de dados observáveis” (Laudan, 2011, p. 84); e os PCE *de visão de mundo* são exemplificados pelas críticas de Leibniz e Huygens sobre a ontologia das forças no sistema de mundo newtoniano, a ideia de *interação à distância* — materializadas por alguns questionamentos interessantes: “*como os corpos podiam exercer forças sobre pontos tão distantes deles mesmos. Que substância transporta a força atrativa do Sol pelos 90 milhões de milhas de espaço vazio, para que a Terra seja puxada na direção deles?*” (Laudan, 2011, p. 87) —; e sobre o conceito newtoniano de espaço absoluto (Jammer, 2010). Mais recente, os conflitos de visão de mundo também podem ser observados nos debates relativos à “dissonância entre a mecânica quântica e as nossas crenças ‘filosóficas’ acerca da causalidade, da mudança, da substância e da ‘realidade’” (Laudan, 2011, p. 89).

Por fim, o conceito de *tradição de pesquisa* laudiano é definido como um conjunto de afirmações metodológicas e/ou ontológicas que estabelecem as diretrizes para a elaboração de teorias específicas para a solução de problemas. Ele surge como uma das condições epistemológicas para determinar quando uma solução teórica é aceitável ou não dentro de um contexto histórico. Nesse sentido, “*o crucial em toda*

avaliação cognitiva de uma teoria é como ela se sai com relação às concorrentes” (Laudan, 2011, p. 100). O significado do termo “teoria”, representa para Laudan (2011, p. 100), “um conjunto específico de doutrinas relacionadas (comumente chamadas ‘hipóteses’, ‘axiomas’ ou ‘princípios’) que pode ser usado para fazer previsões experimentais específicas e dar explicações pormenorizadas dos fenômenos naturais”. De modo geral, o conceito de tradição de pesquisa é, em parte, muito semelhante aos conceitos de programa de pesquisa lakatosiano e de paradigma kuhniano — em período de ciência normal (Batista & Peduzzi, 2019). Na história da ciência é possível ilustrar esse conceito pela tradição de pesquisa grega antiga; a tradição de pesquisa da ciência moderna, a partir dos séculos XVI e XVII; e a tradição de pesquisa moderna e contemporânea, nos dias atuais (Ostermann et al., 2008).

Metodologia de Construção dos Vínculos Epistemológicos

A proposta de *vínculos epistemológicos* encontra-se desenvolvida em uma investigação mais ampla (Batista, 2020), contemplando uma extensa narrativa historiográfica sobre a evolução conceitual do pensamento científico ocidental, atenta às principais orientações da moderna historiografia da ciência (MHC). Essa historiografia tem como objeto o *discurso sobre a história interna da ciência*, produzido por diferentes historiadores, cujos objetivos perpassam por: (i) auxiliar uma disciplina ou área do conhecimento a não repetir “erros do passado”, não fazer ou repetir escolhas teóricas, metodológicas, conceituais, dentre outras, que mostraram-se contraproducentes para o seu próprio desenvolvimento; (ii) contribuir para a solução de problemas metodológicos e conceituais de uma disciplina; (iii) promover a percepção de como uma disciplina percorre certo caminho de desenvolvimento, a partir da análise da origem de determinadas perguntas/problemas; e (iv) identificar as influências sociais, políticas, econômicas e pessoais sofridas pela atividade científica, demonstrando a *não neutralidade da ciência* (Barros, 2019; Cruz, 2006; Martins, 2004).

Com efeito, tanto a ESPL está naturalmente alinhada com esses propósitos quanto a proposta de *vínculos epistemológicos* orienta-se pelos objetivos (ii, iii e iv). Contudo, este trabalho, em particular, concentra-se no objetivo (iv) — identificar as influências sociais, políticas, econômicas e pessoais sofridas pela atividade científica, demonstrando a *não neutralidade da ciência* —, pois alguns saberes da NdC vão refletir em fatores externos que influenciaram o desenvolvimento científico da astronomia, da cosmologia e da física, incluindo alguns *fatores internos*, isto é, problemas empíricos e problemas conceituais que encontram-se implicados nesse contexto. Especificamente, são contextualizados seis saberes da NdC cujos vínculos epistemológicos estão marcados histórico-filosoficamente, desde os primeiros séculos da era comum (E.C.) até o advento da astronomia copernicana e de sua “aceitação” no século XVI. Por sua vez, tais saberes correspondem aos aspectos, características e/ou princípios da NdC, representados pelas seguintes ideias básicas: (9) *a ciência como parte integrante das tradições culturais*; (10) *os fatores externos e internos implicados no desenvolvimento da ciência*; (11) *o processo*

*vivo, criativo, polêmico, questionador, argumentativo da produção de conhecimento, em contraponto a ideia de crescimento cumulativo e linearizado; (12) a influência cultural, filosófica, religiosa e social sobre o trabalho dos investigadores; (13) que as ideias científicas afetam e são afetadas pelo meio histórico-cultural e social; (14) a complexidade e sutileza dos mecanismos presentes na aceitação de um novo conhecimento científico e/ou uma nova visão de mundo*⁸.

É importante destacar que os critérios para comunicar a proposta de vínculos epistemológicos nesse formato de trabalhos complementares, justificam-se pelos seguintes motivos: primeiro, amplitude do período histórico investigado, uma exigência natural da pesquisa, que ampara e fundamenta as contribuições da ESPL para o ensino de ciências/física; segundo, limitação metodológica para contextualizar vinte e um saberes da NdC em apenas um trabalho, incluindo o risco de comprometer a coerência existente entre cada conjunto de saberes⁹ e; terceiro, necessidade de garantir a *consistência interna dos vínculos epistemológicos*, em relação ao conteúdo explorado da história conceitual da ciência (astronomia, cosmologia e física).

Vínculos Epistemológicos Entre Saberes da NdC e o Contexto Investigativo Antecedente à TPCM

Considerando os aspectos metodológicos, o *vínculo epistemológico* do saber da NdC (9) — *A ciência como parte integrante das tradições culturais*¹⁰ — pode ser estabelecido através do intercâmbio de conhecimentos entre as diversas culturas e civilizações do mundo ocidental e oriental. Contudo, é válido ressaltar que, muitas vezes, esse intercâmbio não aconteceu de uma maneira tranquila e harmoniosa.

Em sua obra, “*A filosofia na era trágica dos gregos*”, Nietzsche (2011) afirma que, embora não seja correto atribuir à civilização grega antiga uma cultura original, seus pensadores foram capazes de absorver a cultura viva de outros povos, sendo admiráveis na arte do aprendizado fecundo.

Atentando para essa ideia de “absorção da cultura viva de outros povos”, é possível observar uma face do desenvolvimento científico, que é impulsionado às custas de conflitos bélicos, genocídios, pilhagens e epistemicídios, que capturam o patrimônio cultural de civilizações, povos e sociedades, ao longo da própria existência humana. Basta uma rápida busca na história, para perceber criticamente que os desenvolvimentos da ciência na antiguidade (conflitos entre impérios) e na idade moderna e contemporânea (guerras civis e entre nações) não estão desassociados do lado sombrio e cruel das relações brutais entre os seres humanos (Grant, 2001)¹¹.

8 Essa numeração corresponde à uma continuação de oito saberes contextualizados em um trabalho anterior.

9 Respectivamente, (oito) no primeiro trabalho, (seis) neste e (sete) no próximo.

10 Entende-se por tradição cultural, a permanente transmissão de valores, costumes, estilos de pensamento, de técnicas e afins, no contexto científico, tecnológico e histórico-social, que foram incorporados por distintos povos e gerações ao longo dos séculos.

11 Esse adendo é extremamente importante, para não transmitir uma visão ingênua do desenvolvimento científico, isto é, alheia aos fatores externos implicados nos contextos histórico-culturais.

Para o contexto da tradição de pesquisa grega antiga (TPGA), seus pensadores tomaram posse de diversos dados, conhecimentos astronômicos e matemáticos (aritmética), produzidos, organizados e sistematizados pela civilização babilônica, entre 700 a 800 anos antes da era comum (A.E.C). Esses dados foram preservados pelos famosos “*Textos Astronômicos Cuneiformes*”, através dos quais a ciência ocidental, de origem grega, se desenvolveu por meio de investigações intelectuais de astrônomos, cosmólogos, filósofos, matemáticos, geômetras, dentre outros (Neugebauer & Sacha, 1968).

Conseqüentemente, do século VI A.E.C ao século II da E.C., a TPGA desenvolveu diferentes modelos cosmológicos e teorias planetárias, que foram forjados para solucionar um conjunto de problemas empíricos do mundo celeste¹², a saber: *o movimento retrógrado dos planetas, as fases da Lua, os movimentos de rotação e translação da Terra, o brilho aparente dos planetas Mercúrio e Vênus, os fenômenos do dia e da noite; as estações do ano*; considerados fundamentais para o desenvolvimento da ciência moderna nos séculos XVI e XVII. Para o ensino de ciências, esses problemas são essências para a compreensão docente e estudantil da relação Terra-Universo, em uma perspectiva interna do desenvolvimento da ciência (Batista & Peduzzi, 2022a).

Por conseguinte, porém, *de modo não linear e cumulativo*, haja vista o *aspecto fundamental da não neutralidade da ciência*, os conhecimentos da TPGA foram transmitidos para as futuras gerações europeias e as do mundo oriental. Um importante exemplo desse processo de transmissão cultural, foi a construção da Biblioteca de Alexandria, a partir do ano de 324 A.E.C., que ficava localizada na convergência entre o Oriente e o Ocidente — cidade portuária de Alexandria, capital do Egito à época (Mey, 2004). Construída e organizada a partir do modelo de biblioteca de Aristóteles, a Biblioteca de Alexandria chegou a contar com 400.000 mil rolos de papiro e 90.000 mil obras (Mey, 2004). Seu modelo colocou o aristotelismo na vanguarda da ciência ocidental e a cidade de Alexandria alcançou o *status de centro cultural do mundo antigo* até o ano 48 da E.C. (Mey, 2004). A guisa de curiosidade, uma das formas de aquisição de tais obras, “constituía-se de cópias de todos os livros encontrados nos navios que aportavam em Alexandria: revistava-se o navio, os livros eram levados à Biblioteca, copiados, e então devolvidos para que o navio partisse” (Mey, 2004, p. 75).

Contudo, como elementos que caracterizam o lado sombrio da *irracionalidade humana*, o patrimônio da Biblioteca de Alexandria foi destruído em dois prováveis incêndios (Mey, 2004). No primeiro, devido ao conflito entre o imperador romano Júlio César e o rei egípcio Ptolomeu III, irmão de Cleopatra, pelo reino do Egito, no ano 48, quando navios egípcios carregados de milhares de livros foram incendiados no cerco à cidade de Alexandria. No segundo, ano de 391, por conflitos motivados por alienação político-religiosa, todas as obras consideradas “pagãs” dessa biblioteca foram queimadas. Conseqüentemente, no ano 415, esse mesmo conflito foi reponsável pelo assassinato cruel da ilustre Hipátia de Alexandria, a primeira astrônoma, comentadora e matemática reconhecida pela história da ciência ocidental (Mey, 2004).

¹² Contextualização apresentada por (Batista & Peduzzi, 2022a).

Todavia, mesmo com esses acontecimentos, acredita-se que a civilização árabe conseguiu herdar o que restou do patrimônio dessa biblioteca, especialmente em sua expansão e/ou conquista, a partir do ano de 642, contribuindo para o denominado *renascimento científico no Islã*. Por exemplo, no século X, o grão-vizir da Pérsia, Abdul Kassen Ismael, possuía uma coleção de 117 mil volumes, que, provavelmente, consistia em parte dessa herança (Mey, 2004). Como um adendo a essa transmissão cultural, no contexto europeu do século XV, acredita-se que o tratado astronômico de Copérnico — *As revoluções dos orbis celestes* — pode ser entendido como uma herança direta da TPGA (Kuhn, 1990), pois Copérnico estudou profundamente o *Almagesto* de Ptolomeu, reinterprestando seus dados sob as lentes filosóficas e metafísicas da *escola de pensamento pitagórico e/ou neoplatônico*. Essa nova interpretação é conhecida como “as premissas metafísicas” que fundamentaram a “revolução copernicana” (Lang, 2002; Medeiros & Monteiro, 2002).

Nesse contexto geral, o *vínculo epistemológico do saber da NdC (10) — os fatores externos implicados no desenvolvimento da ciência* — entrelaça-se com o aspecto fundamental da *não neutralidade da ciência*, pois sua contextualização é marcada por duas fases históricas que influenciaram o desenvolvimento científico, a partir do século II da E.C.: a primeira corresponde à *fase do lento declínio da qualidade e da atividade científica*; e a segunda, à fase do desaparecimento do saber da TPGA (Kuhn, 1990). Em face disso, exageradamente, muitos historiadores defenderam a tese de que, após o fim do Império Romano do Ocidente,¹³ no século V, a Europa viveu uma “noite de mil anos”, até o seu total restabelecimento geopolítico, no século XV. Ou então, “na total idade das trevas”, em relação à baixa produtividade intelectual, nesse longo período de tempo, em que esteve sob o domínio da expansão árabe (Évora, 1993; Kuhn, 1990). No entanto, sob a lente crítica da moderna historiografia da ciência, isso não tem se revelado como um fato histórico verdadeiro, apesar de fornecer uma dimensão do impacto desses dois acontecimentos (Grant, 2001).

Dito isso, a *primeira fase* pode ser caracterizada pela restrição da atividade intelectual europeia à simples produção de enciclopédias e comentários das obras de Platão, Aristóteles, Euclides, dentre outros. Isso porque, acredita-se que os eruditos europeus possuíam apenas fragmentos da ciência da TPGA; desconheciam o *Almagesto* de Ptolomeu; e Aristóteles era conhecido apenas pelos seus tratados de lógica (Kuhn, 1990). Essas situações convergem com o próprio contexto da destruição da Biblioteca de Alexandria, os fatores geopolíticos que marcam a existência e o fim do Império Romano do Ocidente, e o *renascimento científico no Islã*, com a expansão árabe, a partir do ano de 642. Em conformidade, outro *fator externo* corresponde à influência predominante da religião católica romana em setores políticos, econômicos e sociais, cujo objetivo principal era organizar a fé cristã através de uma autoridade espiritual e intelectual que enxergava “a ciência (...) como um saber profano” e/ou “(...) uma perigosa distração” (Kuhn, 1990, p. 106). Por exemplo, no século III, o teólogo Lactâncio (240–317) propôs, sem sucesso e aceitação de seus contemporâneos, uma visão cosmológica alternativa à visão de mundo de Aristóteles baseando-se em princípios bíblicos.

¹³ Durante o domínio desse império, a atividade científica no continente europeu não teve o mesmo incentivo e prestígio desfrutado pelas atividades geopolíticas e militares romanas.

Não obstante, entre os séculos IV e V, diferente de Lactâncio, o teólogo Santo Agostinho (354–430) tentou conciliar as ideias de pensadores gregos com as Escrituras, considerando que a filosofia e a ciência eram “servas da teologia” cristã. Para esse teólogo, “Se aqueles que são chamados de filósofos tiverem dito algo de verdadeiro e condizente com a nossa fé, os platônicos acima de tudo, não apenas não devemos temê-los, como deveríamos até resgatar o que disseram para o nosso próprio uso (...)” (Grant, 1969, p. 311). Seguindo essa tendência, eruditos *escolásticos jesuítas*, do século XIII ao XV, procuraram incorporar a cosmologia de Aristóteles como fundamento intelectual da fé cristã e da existência lógica de Deus, no contexto histórico denominado de “Era da fé” (Grant, 2001). Mas isso não implica dizer que não existiam críticas sobre a cristianização das ideias cosmológicas, filosóficas e metafísicas gregas antigas. Por exemplo, na Alta Idade Média, século XIII, conflitos de incompatibilidade lógica entre as Escrituras da Bíblia e as ideias aristotélicas — *um problema conceitual externo de visão de mundo* — resultaram nas proibições do ensino de filosofia natural (física) e de metafísica nas universidades de Paris (Crombie, 1953).

Em relação à *fase do desaparecimento do saber da TPGA*, é possível retomar o acontecimento da expansão dos povos árabes, no século VII, na Bacia do Mediterrâneo, ou *Invasão árabe da Península Ibérica*¹⁴, pois esse acontecimento geopolítico implicou na mudança do centro geográfico da cristandade europeia para o norte do Mediterrâneo, forçando os eruditos a manter e preservar apenas as coleções de enciclopédias já produzidas (Grant, 2009). Nesse “isolamento intelectual da cristandade ocidental, dificilmente se poderia esperar qualquer contribuição para o conhecimento humano do universo material” (Crombie, 1953, p. 32), isto é, para o desenvolvimento da ciência. Por outro lado, conseqüentemente esses acontecimentos reforçam a validade desses dois vínculos epistemológicos, pois enquanto a civilização europeia se refugiava ao norte do Mediterrâneo, a civilização árabe experimentava o renascimento científico no Islã, ao resgatar, preservar e traduzir as importantes obras da TPGA, entre os séculos VII ao X.

Nesse contexto, pensadores árabes, neoplatônicos, Alkindi (XI-?) e Alhazen (? 965–1039), nos domínios da óptica e da perspectiva, desenvolveram estudos com espelhos esféricos e parabólicos, câmara escura, lentes e com a própria visão humana (Crombie, 1953), que foram compartilhados com os próprios eruditos europeus. Além disso, a civilização árabe trabalhou na reconstrução dos fragmentos da ciência da TPGA, através de traduções de versões *siriacas* dos textos originais para o árabe; acrescentou contribuições para a astronomia, a matemática, a química e a óptica; produziu novas observações celestes e novas técnicas para o cálculo das posições planetárias; e preservou os fundamentos da astronomia instrumentalista platônica, da cosmologia física aristotélica e da visão de mundo geocêntrica incorporada pelo pensamento ocidental (Kuhn, 1990). Com o processo de restabelecimento geopolítico europeu e a criação das primeiras universidades, no século XIII, tanto o *Almagesto* de Ptolomeu quanto a maioria dos textos astronômicos e de física de Aristóteles foram seletivamente incluídos nos currículos acadêmicos (Kuhn, 1990).

14 Essa invasão perdurou por toda a Idade Média, sendo revertida com a total expulsão dos árabes em 1492, início da Idade Moderna. Ano que marca a conquista de Constantinopla pelos povos turcos-otomanos.

Segundo, Grant (2001), em seu livro, *God and reason in the Middle Ages* — Deus e a razão na Idade Média — tradução livre — a criação das primeiras universidades europeias representou, acima de tudo, a institucionalização da razão e, conseqüentemente, o nascimento de uma nova Europa. Isso porque, segundo o livro de Alexander Murray, *Reason and Society in the Middle Ages* — Razão e Sociedade na Idade Média — tradução livre — essa institucionalização permitiu a operacionalização da razão em diversos setores da sociedade europeia: na economia, política e tecnologia; no estudo da história e aritmética; no comércio e governo; e na formação de intelectuais nas universidades, incluindo-se como meio de poder e ascensão social. A razão¹⁵ estava entrelaçada com o próprio tecido de um currículo medieval europeu, cujos principais impactos refletiram na preparação do estabelecimento de um “temperamento científico” profundamente enraizado, que tornou-se um pré-requisito para o surgimento da ciência moderna (Grant, 2001). Além disso, a razão e a argumentação fundamentada estavam no centro da vida intelectual medieval. Como instrumento do pensamento, a razão era a arma de escolha nas universidades e foi sistematicamente aplicada a todas as disciplinas. Com efeito, o uso rigoroso da razão para interpretar os fenômenos naturais do mundo físico, permitiu que a sociedade ocidental conseguisse desenvolver a ciência até o nível atual, de modo a demonstrar que a sociedade não sobrevive sem a ciência e o raciocínio que a torna possível (Grant, 2001). Contudo, pela contradição da natureza humana, nesse mesmo período, a superstição, a perseguição religiosa, a brutalidade e a ignorância persistiam sempre como fiéis companheiras da própria razão. Como exemplo, hereges e bruxas eram considerados perigosos para a fé, sendo perseguidos, torturados e executados, sem contestação dessa brutalidade como ato irracional (Grant, 2001).

Não obstante, o vínculo epistemológico do saber da NdC (11) — *o processo vivo, criativo, polêmico, questionador, argumentativo da produção de conhecimento, em contraponto a ideia de crescimento cumulativo e linearizado* — nesse contexto, contribuiu para entender o sentido da institucionalização da razão pela dinamicidade das discussões internas da ciência pelos eruditos europeus, que planificaram os caminhos do advento da astronomia copernicana. Por exemplo, materializadas nas críticas à dinâmica de forças de Aristóteles e nos argumentos de pensadores contrários aos conceitos aristotélicos de *força motriz* — uma causa de todos os movimentos violentos, proveniente do meio externo — e de *antiperistasis*¹⁶, que estavam implicados na física relativa ao estudo dos lançamentos de projéteis e da queda dos corpos, em direção ao centro da Terra (Évora, 1993).

No início do século XIV, ano de 1320, o teólogo e filósofo italiano Francisco de Marchia (1290–1344), cujos trabalhos colocam em evidência a tese do *conceito de impetus* do filósofo francês Jean Buridan (1300–1358), considerava que a força cedida

15 Segundo Grant (2001) o objetivo da razão era compreender/elucidar os mundos natural (físico) e sobrenatural (espiritual) vivenciados pelo povo europeu, nesse contexto histórico.

16 Processo lógico pelo qual assume-se que um corpo P_1 empurra P_2 para o lugar de P_3 , P_2 empurra P_3 para o lugar de P_4 , ..., P_{n-1} empurra P_n para o lugar de P_1 . Por essa lógica, para Aristóteles, nenhum movimento no vácuo era possível, pois, sem o meio, o movimento violento não teria causa, devido à perda de contato entre o corpo móvel e motor que o lançou, isto é, a *força motriz* (Évora, 1993).

a um projétil pelo seu agente impulsionador não era permanente, mas “uma qualidade accidental, extrínseca e violenta que, por ser oposta às inclinações naturais do corpo, era tolerada somente durante um tempo” (Crombie, 1953, p. 62). Consequentemente, tanto o conceito de antiperistasis quanto o papel do meio no movimento dos corpos tornaram-se sem valor cognitivo, diante das simples experiências factuais que foram apresentadas por Marchia (Crombie, 1953).

Seguindo essa ideia, Buridan utilizou experiências para refutar a lógica da antiperistasis e o papel do meio como *força motriz* aristotélica, argumentando que, no curso de um navio, mesmo contra a corrente, depois que seu impulso cessa, ele continua em movimento; da mesma forma, estando um marinheiro no convés do navio, este não sente o ar atrás dele o empurrando. Pelo contrário, Buridan afirmara que, em uma pedra ou projétil, havia algo impresso que era a *força motriz* (*virtus motiva*) do objeto. Quando lançada para cima, o movimento da pedra tornava-se continuamente mais lento e, finalmente, o *impetus* diminuía, tanto, que a gravidade¹⁷ da pedra o vencida, movendo-a para baixo, isto é, para o seu lugar natural. Se não fosse pela ação da resistência do meio e da gravidade da pedra, o *impetus* de Buridan seria algo de natureza permanente, distinta do movimento local, no qual o projétil (pedra) era movido. Por isso, ele caracterizou o conceito de *impetus* como sendo diretamente proporcional à velocidade do projétil e à quantidade de matéria¹⁸ contida nele, revelando uma ideia muito próxima do conceito newtoniano de quantidade de movimento, porém não de matéria (Évora, 1993).

Nesse contexto histórico, a *teoria do impetus* de Buridan desempenhou um papel fundamental na revolução cosmológica dos séculos XVI e XVII, ao se tornar uma alternativa assertiva para orientar futuramente a unificação dos movimentos terrestres e celestes, sob o mesmo conjunto de leis físicas do movimento, desenvolvidas posteriormente. Além disso, embora a ênfase dos argumentos escolásticos em favor da possibilidade do movimento diário da Terra tenham sido sobre a *relatividade óptica do movimento*, a *teoria do impetus* permitiu que o filósofo e matemático Nicolau Oresme (1323–1382) fizesse suposições sobre esse problema empírico. Ele afirmou que a Terra, em movimento, fosse capaz de dotar de propulsão interna os corpos que a abandonam, à medida que esses fazem parte do mesmo sistema mecânico de sua rotação e seguem o seu movimento.

Sobre esse debate, a possibilidade do movimento de rotação da Terra, em torno do próprio eixo, tornou-se uma das discussões intelectuais mais acaloradas antes do advento da astronomia copernicana. Por exemplo, mesmo sendo crítico à dinâmica de força de Aristóteles, Buridan defendia a ideia de uma Terra estática no centro do universo, para explicar o motivo de uma flecha lançada verticalmente para cima cair sempre no mesmo lugar, isto é, no mesmo ponto da Terra em que foi lançada. Mas diferente desse pensador, Oresme acreditava que era possível pensar o contrário, pois era mais fácil a

17 Diferente do conceito de gravidade de Newton e, atualmente, de Einstein, nesse contexto histórico, ele corresponde a ideia da lei do movimento natural aristotélico implicada na tendência natural dos corpos ocuparem seus lugares de origem.

18 Nesse contexto, a matéria tem uma natureza distinta da compreendida pela concepção newtoniana.

Terra, como mais um planeta, rotacionar em torno do próprio eixo, diariamente, do que o próprio céu, como defendia Aristóteles e seus adeptos. Isso porque, em primeiro lugar, era perceptível pela observação e, em segundo, pela capacidade do intelecto de apresentar argumentos racionais a favor de sua opinião. Acreditando na composição de dois movimentos, nos quais a flecha está submetida, Oresme recorre ao *princípio da relatividade óptica do movimento* forjado pelos árabes, para argumentar que uma pessoa em um navio, movendo-se muito rápido para leste, não perceberia o seu próprio movimento. Por essa razão, a flecha sobe e desce em linha reta. De modo semelhante, a possibilidade do movimento diário da Terra é plausível, pois a ideia do sistema pessoa-navio aplica-se também à percepção de uma Terra em repouso.

Notadamente, Oresme estava convencido do *conceito de sistema mecânico* pelo qual os corpos terrestres podem compartilhar do movimento de rotação da Terra, embora não fosse possível provar pela experiência, uma vez que o observador também compartilha desse movimento (Évora, 1993). Destaca-se que esse debate não se esgotou com os argumentos de Oresme, pois o próprio Copérnico, posteriormente, teve que se defender dos argumentos dos opositores do seu sistema astronômico, indagando-se com a seguinte pergunta: “E por que não havemos de admitir que a rotação da Terra diurna seja aparente no Céu, mas real na Terra?” (Copérnico, 1984, p. 40). Para este astrônomo, “quando um navio navega com bonança, tudo o que está fora dele parece aos navegantes mover-se pelo reflexo daquele movimento e, por outro lado, pensam que estão imóveis com todos os objetos juntos deles” (Copérnico, 1984, p. 40), por isso o mesmo devia acontecer com o movimento de rotação da Terra, de modo que todo o universo parece rodar.

Por fim, acerca da *discussão sobre a cosmologia medieval*, os debates sobre a infinitude e a pluralidade do universo tornaram-se dois temas fundamentais para ampliar a visão de mundo europeia medieval e renascentista, demonstrando o processo vivo, criativo e questionador refletido nesse contexto histórico. Isso porque, enquanto a doutrina aristotélica repudiava esses dois temas, eles passaram a ocupar o foco das principais discussões eruditas. Para Oresme, por exemplo, a possibilidade de vários universos abria caminho para pensar na existência de outros planetas como a Terra, girando no centro de seus próprios universos. Em decorrência disso, era possível refutar a lei do movimento natural e da lógica aristotélica pelas quais o elemento terra, por ser pesado, tenderia a ocupar o seu lugar natural, isto é, o centro do universo. Esse pensador argumentava que não era a lei do movimento natural retilíneo que impunha o lugar próprio dos corpos terrestres nem no nosso universo nem em outros (Grant, 1969).

Em relação à tese da unicidade do universo, Aristóteles defendia que era impossível existir um espaço (infinito) além da esfera celeste, pois o céu era único e completo, logo não havia necessidade de existir, nem vazio nem tempo fora dele. Assim, em todo lugar deveria estar presente um corpo, pois o vazio era algo no qual a presença de um corpo, embora não real, era possível (Grant, 1969). Discordando disso, Nicolau de Cusa (1401–1464)¹⁹ produziu uma nova concepção de universo extremamente vasto e sem limites

19 Além deste, estão outros nomes importantes, Richard de Middleton (século XIV), Thomas Bradwardine

de confinamento. Para ele, “[...] o universo não sendo infinito, não pode, porém, ser concebido como finito, uma vez que não possui limites entre os quais se confine” (Koyré, 2006, p. 247, em nota). Ademais, “da mesma forma que a Terra não é o centro do universo, também a esfera das estrelas não é sua circunferência” (Koyré, 2006, p. 247, em nota). Cusa considerava que o limite da percepção humana, em termos de conhecer o universo em que vivemos, recai sobre o que denominou de *Douta Ignorância*,²⁰ isto é, uma consciência plena das limitações do próprio saber e/ou conhecimento humano (Peduzzi, 2018a).

Por conseguinte, Cusa apresentou uma concepção de universo sem referência de centro e as hierarquias aristotélicas dos mundos supralunar e sublunar. Invocando o princípio da relatividade óptica do movimento, ele afirmou que no universo não existe referencial absoluto para qualquer movimento. Pois, “em qualquer parte do cosmos em que o observador se encontre, ele verá o universo girar em torno de si” (Peduzzi, 2018a, p. 95). Para o caso da Terra, “a constatação de que tudo parece girar em torno dela, estacionária, é um dos aspectos dessa relatividade” (Peduzzi, 2018a, p. 95). Portanto, em seu dinâmico processo de desenvolvimento, a ciência europeia encontrou uma concepção de universo aberto e ilimitado, que se contrapunha à ideia de universo fechado e finito da cosmologia aristotélica predominante, até Cusa, por cerca de 1700 anos.

O próximo vínculo epistemológico do *saber da NdC (12) — a influência cultural, filosófica, religiosa e social sobre o trabalho dos investigadores* — encontra-se situado pela contextualização das influências da *escola de pensamento neoplatônico*, que impulsionaram o advento da astronomia copernicana, no século XV. Ao estudar e trabalhar com o astrônomo Regiomontanus, na universidade em Roma, em um círculo de estudiosos bem restrito, Copérnico assumiu as preocupações dos astrônomos e matemáticos de corrigir as imprecisões das posições planetárias nas *Tabelas Alfonsinas*, que eram baseadas nas teorias planetárias ptolomaicas (Martins, 1990).

Nesse pequeno círculo, seus professores e colegas universitários passaram a comungar das *ideias da escola de pensamento neoplatônico*, especialmente filosóficas e metafísicas, que se tornaram os principais fundamentos do *movimento cultural renascentista*. No cerne dessas influências, passaram-se a pensar sobre o mundo na perspectiva de Platão e dos pitagóricos, através da qual, “[...] formas e ideias eternas existiam inteiramente à parte de qualquer objeto material. E a mente humana era uma dessas essências eternas e tinha sido formada para conhecer outras, se existissem” (Crombie, 1953, p. 33). Assim, “no processo do conhecimento, os órgãos dos sentidos fornecem meramente um estímulo, impelindo a mente a compreender as formas universais. Uma importante classe de tais formas universais eram as matemáticas” (Crombie, 1953, p. 33).

Koyré (2006) afirma que esse estilo de pensamento neoplatônico estava alinhado, desde de sua raiz, com a cosmovisão pitagórica, na qual o universo era visto pela

(1290–1349), Johannes de Ripa (século XIV), Willian de Ockham (1280–1349).

20 A *Douta Ignorância* foi também uma obra mestra de Cusa, cuja originalidade para a época medieval não se enquadra em nenhum quadro conceitual pré-estabelecido.

perspectiva geométrica, e o mundo terrestre era concebido como uma sombra de um mundo eterno, isto é, o mundo da matemática. Nesse sentido, o universo tinha como estrutura básica a *harmonia mística dos números e os arranjos geométricos* das unidades de espaço. Os números e os esquemas de relações de números, como figuras geométricas (esfera, quadrado, triângulo, retângulo, dodecaedro, hexaedro), tinham o poder de fornecer a estrutura última do universo pitagórico. Em outras palavras, “quanto mais simples a relação, mais pura ela seria matematicamente e, portanto, mais perfeita e mais próxima à natureza” (Évora, 1993, p. 14).

A principal implicação dessa influência neoplatônica sobre Copérnico, mas também posteriormente sobre seus defensores (Giordano Bruno, Galileu Galilei e Johannes Kepler), foi contribuir fundamentalmente para o desenvolvimento científico que concebemos hoje, especialmente através da “extensão das matemáticas a toda a ciência física, ao menos em princípio” (Crombie, 1953, p. 118). Sobre Copérnico, essa extensão garantiu não somente a restrição das ideias aristotélicas que distinguia nitidamente as funções explicativas da matemática e física, como também mostrou-se uma profícua alternativa científica para substituir o “método aristotélico lógico-verbal de investigação” (Jammer, 2010, p. 273).

Futuramente, a escola de pensamento neoplatônico permitiu eliminar essa distinção entre as funções explicativas da filosofia natural (física) e da matemática e contribuiu para que a matemática se tornasse um aporte intelectual estruturante muito poderoso para a produção de conhecimentos astronômicos, cosmológicos e físicos, que floresceram a partir do renascimento científico, nos séculos XV e XVI. No ponto máximo dessa influência, o que se pode observar no trabalho de Copérnico são alguns aspectos importantes: (i) uma efetiva preocupação com a realidade das entidades matemáticas das teorias astronômicas, cosmológicas e físicas; (ii) um possível início de mudança nos compromissos metodológicos e ontológicos para abordar os problemas empíricos e os problemas conceituais da astronomia, da cosmologia e da física;²¹ e com essa mudança, (iii) a construção de uma nova ontologia que sustentará os conceitos, leis e princípios científicos, alinhando-se a novos e/ou velhos pressupostos filosóficos, matemáticos e metafísicos, sobre a natureza e o universo, no contexto de uma nova tradição de pesquisa que vai surgir a partir das implicações astronômicas, cosmológicas, culturais, filosóficas, físicas, matemáticas, metafísicas e até religiosas, fomentadas pelo advento da astronomia copernicana.

A segunda influência desta escola encontra-se na “premissa metafísica” de *Culto ao Sol*. Através dela, Copérnico foi capaz de propor o rompimento com a visão de mundo geocêntrica enraizada no pensamento científico, cultural e religioso europeu, por mais de dois mil anos, ao destronar a Terra do centro do universo. Essa mudança cognitiva está registrada explicitamente em sua pequena obra, *Commentariolus*,²² como três exigências para a aceitação de seu trabalho, publicado no ano de sua morte, 24 de

21 Já contextualizados em trabalho anterior (Batista & Peduzzi, 2022a).

22 Escrita 30 anos antes, para sintetizar qualitativamente e fazer circular em um grupo pequeno de astrônomos as principais ideias do seu extenso livro.

maio de 1543 — *As revoluções dos orbes celestes*. Resumidamente, na primeira exigência, Copérnico afirmara que “não existe um centro único de todos os orbes celestes ou esferas”, implicando na negação da existência de esferas homocêntricas, cujo centro comum fosse a Terra (Martins, 1990, p. 103); na segunda, “o centro da Terra não é o centro do mundo, mas apenas o da gravidade e do orbe lunar”; e, na terceira, “todos os orbes giram em torno do Sol, como se ele estivesse no meio de todos; portanto, o centro do mundo está perto do Sol” (Martins, 1990, p. 157).

Nessa exigência, observa-se que Copérnico não colocou o Sol exatamente no centro do seu sistema astronômico, por isso ele deve ser chamado de sistema astronômico heliostático, ao invés de heliocêntrico (Martins, 1990). Além disso, esta é uma premissa metafísica pois ele não justificou o motivo de ter colocado o Sol nessa posição quase central. Pelo contrário, Copérnico apenas afirmou que “certamente nenhuma posição inferior no espaço ou no tempo, podia ser compatível com a dignidade do Sol e com a sua função criativa” (Kuhn, 1990, p. 155). Copérnico (1984, p. 52) afirmara também que: “[...] Realmente o Sol está como que sentado num trono real, governando a sua família de astros, que giram à sua volta [...]”. Dessa forma, “[...] Nós verificamos, portanto, nessa ordenação, a maravilhosa simetria do Universo, assim como uma segura união harmoniosa do movimento e da grandeza das esferas que não se pode verificar em qualquer outra circunstância” (Copérnico, 1984, p. 53). Posteriormente, essa influência pode ser observada na defesa do sistema copernicano por Galileu, quando escreve sobre a “nobreza do Sol”, dizendo que este astro é: “Ministro máximo da Natureza e, de certo modo, alma e coração do mundo, que infunde outros corpos que o circundam não só com luz, mas também com movimento, ao girar sobre si mesmo” (Nascimento, 1983, p. 121).

Nessa direção, como mais um dos defensores do sistema copernicano, Johannes Kepler também afirmou que: “Em primeiro lugar, a menos que talvez um cego possa negá-lo perante ti, dentre todos os corpos do Universo, o mais notável é o Sol, cuja essência integral nada mais é do que a mais pura das luzes [...], a fonte da visão [...]” (Burt, 2003, p. 45). Por isso, “Nenhuma parte do mundo e nenhuma estrela é merecedora de tão grande honra; então, pelas razões mais elevadas, voltamos ao Sol, o único que parece, em virtude de sua dignidade e poder, adequado a essa missão motora” (Burt, 2003, p. 46).

Não obstante, para o vínculo epistemológico do saber da NdC — (13) *que as ideias científicas afetam e são afetadas pelo meio histórico-cultural e social* — tem-se como referência pequenos relatos de contemporâneos à Copérnico, que, culturalmente fiéis ao sistema de mundo aristotélico e contrários a defesa do movimento de rotação da Terra, não aderiram integralmente ao seu trabalho. Outros aspectos relevantes para este vínculo consistem nas críticas de cunho religioso, em um contexto de perseguição político-religiosa que levou Giordano Bruno a ser condenado à morte na fogueira, em 1600, por defender as ideias de Copérnico; e a própria condenação de Galileu pelo mesmo motivo.²³

23 Devido à extensão e profundidade, a contextualização desse vínculo epistemológico será pontual e convidativo.

Acerca dos relatos, o historiador da ciência, Roberto A. Martins revela que: “Em 1555, Gemma Frisius escreve uma carta a Stadius, afirmando admirar Copérnico, mas ter restrições à ideia de que a Terra se move” (Martins, 1990, p. 80). Da mesma forma, “Gaspar Peucer, genro de Melanchton, afirma em seu livro *Hypotheses astronomicae* (1571) que utilizava as observações e tabelas de Copérnico, mas que não descreverá suas hipóteses, para não ofender e perturbar os iniciantes” (Martins, 1990, p. 80). Nesse contexto, “Michael Maestlin (1550–1631), o professor de Kepler, utilizou em seu *Epitome astronomiae* (1588) os dados de Copérnico, sem admitir sua teoria” (Martins, 1990, p. 81). Seguindo essa direção, “O jesuíta Christophorus Clavius chamou de ‘absurda’ a hipótese de Copérnico, porém considerou-o o grande reformador da astronomia” (Martins, 1990, p. 81). Por fim, “Giuseppe Magini (1555–1617), professor de matemática em Bolonha, utilizou os dados numéricos e observações de Copérnico, declarando-o o maior astrônomo de todos os tempos, porém classificou sua teoria como absurda” (Martins, 1990, p. 81). A principal implicação desses pequenos relatos reside no fato de que todos esses astrônomos tanto se opuseram às ideias de Copérnico por motivos religiosos quanto pela falta de argumentos físicos a seu favor (Martins, 1990).

Já as críticas, de cunho religioso, consistem no choque entre “a fé e a ciência”, a partir da interpretação da Bíblia, ao pé letra, por alguns eruditos cristãos e protestantes adeptos à doutrina aristotélica, entre os séculos XIII ao XVI, durante a denominada “Era da fé” (Bernard, 1995; Grant, 2001). Nesse contexto, *o problema conceitual externo de visão de mundo geocêntrica* permanecia como um forte conflito cognitivo para a aceitação do sistema copernicano. Para esses eruditos, “a *Sagrada Escritura* parecia confirmar essa convicção geral, pois no (salmo 103), se diz que Deus fundou a Terra em firmes alicerces”; já sobre o Sol, “diz a *Sagrada Escritura* que Josué o mandou parar” (Bernard, 1995, p. 18). Outra objeção ao sistema copernicano foi lançada pelo teólogo Martinho Lutero (1483–1546), autor da *Reforma Protestante*, no século XVI, com a seguinte crítica: “Foi citado um novo astrólogo, este queria provar que a terra (sic) se move e circula, e não o céu ou o firmamento, sol e a lua (sic) [...]. Mas indica a *Sagrada escritura* (sic), que Josué mandou para o sol, não a terra” (sic) (Bernard, 1995, p. 18). Seguindo essa objeção, um pregador protestante, em 1589, disse o seguinte: “Toda nova astronomia é uma obra miserável, como também o que Copérnico ensinou é contra a *Sagrada Escritura* e, por conseguinte, foi rejeitado por Lutero” (Bernard, 1995, p. 18).

Apesar disso, Copérnico também foi defendido por eruditos cristãos adeptos às suas ideias. Um Cardeal chamado Pazmany, ao defendê-lo, afirmara que “na *Sagrada Escritura* não se podia inferir nada contra Copérnico”, pois “a Bíblia não queria ensinar ciências naturais, e se expressava segundo as aspirações comuns de falar” (Bernard, 1995, p. 18). Na segunda metade do século XVI, muitas conferências foram realizadas na Itália sobre a astronomia copernicana, ao mesmo tempo em que seu trabalho começava a ser inserido na universidade espanhola de Salamanca. Porém, com o único propósito de contribuir instrumentalmente para as demandas náuticas da cosmografia — astronomia descritiva —, da cartografia e da astrologia, fomentadas pelas expansões

coloniais e comerciais marítimas — no cruel e desumano movimento de genocídio e pilhagem das riquezas dos povos nativos na África e América Latina! Não obstante, nesse conflito entre fé e ciência, as dificuldades de aceitação do sistema copernicano estavam associadas aos aspectos do contexto histórico-cultural, justamente pela pouca importância que a ciência assumia na Era da fé (Grant, 2001). Em outras palavras, a ciência na Idade Média europeia representava um modo de conhecimento secundário, ou uma atividade espiritual de segunda classe, já que somente a filosofia e a teologia, em última instância, eram dignas de crédito (Domingues, 1996).

Por fim, a condenação de Giordano Bruno à morte, na fogueira, imposta pelo o Tribunal da Inquisição, em 1600, e a de Galileu ao exílio, em 1633, por defenderem o sistema copernicano, são dois acontecimentos que demonstram a validade do vínculo epistemológico do saber da NdC (13). Dentre os diversos motivos que levaram Bruno a esse triste fim, encontra-se a restrição *da liberdade de pensamento*, à época, imposta pela Igreja, quando o assunto era defender abertamente as ideias copernicanas. Nas diversas cidades europeias por onde passou (Tolosa, Lião, Paris, Oxford, Londres, Wittenberg, Helmstadt, Praga, Pádua, dentre outras), Bruno não somente defendeu Copérnico como professou abertamente outras ideias consideradas heréticas na perspectiva da fé cristã (Cancian, 1988).

Diante de uma batalha ideológica, política e religiosa, ele teve que fugir da Itália devido à perseguição da Inquisição, mas foi preso na cidade de Veneza e, posteriormente, condenado à morte por ter se recusado a abjurar de suas convicções filosóficas e metafísicas. Conseqüentemente, Bruno foi brutalmente queimado em uma fogueira, no dia 16 de fevereiro de 1600, na praça pública do Campo das Flores, em Roma. Contudo, somente em 1889, o Vaticano lhe erigiu uma estátua, honrando-o como mártir do pensamento livre. Para efeito de convite, indica-se a leitura de sua defesa do sistema copernicano na sua obra, *La cena de le Ceneri* — A ceia de cinzas. Em relação à condenação de Galileu, o especialista e tradutor de suas obras, Pablo Rubén Mariconda afirma que, seus principais motivos perpassam eminentemente por questões políticas, refletidas como “mais um dos muitos processos inquisitoriais movidos pela Igreja contra a cultura renascentista e humanista italiana” (Mariconda, 2000, p. 77). Nesse contexto, a defesa do sistema copernicano por Galileu encontra-se em sua principal obra, *Diálogo Sobre os Dois Principais Sistemas de Mundo*, publicada no ano de 1632. Contudo, para compreensão mais ampla desse acontecimento, o que está fora do alcance deste trabalho, indica-se a leitura do texto de Mariconda (2000), *O Diálogo de Galileu e a Condenação* — publicado no *Caderno de História e Filosofia da Ciência*.

Para o sexto e último vínculo epistemológico do *saber da NdC* (14) — *a complexidade e sutileza dos mecanismos presentes na aceitação de um novo conhecimento científico e/ou uma nova visão de mundo*²⁴ — sua contextualização pode ser observada nesse próprio contexto de aceitação do sistema astronômico copernicano, uma vez que todos esses acontecimentos podem ser exemplificados pelas: críticas dos contemporâneos

24 O caráter atemporal deste processo de aceitação de um novo conhecimento e/ou nova visão de mundo, se faz presente em todo contexto histórico-cultural do desenvolvimento da ciência.

de Copérnico ao seu trabalho; formas com que o mesmo foi adotado pelos currículos universitários — especialmente, na Espanha; críticas de cunho religioso; consequências pessoais sofridas por Bruno e Galileu e; as complexidades históricas e culturais desse momento da ciência, em relação às reações políticas, ideológicas e jurídica-religiosas da Igreja, que eram contrárias aos movimentos culturais renascentista e humanista (Mariconda, 2000).

Agregando alguns elementos a esses exemplos, destaca-se que no cerne das críticas ao sistema copernicano encontram-se *o problema empírico do movimento de rotação da Terra e o problema conceitual externo de visão de mundo geocêntrica*. Pois ao defender a existência desse movimento e uma nova visão de mundo,²⁵ o trabalho de Copérnico entra em rota de colisão com a doutrina aristotélica. Esse aporte teórico, em termos de malha conceitual e de pressupostos metodológicos, ontológicos, filosóficos, físicos, lógicos e metafísicos, tanto fundamentava o pensamento dos eruditos europeus, por mais de dois mil anos, quanto fora incorporado pela religião e pela cultura europeia. Ao colidir com essa doutrina, o sistema copernicano fomentou os principais *problemas empíricos e problemas conceituais* que orientaram as investigações científicas astronômicas, físicas e cosmológicas, no contexto investigativo da ciência moderna nos séculos XVI e XVII. Esses problemas encontram-se nas seguintes perguntas:²⁶

Por que os corpos caem em direção ao centro da Terra? Por que não somos atirados para fora da Terra por sua rotação? Existe alguma experiência terrestre que mostre que a Terra se move? Qual a teoria física de movimento de Copérnico, se não aceita a física de Aristóteles? (Martins, 1990, pp. 79–80).

Nesse contexto, aceitar as ideias copernicanas e uma nova visão de mundo — isto é, não mais geocêntrica —, perpassava por acreditar nas novas ideias e novo pensamento científico como dignos de verdades de primeira ordem e de crédito, do mesmo modo que aceitavam a filosofia natural aristotélica e a teologia cristã. Em razão disso, a complexidade desse processo de aceitação encontra-se materializada na necessidade de uma grande mudança de valorização científica, a partir da qual as ideias copernicanas poderiam irradiar as formidáveis consequências vitais que preconizavam a construção de uma nova ciência e visão de mundo.

A complexidade dos mecanismos de aceitação das implicações fomentadas pelo sistema copernicano se revela, também, no interesse específico dos espanhóis, em utilizá-lo exclusivamente para os fins náuticos, o desenvolvimento da cosmografia e a reforma de calendário. Para esta terceira utilidade, é válido lembrar que o trabalho de Copérnico contribuiu diretamente para a reforma do *calendário juliano* promovida pelo Papa Gregório XIII.

Domingues (1996, p. 14) afirma que, o modo como se deu a reforma da escolástica na península ibérica, não deixou espaço para que o copernicanismo fosse assimilado

25 Defesa encontrada no contexto da tradição de pesquisa grega antiga, nos modelos cosmológicos de Filolau de Crotona (480–385 A.E.C.) e de Aristarco de Samos (310–230 A.E.C.).

26 A contextualização dessas perguntas serão retomadas no próximo trabalho.

como uma nova alternativa filosófica. Pelo contrário, “ao invés de lerem Copérnico como uma filosofia, como fizeram Bruno, Kepler e Galileu, os ibéricos o leram, em geral, como um matemático”. Adjacente a isso,

A atitude inicial da Igreja Católica e Protestante de aceitar o copernicanismo, como uma nova teoria astronômica matemática, ignorando suas implicações ou consequências heréticas, nos ajuda a entender porque a difusão do copernicanismo, principalmente entre os astrônomos e cosmógrafos, não foi prejudicada pelo avanço da Contra-Reforma na Espanha e em Portugal. Em geral, porém, essa adoção teve um caráter pragmático semelhante [...] à assumida pela Ordem dos Jesuítas. (Domingues, 1996, pp. 14–15)

Em face desses acontecimentos, a assimilação do trabalho de Copérnico na Espanha está diretamente associada às indicações/interpretações do polêmico prefácio do livro *De Revolutionibus Orbis Coelestium*, escrito por Andreas Osiander (1498–1552). Osiander afirma que é preciso “interpretar as hipóteses de Copérnico como teses matemáticas não comprováveis ou verdadeiras” (Domingues, 1996, p. 15). Consequentemente, na Itália e na Espanha, essa sugestão adquiriu a “feição de uma verdadeira estratégia de combate a Galileu, após o decreto de 1616 ter condenado o heliocentrismo copernicano, o qual persistiu na Ibéria, até o século XVIII” (Domingues, 1996, p. 15).

Seguindo uma série de perguntas fomentadas pelo sistema copernicano, no terceiro e último trabalho, a contextualização dos últimos sete vínculos epistemológicos permite demonstrar que essas restrições não foram suficientes para impedir o nascimento da ciência moderna e o seu fortalecimento institucional (Grant, 2001).

Com efeito, como observado no primeiro, o potencial didático-pedagógico deste segundo trabalho para discutir a natureza da ciência, em sala de aula, tanto em nível superior quanto na educação básica, se manifesta na oportunidade de discutir o aspecto fundamental da não neutralidade da ciência revelado principalmente pelos fatores extra científicos que implicaram e continuam implicando no desenvolvimento da ciência como uma atividade histórico-cultural.

Nessa perspectiva, é possível planejar, implementar e avaliar propostas didáticas informadas pelo aporte da história e filosofia da ciência (Batista, 2020), especialmente nos espaços disciplinares dos cursos de formação inicial de professoras e professores de ciências, tais como Evolução Conceitual da Física, Didática da Física, História da Biologia, História da Química, História da Astronomia, dentre outras. Adjacente a isso, a classe docente e estudantil tem o incentivo para discutir os saberes da NdC mediante a proposta de vínculos epistemológicos, vivenciando a rica e profícua experiência de situações didáticas que estimulam o pensamento crítico, frente aos conteúdos de ensino e o contexto atual desolador da injustiça social que todos nós estamos presenciando, em âmbito local, regional e global.

Considerações Finais Complementares

Retomando o objetivo deste trabalho e observando a problemática inerente à temática NdC que o fomenta; bem como o potencial das contribuições da ESPL para o ensino de ciências/física; inicialmente, procura-se aprofundar um pouco mais as considerações complementares de um trabalho anterior, em seguida, discorrer sobre como é possível enfrentar o problema da injustiça social, na perspectiva de evidenciar a não neutralidade da ciência, ao longo de sua existência histórico-cultural, tomando como instrumento à pergunta: *Por que ensinar sobre a NdC?*

Dito isso, este trabalho demonstra como a proposta de *vínculos epistemológicos* permite, através da contextualização de seis saberes da NdC, a partir do amplo contexto histórico que antecede o nascimento da ciência moderna, superar o ensino de simples afirmações declarativas de saberes da NdC postulados pela ideia de visão consensual. Essa proposta não somente evidencia a validade epistemológica desses saberes, como também expressa que existe uma consistência interna na sua relação com a história conceitual da ciência (astronomia, cosmologia e física). O que pode ser observado especialmente nos *fatores extra científicos* que implicaram no desenvolvimento da ciência, desde os primeiros séculos da era comum até o século XVI. Por sua vez, isso implica diretamente na importância da contextualização histórico-filosófica desses saberes da NdC, na perspectiva da solução de problemas de Laudan, permitindo evitar suas distorções ao revelar sua natureza contextual. Considerando as muitas críticas lançadas contra os saberes da NdC partilhados pela comunidade do ensino de ciências, sob o enfoque da visão consensual, a proposta de *vínculos epistemológicos* contorna quase todas elas.

Diferente de sinalizar, apenas, como os saberes da NdC devem ser ensinados em sala de aula, essa proposta mostra que, sem o conteúdo da história da ciência, qualquer ideia sobre a natureza de ciência é vaga! Em outras palavras, o vínculo epistemológico de cada saber da NdC, com o conteúdo da história da ciência, tem a mesma força da expressão do filósofo e matemático Imre Lakatos, utilizada para chamar a atenção da essência fundamental que justifica a aproximação integrada entre a história e a filosofia da ciência. Isto é, que “A filosofia da ciência sem a história da ciência é vazia; a história da ciência sem a filosofia da ciência é cega” (Lakatos, 1987, p. 107). Portanto, sem a contextualização dos saberes da NdC, mediante o conteúdo da história da ciência, é impossível livrar-se das críticas pertinentes que muitos trabalhos lançam contra a ideia de visão consensual.

Aprofundando essa discussão, os seis *vínculos epistemológicos* contextualizados através de *fatores extra científicos* implicados no desenvolvimento da ciência, permitem situar alguns apontamentos, na direção da pergunta: *Por que ensinar sobre a NdC?* Para tanto, tenta-se discutir a questão do enfrentamento da injustiça social, mediante a promoção do pensamento crítico da classe docente e estudantil sobre o contexto histórico e atual pelo qual a ciência institucionalmente vem tentando sobreviver e direcionar a sociedade para uma condição moderadamente mais racional, solidária, crítica, reflexiva e menos irracional (Grant, 2001).

Por exemplo, diante dos dados apresentados sobre a desigualdade socioeconômica vivenciada pela população brasileira; os ataques lançados contra a ciência; o desmonte das instituições públicas, universidades, escolas, institutos federais, agências de fomento à pesquisa, dentre outros agravantes; ensinar sobre a NdC implica problematizar, a luz da história e filosofia da ciência, a fonte desses graves problemas. Qual seja, um modelo econômico de desenvolvimento humano capitalista predatório que, muitas vezes, tem sido apoiado pela própria atividade científica, que foi capturada pelas elites sociais dominantes. Não é sem razão, que a ciência, no imaginário social, é considerada como uma atividade extremamente elitista e exercida somente por “gênios”.

Extrapolando essa problematização, é preciso demonstrar que esse modelo é responsável direto pelas desigualdades econômicas, pelas lutas de classe e as injustiças sociais que assolam a dignidade da pessoa humana, em qualquer parte do Mundo. Bem como, observar que esses problemas também são frutos, mesmo que indesejáveis, de um desenvolvimento científico marcado por contradições humanas que os sustentam fortemente. Nesse sentido, o aspecto da não neutralidade da ciência revela que, ao longo da história, a atividade científica tem sido utilizada como principal instrumento de poder, totalitário e/ou opressor, para garantir a lógica dominante na luta de classes.

Contudo, quando ela não responde a esses interesses, em detrimento de sua verdadeira essência humanística (autônoma, democrática, emancipatória, libertária, subversiva e pública), seus adeptos e praticantes (cientistas e defensores) tornam-se alvos de fortes perseguições impetradas por agentes públicos e setores privados que visam intencionalmente fomentar o descrédito da ciência pela própria sociedade.

Acerca disso, essas implicações podem contribuir para uma discussão crítica, em sala de aula, do lamentável episódio da exoneração do ilustre físico brasileiro e diretor do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), Ricardo Galvão, no ano de 2019, por defender os dados sobre o desmatamento da Amazônia produzidos por essa instituição. Lembrando que, apesar desta infame perseguição, a louvável atitude de Ricardo Galvão foi reconhecida com o prêmio internacional de Liberdade e Responsabilidade Científica, concedido pela Associação Americana para o Avanço da Ciência.²⁷ Não obstante, nessa discussão, é possível também tentar construir uma relação entre crimes ambientais, genocídios de povos originários (a atual tragédia humana enfrentada pelo povo indígena Yanomami)²⁸ e o enriquecimento ilícito²⁹ desta parcela (5%) da sociedade brasileira, que se beneficia da pobreza da maior parte (95%) restante.

Portanto, este trabalho permite ensinar sobre a NdC, colocando esses aspectos em evidência, para discuti-los profundamente não somente em sala de aula, mas também em todos os espaços sociais, culturais e educacionais (formais, não formais

27 Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-estado/2021/02/08/exonerado-por-bolsonaro-galvao-e-premiado-por-responsabilidade-cientifica.htm>.

28 Disponível em: <https://g1.globo.com/rr/roraima/noticia/2023/01/21/mais-de-500-criancas-morrem-na-ti-yanomami-e-lula-deve-decretar-estado-de-calamidade-publica.ghtml>.

29 Como mostra a reportagem denominada “Ouro do sangue Yanomami”. Disponível em: <https://amazoniareal.com.br/ouro-do-sangue-yanomami/>.

e informais), visando garantir o fortalecimento dessa essência humanística, através da popularização e democratização da ciência e da atividade científica, como um princípio e valor fundamental para a construção de uma sociedade mais justa e igualitária.

Retomando os aspectos históricos, através das contextualizações dos vínculos epistemológicos, é possível observar que a ciência, desde os primeiros séculos da era comum, ficou submetida à situações perigosas que, direta ou indiretamente, implicaram no seu desenvolvimento. Por exemplo, os incêndios que provocaram a destruição de quase todo o acervo científico da Biblioteca de Alexandria; as perseguições jurídico-religiosas ao pensamento livre e indagativo expressados por Giordano Bruno e Galileu Galilei, incluindo a proibição de obras científicas, primeiro de Copérnico, depois do próprio Galileu.

Por outro lado, traçando um paralelo entre esse período como os dias atuais, é possível considerar, em conformidade com o historiador da ciência Edward Grant (2001), que, apesar de se acreditar que o domínio da ciência e da tecnologia em nossa época pode sugerir que estamos em uma era eminentemente racional, o volume de irracionalidades³⁰ que permeiam a sociedade moderna e contemporânea, quando comparado com o contexto da Idade Média, prova exatamente o contrário.

Acerca disso, indaga-se com a seguinte pergunta de Grant (2001): será que é possível afirmar que os diversos exemplos de irracionalidade nos dias atuais marcam alguma superação e/ou avanço sobre a credulidade e a superstição medievais? Para qual, categoricamente, a resposta é não! Pois, o fato de se viver na era da ciência, da informação e da tecnologia, não garante a formação de uma sociedade mais racional. Por isso, é preciso que o ensino de ciências, juntamente com as pesquisas, contribua de forma consistente e contundente para que essa dura realidade seja superada.

Por fim, se esta luta não for realmente travada em diferentes frentes de batalha social, devemos nos contentar com a realidade de que “A Era da informação que nos envolveu não é, infelizmente, sinônimo de conhecimento e sabedoria” (Grant, 2001, p. 5). Ademais, “Embora a própria ciência exija uma metodologia racional, o sucesso da ciência não é garantia de que aqueles que vivem em uma sociedade na qual a ciência é dominante e difundida geralmente agirão racionalmente” (Grant, 2001, p. 5).

Espera-se contrariar esse cenário, procurando apresentar, em um próximo trabalho, mais sete vínculos epistemológicos, contextualizados através de três conjuntos de perguntas que fomentaram o nascimento da ciência moderna, nos séculos XVI e XVII, considerados como o início da “Era da Razão”. Retomando-as, de um trabalho anterior, têm-se: no primeiro conjunto: *Por que os corpos caem em direção ao centro da Terra? Por que não somos atirados fora da Terra por sua rotação? Existe alguma experiência terrestre que demonstra que a Terra gira em torno do próprio eixo? Qual a teoria física de movimento de Copérnico, se não aceita a física de Aristóteles?* No segundo: *Como um corpo sólido transpassaria as esferas sólidas de cristal? O que faz com que os planetas se*

30 Por exemplo, o genocídio durante a grande guerra no século XX, as guerras civis nos vários continentes, especialmente em África e no Oriente Médio, a guerra entre a Rússia e a Ucrânia, que já dura meses, bem como os movimentos negacionistas e anti-vacina nos dias atuais.

movam, quando não existem as sólidas esferas cristalinas de Aristóteles, responsáveis pela condução do (movimento) dos planetas no céu? Como os planetas se movem num espaço que não comporta um mecanismo sólido? Como os planetas se movem em um espaço supostamente vazio? Que explicação pode ser construída para um espaço vazio, onde as órbitas dos planetas se intersectam? No terceiro: Qual é a causa do movimento planetário? Que força proveniente do Sol vincula os planetas às órbitas elípticas e faz com que as suas velocidades orbitais decresçam segundo a ordem em que dele distam? Qual o mecanismo de ação dessa força e como ela varia com a distância Sol-planeta? Por fim, no quarto conjunto: O que significa o peso de um planeta? Contra o que se comprime? Ou para onde tende a cair? Se o motivo pelo qual uma pedra cai em direção ao centro da Terra não é a posição desta, no centro do universo, então por que ela cai? Por que a órbita descrita pelo movimento de um planeta é elíptica e não circular? Qual seria o valor da aceleração da Lua em comparação com a da Terra?

Diante de tais perguntas, é importante observar que, todo conhecimento crítico, especialmente o científico, é fruto da busca de respostas para perguntas instigantes de pessoas epistemologicamente curiosas.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal do Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da pesquisa.

Referências

- Abd-El-Khalick, F. (2012). Examining the sources for our understanding about science: Enduring conceptions and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34(3), 353–374. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.629013>
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Natural. *Science Education*, 82(4), 417–436. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199807\)82:4<417::AID-SCE1>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199807)82:4<417::AID-SCE1>3.0.CO;2-E)
- Allchin, D. (2017). Beyond the consensus view: Whole Science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 18–26. <https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1271921>
- Barros, J. A. (2019). *Fontes Históricas: Introdução aos seus usos historiográficos*. Vozes.
- Batista, C. A. S., & Peduzzi, L. O. Q. (2019). Concepções epistemológicas de Larry Laudan: uma ampla revisão bibliográfica nos principais periódicos brasileiros do ensino de ciências e ensino de física. *Investigações em Ensino de Ciências*, 24(2), 38–55. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n2p38>

- Batista, C. A. S. (2020). *Um mergulho na história conceitual da astronomia, da cosmologia e da física à luz da solução de problemas laudanianos: dos babilônios à gravitação universal newtoniana* (Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina). Repositório Institucional da UFSC. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/219562>
- Batista, C. A. S., & Peduzzi, L. O. Q. (09–13 de Novembro, 2020). *A origem dos problemas empíricos astronômicos no longo contexto investigativo da tradição de pesquisa grega*. XVIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEC), Florianópolis, Santa Catarina.
- Batista, C. A. S., & Peduzzi, L. O. Q. (27 de Setembro–01 de Outubro, 2021). *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*. XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), On-line.
- Batista, C. A. S., & Peduzzi, L. O. Q. (2022a). Contextualizando Conteúdos Científicos Fundamentais à Compreensão Docente e Estudantil da Relação Terra-Universo Sob a Lente Epistemológica da Solução de Problemas de Larry Laudan. *Investigações em Ensino de Ciências*, 27(2), 23–53. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n2p23>
- Batista, C. A. S., & Peduzzi, L. O. Q. (2022b). Vínculos Epistemológicos Entre Saberes da NdC e o Contexto Investigativo da Tradição de Pesquisa Grega Antiga sob a Lente da Solução de Problemas de Larry Laudan. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 22(u), e37848, 1–30. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2022u12651294>
- Bejarano, N. R. R., Aduriz-Bravo, A., & Bonfim, C. S. (2019). Natureza da Ciência (NOS): para além do consenso. *Ciência & Educação*, 25(4), 967–982. <https://doi.org/10.1590/1516-731320190040008>
- Bernard, J. (1995). *Galileu Galilei: à luz da história e da astronomia*. Vozes.
- Burtt, E. A. (2003). *The metaphysical foundations of modern physical science*. Dover Publications.
- Cancian, A. (1988). Dados biográficos de Giordano Bruno. In G. Bruno, *A causa, o princípio e o uno* (pp. 7–8). Nova Stella.
- Clough, M. P. (2008). Teaching the Nature of Science to Secondary and Post-Secondary Students: Questions Rather Than Tenets. *California Journal of Science Education*, 8(2), 31–40. <http://pantaneto.co.uk/teaching-the-nature-of-science-to-secondary-and-post-secondary-students-questions-rather-than-tenets-michael-clough>
- Copérnico, N. (1984). *As Revoluções dos Orbes Celestes*. Fundação Calouste Gulbenkian.
- Cordeiro, M. D., & Peduzzi, L. O. Q. (2016). Valores, métodos e evidências: objetividade e racionalidade na descoberta da fissão nuclear. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 9(1), 235–262. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2016v9n1p235>

- Coutinho, F. A., Lobo, S. I., Freitas, A. P. S., Viana, B. M. M., & Linsingen, I von. (2022). Contribuições para a Compreensão da Natureza da Ciência na Educação em Ciências: um Estudo a Partir da Concepção Latouriana Sobre a Fabricação da Objetividade Científica. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 22(u), e35690, 1–24. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2022u817840>
- Crombie, A. C.(1953). *Augustine to Galileo. The History of Science A.D. 400-1650*. Harvard University Press.
- Cruz, N. R. (2006). História e Historiografia da Ciência: considerações para pesquisa histórica em análise do comportamento. *Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva*, 8(2), 161–178. <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/rbtcc/v8n2/v8n2a05.pdf>
- Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2014). *Reconceptualizing Nature of Science for Science Education*. Springer Netherlands.
- Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. *Science & Education*, 25(1), 147–164. <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-015-9800-8>
- Domingues, B. H. (1996). Copérnico e a Espanha. *Sociedade Brasileira de História da Ciência*, 15, 11–28. https://www.sbhc.org.br/arquivo/download?ID_ARQUIVO=219
- Évora, F. R. R. (1993). *A Revolução Copernicana-Galileana: Astronomia e Cosmologia Pré-Galileana*. Editora da Universidade de Campinas.
- Faraday, M. (1840). An answer to Dr. Hare's letter on certain theoretical opinions. *Philosophical Magazine*, 3(17), 54–65. <https://doi.org/10.1080/14786444008650107>
- Garcia, J. O., & Camillo, J. (2021). Contribuições para o Debate em torno dos Aspectos Consensuais em Natureza da Ciência a partir da Teoria da Atividade Cultural-Histórica. *Alexandria: Revista em Educação Científica e Tecnológica*, 14(2), 225–243. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2021.e75663>
- Grant, E. (2009). *História da filosofia natural do mundo antigo do século XIX*. Madras.
- Grant, E. (2001). *God and reason in the middle ages*. Cambridge University Press.
- Grant, E. (1969). *The Foundations of Modern Science in the Middle Ages: Their Religious, Institutional and Intellectual Contexts*. Cambridge University Press.
- Hare, R. M. D. (1840). IX. A letter to Prof. Faraday, on certain theoretical opinions, *Philosophical Magazine*, 3(17), 44–54. <https://doi.org/10.1080/14786444008650106>
- Hodson, D., & Wong, S. L. (2017). Going Beyond the Consensus View: Broadening and Enriching the Scope of NOS-Oriented Curricula. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 3–17. <https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1271919>

- Irzik, G., & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of Science for Science education. *Science & Education*, 20, 591–607. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>
- Jammer, M. (2010). *Conceitos de espaço: A história das teorias do espaço na física*. Contraponto.
- Jorge, L., & Peduzzi, L. O. Q. (2018). A Exemplificação da Não Neutralidade da Observação Científica por meio dos Desenhos Lunares Retratos no Século XVII. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 11(2), 179–200. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2018v11n2p179>
- Koyré, A. (2006). *Do mundo fechado ao universo infinito*. Forense Universitária.
- Kuhn, T. S. (2011). *A tensão essencial*. Editora da Unesp.
- Kuhn, T. (1990). *A revolução copernicana: a astronomia planetária no desenvolvimento do pensamento ocidental*. Edições 70.
- Lakatos, I. (1987). History of Science and Its Rational Reconstruction. In J. Worrall, & G. Currie (ed.), *The Methodology of Scientific Research Programs* (pp. 102–138). Cambridge University Press.
- Lang, F. S. (2002). A premissa metafísica da revolução copernicana. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(3), 407–410. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/85058>
- Laudan, L. (2011). *O Progresso e seus Problemas: rumo a uma teoria do crescimento científico*. Editora da Unesp.
- Mariconda, P. R. (2000). O Diálogo de Galileu e a Condenação. *Caderno de História e Filosofia da Ciência*, 10(1), 77–160. <https://www.cle.unicamp.br/eprints/index.php/cadernos/article/view/631>
- Marín, N., Benarroch, A., & Niaz, M. (2013). Revisión de consensos sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista de Educación*, (361), 117–140. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2011-361-137>
- Martins, A. F. P. (2015). Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32(3), 703–737. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p703>
- Martins, R. A. (2004). Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. In A. M. A. Goldfarb, & M. H. R. Beltran (orgs.), *Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas* (pp. 115–147). EDUC/Livraria da Física/Fapesp.
- Martins, R. A. (1990). *Commentariolus: Pequeno comentário de Nicolau Copérnico sobre suas próprias hipóteses acerca dos movimentos celestes*. Nova Stella.

- Matthews, M. R. (2018). The Nature of Science and Science Teaching. In M. R. Mathews (Ed.), *Science Teaching: The Contribution of History and Philosophy of Science* (pp. 387–411). Routledge.
- Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: from nature of science to features of science. In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research* (pp. 3–26). Springer.
- Medeiros, A., & Monteiro, M. A. (2002). A invisibilidade de dois pressupostos e as limitações da teoria copernicana nos livros didáticos de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(1), 29–52. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/9293>
- Mendonça, P. C. C. (2020). De que Conhecimento sobre a Natureza da Ciência Estamos Falando? *Ciência & Educação*, 26, e20003. <https://doi.org/10.1590/1516-731320200003>
- Mey, E. S. A. (2004). Bibliotheca Alexandrina. *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, 1(2), 71–91. <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rdbci/article/view/2081>
- Moura, C. B. B., & Guerra, A. B. (2016). História Cultural da Ciência: Um Caminho Possível para a Discussão sobre as Práticas Científicas no Ensino de Ciências? *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(3), 725–748. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4497>
- Nascimento, C. A. R. (1983). Carta à senhora Cristina de Lorena, grã-duquesa da Toscana. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, 5(1), 91–123. <https://www.cle.unicamp.br/eprints/index.php/cadernos/article/view/1189>
- Neugebauer, O., & Sachs, A. (1968). Some Atypical Astronomical Cuneiform Texts, II. *Journal of Cuneiform Studies*, 22(4), 92–113. <https://doi.org/10.2307/1359125>
- Nietzsche, F. (2011). *A filosofia na época trágica dos gregos*. L&PM.
- Ostermann, F., Cavalcanti, C. J. H., Ricci, T. F., & Prado, S. D. (2008). Tradição de pesquisa quântica: uma interpretação na perspectiva da epistemologia de Larry Laudan. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), 336–386. <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/94531/000672710.pdf>
- Peduzzi, L. O. Q. (2018a). *Força e movimento: de Thales a Galileu*. <https://evolucaodosconceitos.wixsite.com/historia-da-ciencia/textos>
- Peduzzi, L. O. Q., & Raicik, A. (2020). Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25(2), 19–55. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n2p19>
- Raicik, A. C. (2020). Galvani, Volta e os experimentos cruciais: a emblemática controvérsia da eletricidade animal. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25(1), 358–383. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n1p358>

- Raicik, A. C., & Angotti, J. A. P. (2019). A escolha teórica em controvérsias científicas: valores e seus juízos à luz de concepções kuhnianas. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 12(1), 331–349. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v12n1p331>
- Raicik, A. C. (2019). Experimento Crucial na Ciência e na Filosofia da Ciência: uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre a teoria da luz e cores de Newton. *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review*, 9(2), 1–11. http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID154/v9_n2_a2019.pdf
- Salinas, S. R. A. (2005). Einstein e a teoria do movimento browniano. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 27(2), 263–269. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172005000200013>
- Silva, J. M., & Lima, J. A. S. (2007). Quatro abordagens para o movimento browniano. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29(1), 25–35. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172007000100007>
- Tort, A. C., & Nogarol, F. (2013). Revendo o debate sobre a idade da Terra. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(1), 1603–1609. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172013000100026>

 **Carlos Alexandre dos Santos Batista**

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Vitória da Conquista, Bahia, Brasil
carlos.batista@uesb.edu.br

 **Luiz O. Q. Peduzzi**

Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis, Santa Catarina, Brasil
luizpeduzzi@gmail.com

Editora Responsável

Alice Alexandre Pagan

Manifestação de Atenção às Boas Práticas Científicas e de Isenção de Interesse

Os autores declaram ter cuidado de aspectos éticos ao longo do desenvolvimento da pesquisa e não ter qualquer interesse concorrente ou relações pessoais que possam ter influenciado o trabalho relatado no texto.
