



## Edição Especial

III Congresso Internacional de Ensino - CONIEN  
Universidade do Minho - Braga, Portugal, 2024

# **POINCARÉ NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UMA PERSPECTIVA EPISTÊMICA SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA**

*POINCARÉ IN SCIENCE TEACHING: AN EPISTEMIC PERSPECTIVE ON THE  
NATURE OF SCIENCE*

Onofre Crossi Filho<sup>1</sup>  
Wellington Pereira de Queirós<sup>2</sup>  
Marta Nunes da Costa<sup>3</sup>

### **Resumo**

Neste ensaio teórico, após uma breve contextualização histórica do debate contemporâneo sobre a Natureza da Ciência (NdC) no Ensino de Ciências, abordamos aspectos epistêmicos na Filosofia da Ciência de Henri Poincaré, visando proporcionar ao licenciando e ao professor de Ciências no ensino médio, uma perspectiva coesa da construção do conhecimento em Ciências naturais (CCCN) e da NdC. Devido à riqueza de detalhes presente na epistemologia de Henri Poincaré, nos atemos aos vínculos conceituais objetivos, linguagens objetivas no interior das teorias científicas e conexões necessárias entre Ciências. Abordamos o exemplo clássico da divergência conceitual Newton-Einstein sob a perspectiva poincareana, em que destacamos a permanência da verdade matemática (VM) entre teorias físicas que se sucedem por obsolescência, a ampliação do discurso teórico-conceitual e a consequente ampliação da VM, justificando a ampliação da precisão teórica, uma característica poincareana marcante da NdC no contexto da CCCN. Assim, a partir da História, Filosofia e Sociologia da Ciência, apresentamos neste ensaio uma perspectiva epistêmica que pode contribuir para o campo do Ensino de Ciências, em específico no processo formativo de professores.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Bolsista CAPES/BRASIL.

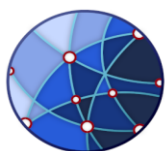
<sup>2</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências.

*REPPE: Revista do Programa de Pós-Graduação em Ensino*

*Universidade Estadual do Norte do Paraná, Cornélio Procópio (PR), v. 8, n. 2, p. 424-440, 2024*

*ISSN: 2526-9542*



**III CONIEN**  
Congresso Internacional de Ensino  
PESQUISAS NA ÁREA DE ENSINO:  
IMPACTOS, COOPERAÇÕES E VISIBILIDADE

DE 4 A 6 DE SETEMBRO  
BRAGA - PORTUGAL



**Palavras chave:** Verdade Matemática; Filosofia da Ciência; História da Ciência.

### **Abstract**

In this theoretical essay, after a brief historical contextualization of the contemporary debate on the Nature of Science (NOS) in Science Education, we address epistemic aspects in Henri Poincaré's Philosophy of Science, aiming to provide undergraduate students and high school Science teachers with a cohesive perspective on the construction of knowledge in Natural Sciences (CKNS) and NOS. Due to the wealth of details present in Henri Poincaré's epistemology, we focus on objective conceptual links, objective languages within scientific theories, and necessary connections between Sciences. We address the classic example of the Newton-Einstein conceptual divergence from the Poincaréian perspective, in which we highlight the permanence of mathematical truth (MT) among physical theories that succeed one another due to obsolescence, the expansion of theoretical-conceptual discourse, and the consequent expansion of MT, justifying the expansion of theoretical precision, a striking Poincaréian characteristic of NOS in the context of CKNS. Thus, from the History, Philosophy and Sociology of Science, we present in this essay an epistemic perspective that can contribute to the field of Science Teaching, specifically in the teacher training process.

**Keywords:** Mathematical Truth; Philosophy of Science; History of Science.

### **Introdução**

A partir dos anos 1960, a valorização da História da Ciência (RUSSEL, 1981) e a gradativa inserção da Filosofia e da Sociologia da Ciência na formação de professores para o Ensino de Ciências, com base em epistemologias de pensadores como Thomas Kuhn (1922-1996), Karl Popper (1902-1994), Imre Lakatos (1922-1974) e outros (CACHAPUZ, A. *et al.*, 2008; CACHAPUZ *et al.*, 2004; DE AMORIM, 2003; VILLANI, 2001; BORGES, 1996; DA SILVEIRA, 1996; OSTERMANN, 1996), enfatizaram a necessidade de mudanças severas no intuito de aprimorar o modo como a Ciência é ensinada e entendida nas escolas.

Há mais de três décadas, no âmbito do Ensino de Ciências, estudos voltados às linhas de pesquisa em História, Filosofia e Sociologia da Ciência (LEDERMAN, 1992, 2007; FERNÁNDEZ *et al.*, 2002; GIL-PÉREZ *et al.*, 2001) vêm alertando para o *problema da profusão de concepções ingênuas* que professores e alunos manifestam sobre a *construção do conhecimento em Ciências naturais* (daqui por diante CCCN). Tal constatação ensejou que uma abordagem sobre a Natureza da Ciência (daqui por diante NdC) tornara-se necessária, tanto nos currículos voltados à formação de professores quanto à educação básica, visando orientar o conhecimento escolar de Ciências mediante uma imprescindível “alfabetização científica”.

Desde então, esse debate longo busca uma visão consensual (MOURA, 2014; MARTINS, 2015) que, na nossa opinião, é de difícil consolidação, sobretudo devido às divergências inerentes à perspectiva metacientífica no âmbito da NdC. O almejado currículo basilar para a “alfabetização científica”, embora tenha avançado, continua no âmbito da análise e discussão internas à comunidade de pesquisadores. Entretanto, indícios apontam para uma difícil superação das concepções equivocadas sobre a CCCN que imperam entre professores e alunos do ensino básico (MARTINS, 2007).

Uma ideia central e consensual na definição de NdC é a de que “A Ciência é mutável, dinâmica e tem como objetivo buscar explicar os fenômenos naturais” (MOURA, 2014, p. 34). Esse dinamismo da Ciência determina uma condição permanente de debates em torno das alterações teórico-conceituais que permeiam a CCCN, pois a dinâmica da Ciência exige, justamente, a busca da *meta final de aproximação da verdade* (POPPER, 1972, p. 255). Porém, se a formação do docente que atuará no ensino básico não contemplar esse debate, tampouco o discente terá acesso ao entendimento embasado da CCCN. Nesse sentido, a História e Filosofia da Ciência possuem subsídios para a formação do docente, trabalhando diretamente na fundamentação desse conhecimento (EL-HANI, 2006; VANNUCCHI, 1996; MATTHEWS, 1994).

Há, ainda, um problema persistente no Ensino de Ciências e presente na educação básica: a deficiência na formação de uma perspectiva coesa das Ciências. Essa barreira dificulta a compreensão da CCCN, pois a *fragmentação dos saberes nas Ciências* impede uma compreensão ampla que evidencie a coesão na construção do *conjunto* dos conhecimentos científicos (GERHARD *et al*, 2012, p. 142).

Pensando no problema de abordar o dinamismo da Ciência sobre uma base epistêmica e voltados à coesão inerente à CCCN, uma questão se nos impõe: *O que ensinar?* Estamos convictos de que no Ensino de Física, por exemplo, sequer oferecemos explicações aos nossos alunos e alunas às dúvidas epistêmicas mais básicas sobre a NdC, tais como: o porquê de a Física usar tantos cálculos matemáticos; o porquê das teorias que foram bem-sucedidas, e que achávamos que eram verdadeiras terem sido substituídas; o porquê de ainda estudarmos a Lei da Gravitação Universal de Newton se ela foi superada pela Teoria da Relatividade de Einstein. Sem explicações científico-epistêmicas para dúvidas desse tipo não há como

esperar que nosso discente compreenda a NdC com base somente em um ensino propedêutico.

Nesse sentido, a pouco conhecida epistemologia de Henri Poincaré, oferece uma perspectiva ímpar para ensinar e apreender sobre os fundamentos da NdC nas Ciências físicas. Nela encontramos um *encadeamento objetivo de elementos epistemológicos* e suas funções, perpassando os *princípios racionais* que originam as linguagens empregadas na CCCN, *a função e a utilidade da Matemática para a Física* (que raras epistemologias abordam), *as geometrias e seus vínculos com os corpos físicos ideais*, o papel dos *princípios na Física*, *a verdade possível nas teorias da Física*, *as alterações conceituais necessárias à condição dinâmica do aprimoramento da Ciência* e os *elementos teóricos percíveis*, além, é claro, dos *aspectos históricos e sociológicos*<sup>4</sup> que participam ativamente da CCCN.

A epistemologia de Poincaré nos oferece uma condição rara de conhecer, em pormenores, como um cientista-filósofo, tido por muitos autores como “o último universalista” e reconhecido historicamente como polímata, concebe a CCCN. Sua participação científico-filosófica foi intensa, tanto no campo prático quanto produzindo amplo arcabouço teórico em diversas áreas das Ciências - como, p. ex., antecipando alguns resultados da teoria da relatividade especial que apareceriam nos trabalhos de Einstein e Minkowski (NUNES e DE QUEIRÓS, 2023) -, ou ainda, participando das discussões em torno da fundamentação do debate científico, entre as últimas décadas do séc. XIX e o início do séc. XX. Entendemos que o cômputo geral do encadeamento epistêmico de Poincaré se adequa de modo ímpar à finalidade de expor um sistema integrado de relações que definem bem a NdC na CCCN.

No presente ensaio teórico nos fixamos no estatuto epistêmico da objetividade contida nas teorias das Ciências naturais enfatizando o papel da Matemática<sup>5</sup>. Desse modo, por meio de uma abordagem epistêmica da NdC, visamos facilitar a compreensão da CCCN ao licenciando de Ciências naturais e no trabalho docente em sala de aula junto ao discente do ensino médio. Assim, expondo a visão de Poincaré, abordaremos o porquê de a linguagem matemática ser tão recorrente ao contexto das Ciências físicas e, por fim, concluiremos que o aumento da precisão entre teorias das

<sup>4</sup> As influências externas à CCCN, tanto históricas quanto sociais, participam da epistemologia poincareana, porém, não estão no escopo deste breve trabalho. As abordaremos oportunamente.

<sup>5</sup> Crossi Filho (2012) apresenta um detalhamento da epistemologia da Ciência de Henri Poincaré.

Ciências naturais que se sucedem, é condição essencial à NdC e conduzem à ampliação da CCCN.

### **Poincaré e a Construção do Conhecimento nas Ciências Naturais (CCCN)**

De um modo minimista - para não dizer reducionista -, podemos afirmar que a CCCN depende, basicamente, da verdade que as teorias científicas conseguem abarcar das leis naturais, ou seja, do teor de certeza com que conseguem explicar e prever a ocorrência de regularidades (eventos recorrentes) na natureza. Como exemplos clássicos de leis naturais, cujas regularidades tiveram abordagens teóricas, até certo ponto, bem-sucedidas, temos o eletromagnetismo, a gravidade, a eletrólise, os fenômenos óticos, dentre outras. Tais teorias obtiveram um excelente aproveitamento em termos tecnológicos e, por exemplo, alteramos a matriz energética global e chegamos ao espaço também por meio delas.

Como é possível que teorias científicas possam se assemelhar às leis naturais com base em regularidades naturais? Isso depende da interpretação e da explicação *objetivas* do que se consegue concluir dessas regularidades naturais. Segundo Poincaré, a objetividade é uma condição necessária às teorias científicas:

Só é objetivo aquilo que é idêntico para todos; ora, só podemos falar de uma tal identidade se for possível uma comparação que possa ser traduzida em uma “moeda comum”, de modo a ser transmitida de um espírito [racional] a outro. Portanto, só terá *valor objetivo* aquilo que for transmissível pelo “discurso”, ou seja, inteligível. (POINCARÉ, 1995, p. 166, itálico e colchetes nossos).

Seja o que for que pensemos, é somente por meio de uma linguagem que será possível que sejamos compreendidos por um interlocutor e vice-versa. Assim, a *linguagem discursiva é o veículo da objetividade*. Ela deve ser idêntica para todos, podendo assim, transmitir a descrição da mesma identidade (objeto), desde que seja de modo ordenado (inteligível). Contudo, Poincaré (1995, p. 165) adverte que as sensações *não* podem ser transmitidas pelo discurso, embora possamos presumir que nossas sensações sejam semelhantes entre si, mediante a linguagem discursiva. A explicação de Feynman (2012, p. 63) é enfática:

Todos os argumentos que você possa imaginar não serão capazes de comunicar a ouvidos surdos o que é a experiência da música. Da mesma maneira, todos os argumentos do mundo não podem transmitir uma compreensão [qualitativa] da natureza [...] [, pois,] tentando descrevê-la [...] não se chega lá. (colchetes nossos).

Posso explicar, mas não posso transmitir o que sinto, pois, o discurso não dá conta de descrever a íntegra, ou seja, a plenitude da sensação, já que ela é *subjetiva* (somente o sujeito que a originou a conhece). É por isso que o médico pergunta: “De 1 a 10, quanto está doendo?”<sup>6</sup> Pois, quanto mais precisas forem as descrições das relações entre as sensações (a que o médico conhece e a que cada um conhece subjetivamente), maior a identidade e a objetividade entre elas. Porém, o médico não perguntará que temperatura estamos sentindo, pois ele possui algo mais objetivo, mais *preciso* e confiável que nossa opinião: o termômetro; um aparelho que mensura uma relação objetiva precisa, para além de nossas sensações subjetivas imprecisas.

Diante disso, quanto maior a *precisão maior a objetividade* e “a partir desse ponto de vista, *tudo o que é objetivo* é desprovido de qualquer qualidade, e é apenas *relação pura*” (POINCARÉ, 1995, p. 165, itálicos nossos). A relação pura a que Poincaré se refere é a *relação matemática*. Essa é a linguagem exata das mensurações cotidianas, cujas operações básicas - adição, multiplicação, subtração e divisão - transmitem a verdade (certeza) de suas relações a todas as demais relações matemáticas, por mais complexas que possam parecer. A *precisão das relações mensuráveis nas Ciências naturais* depende dessa verdade contida na exatidão matemática: a Verdade Matemática (daqui por diante VM).

A VM está presente no nosso cotidiano no contexto das *mensurações (quantificações)* à nossa volta. Num breve exercício de análise, concluiremos que a VM está nas nossas origens primitivas, devido à necessidade de *medir* o “pouco” e o “muito”, o “suficiente” e o “escasso” com a intenção de, por exemplo, saber *quanto* alimento é necessário a uma comunidade, um povo ou uma civilização, *quanto* vale a mercadoria para fins de comércio, e *quanto* dinheiro ainda me resta até o final do mês. Ao longo de muitas gerações, construímos *relações de confiança comuns na*

---

<sup>6</sup> Curiosamente, uma matéria jornalística ilustra o uso dessa técnica de diagnóstico na anamnese de Gabriela Tenório Barros, de 5 anos, queimada por uma lagarta-de-fogo. Disponível em: <https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2024/04/24/menina-encosta-em-lagarta-e-tem-grau-maximo-de-dor-vou-morrer-crianca.htm?cmpid=copiaecolahttps://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2024/04/24/menina-encosta-em-lagarta-e-tem-grau-maximo-de-dor-vou-morrer-crianca.htm>. Acesso em: 24 jun. 2024.

*quantificação material* (quantas unidades, qual é o peso, quanto mede, quantos litros, quanto custa, qual é a temperatura e etc.).

Na linguagem epistêmica poincareana, a “descoberta” racional de relações verdadeiras e universais, obtidas das operações aritméticas, atendeu a necessidade imediata de mensurar as relações empíricas no âmbito social. Contudo, fez mais do que isso, proporcionou a “descoberta” (construção) de *relações matemáticas cada vez mais complexas*, cuja elaboração e desenvolvimento, ao longo de milênios, criaram um rico arsenal de ferramentas racionais de mensuração. Isso ocorre porque a VM faz uso da *verdade aritmética original* em cada novo degrau da construção da linguagem matemática. A isso Poincaré chamou de raciocínio por recorrência, cuja base é o princípio racional de recorrência.

Tal critério de *precisão das relações* em oposição à *qualidade das sensações* remete a um *divisor de águas* no contexto da CCCN: a objetividade *qualitativa* da Ciência depende da *linguagem discursiva*, e está se limita à descrição das sensações que apreendemos das leis naturais, enquanto a objetividade *quantitativa* da Ciência, para além da linguagem discursiva, consegue obter das leis naturais a precisão de suas relações por meio da *linguagem matemática*:

Todas as leis, pois, provêm da experiência, mas para enunciá-las é preciso uma língua especial; a *linguagem corrente* é demasiado pobre, e aliás muito vaga para exprimir *relações tão delicadas, tão ricas e tão precisas*. [...] *o físico não pode prescindir da Matemática; ela lhe fornece a única língua que ele pode falar*. (POINCARÉ, 1995, p. 91, itálicos nossos).

A Ciência posterior a Galileu e Newton contou com uma linguagem matemática suficientemente madura ao ponto de tornar-se o veículo da objetividade quantitativa, capaz de conferir precisão às teorias na CCCN. Diante disso, Poincaré (1995, p. 167) indaga e enfatiza:

Então, o que é a Ciência? [...] é, antes de tudo, uma classificação, um modo de aproximar fatos que as aparências [sensações] separavam, embora estivessem ligados por algum parentesco natural e oculto [relações]. A Ciência, em outros termos, é um sistema de relações. Ora, [...] é apenas nas relações que a objetividade [na CCCN] deve ser buscada. (colchetes nossos).

Sob essa perspectiva, a NdC, segundo Poincaré, está apoiada na busca de relações objetivas (matemáticas) organizadas para orientar a CCCN. Além disso, nossas percepções do mundo são imprecisas e por isso são incertas <sup>7</sup>, contudo, são nossa única maneira de interpretá-lo. Esse fato determina: (1) a necessidade de uma ferramenta racional exata, que não admita contradição e que mensure, ordene e oriente “relações tão delicadas, tão ricas e tão precisas” (POINCARÉ, 1995, p. 91), tornando objetivas as relações entre nossas sensações; (2) a dualidade de linguagens nas teorias físicas - qualitativa / quantitativa - em que o *discurso* organiza nossas percepções (sensações) das regularidades naturais e a *linguagem matemática* ordena e transfere a maior precisão possível às relações entre elas. Ou seja, nas teorias das Ciências naturais há uma interpretação dada pelo discurso, e uma linguagem matemática que mensura e ordena suas relações, orientando suas conclusões. Desse modo, a VM (abstrata e *exata*) é estendida à Física (empírica e carente de *precisão*)

Portanto, segundo Poincaré (1995, p. 167) “os objetos exteriores [...] não são apenas grupos de sensações, mas grupos cimentados por um *vínculo* (uma ligação) constante [...] e esse *vínculo é uma relação*”. Além disso, a VM é garantida pelo princípio racional de não-contradição, enquanto a “linguagem corrente” do discurso é “pobre e vaga”, pois não possui um crivo lógico que garanta sua verdade.

Diante do exposto, Poincaré (1995, p. 167) conclui que “o valor objetivo da Ciência” não está em nos fazer conhecer “a verdadeira natureza das coisas”, mas sim, as “verdadeiras relações entre as coisas”:

Quando, pois, uma teoria científica pretende nos ensinar o *que é* o calor, a eletricidade ou a vida, está condenada de antemão; tudo o que pode nos dar é apenas *uma imagem grosseira*. Portanto, é provisória e caduca. (POINCARÉ, 1995, p. 167, Itálicos nossos).

---

<sup>7</sup> Para enfatizar a imprecisão de nossos sentidos Poincaré recorre à *lei de Fechner – a sensação seria proporcional ao logaritmo da excitação* – e relata um fato experimental: “Observou-se, por exemplo, que um peso A de 10 gramas e um peso B de 11 gramas produziram sensações idênticas, e, também, que o peso B não podia ser distinguido de um peso C de 12 gramas, mas que se distinguiu facilmente o peso A do peso C. Os resultados brutos da experiência podem, pois, ser expressos pelas seguintes relações:  $A = B$ ,  $B = C$ ,  $A < C$ , que podem ser vistas como a fórmula do contínuo físico. Existe aí uma *intolerável discordância com o princípio de contradição e foi a necessidade de eliminá-la que nos forçou a inventar o contínuo matemático*. Somos, portanto, obrigados a concluir que essa noção foi inteiramente criada pelo espírito, mas que foi a experiência que nos deu esse ensejo.” (POINCARÉ, 1984, p. 36, itálicos nossos).



“Uma teoria física [...] é tão mais verdadeira quanto mais *relações verdadeiras* evidencia” (POINCARÉ, 1995, p. 170, itálicos nossos) e, considerando a dualidade de linguagens nas teorias físicas, “o calor, a eletricidade ou a vida” nomeiam apenas sensações que, *sem o vínculo com as relações matemáticas* (portadoras da VM) não passam de linguagem “provisória e caduca”, pois, por exemplo, teriam sérias limitações na capacidade de prever, com alguma precisão, a ocorrência de fenômenos ligados às leis naturais, uma atribuição essencial para a CCCN. Aliás, não é rara a ocorrência da necessidade de *alterações conceituais no discurso teórico* de teorias físicas, devida à constatação de contradições entre suas linguagens (discursiva e matemática) diante de resultados experimentais, como veremos a seguir.

### ***A divergência conceitual Newton-Einstein sob a perspectiva de Poincaré***

Vejamos, de um modo conciso, como esse exemplo pode ilustrar a CCCN e o entendimento da NdC especificamente no Ensino de Física. Na gravitação universal de Newton, o tempo era entendido como *absoluto*, ou seja, a velocidade da luz era considerada instantânea (infinita). Desse modo, todos os astros que vemos nos céus *estariam* no nosso “presente atual”, pois a luz desses corpos celestes *chegaria até nós imediatamente*. A mensuração (medição) da velocidade da luz <sup>8</sup> acabou por definir, além de outras consequências, que *o tempo é relativo*, pois a luz das estrelas demora a chegar até nós. Logo, enxergamos o seu *passado* no nosso momento *presente*.

A Teoria da Relatividade<sup>9</sup> de Einstein incluiu essa *nova variável* nas suas relações matemáticas - a velocidade da luz. Assim, boa parte do *discurso conceitual* de Newton tornou-se incompatível com a teoria de Einstein. Isso significa que a teoria de Newton é falsa? *Não totalmente*, somente uma parte de seu *discurso*, pois suas *relações matemáticas continuam sendo úteis e verdadeiras*. Entretanto, as relações de Einstein são bem mais *precisas* que as de Newton, pois “enxergam” relações mais próximas da completude, afinal, incluem uma variável que Newton não tinha como considerar à sua época.

<sup>8</sup> Olaus Römer (1644-1710, astrônomo dinamarquês) foi o primeiro a determinar a velocidade da luz e a demonstrar que a propagação da luz não é instantânea (FEYNMAN, 1965, p. 24-25).

<sup>9</sup> Henri Poincaré e Hendrik Lorentz também teorizaram a relatividade, paralelamente a Einstein.

Por meio dessa perspectiva, as *alterações conceituais* inerentes à CCCN tendem a tornar nossas teorias cada vez mais *precisas*, ou seja, *mais próximas da exatidão matemática por meio de relações matemáticas mais completas*, ou ainda, na visão de Popper (1972, p. 254-255), *mais próximas da verdade por verossimilhança*.

Eis uma *confluência consensual entre as epistemologias de Poincaré e de Popper*, que reafirma uma característica da NdC apontada acima: “A Ciência é mutável, dinâmica e tem como objetivo buscar explicar os fenômenos naturais” (MOURA, 2014, p. 34). Entretanto, Popper limita-se à alteração conceitual com base no discurso, enquanto Poincaré define o papel da Matemática como alicerce para um detalhamento epistemológico coeso, não se limitando ao discurso, expandindo o entendimento de como é possível a CCCN e ampliando também a base conceitual para o Ensino de Física.

### **Poincaré e a Natureza da Ciência (NdC) para o Ensino de Ciências Naturais**

A epistemologia de Poincaré encontra nas relações matemáticas o elemento de precisão e, ao mesmo tempo, a verdade objetiva das teorias científicas. Seu papel é central na CCCN. Contudo, deixemos claro que a matematização das Ciências naturais corresponde a um grande desafio para aquele discente que não tem afinidade com a Ciência da Matemática. Isso é perfeitamente normal, pois as habilidades humanas são múltiplas e variam de intensidade em cada indivíduo. Não é necessário, portanto, exigir que nossos discentes encontrem habilidades matemáticas onde elas podem sequer existir. A questão aqui é de outra ordem. A *compreensão do papel que a Matemática exerce na CCCN* é o que, de fato, concebe a percepção de coesão entre as partes da Ciência, enquanto condição essencial da NdC. E isso a concepção epistêmica de Poincaré faz com maestria.

Além disso, não é difícil perceber que nossas mentes e nossa vida cotidiana são constantemente permeadas por valores matemáticos que aceitamos naturalmente como referências de verdade absoluta. Podemos questionar o erro humano num cálculo matemático básico ao receber o troco de uma compra feita em dinheiro. Porém, no contexto de uma situação como essa, *nunca* veremos alguém questionar a verdade do cálculo matemático *em si*, pois esta é uma condição perene e acima de qualquer questionamento. O que nos propomos aqui é mostrar ao nosso

aluno e nossa aluna que essa condição já participa de seu mundo, basta que percebamos sua extensão ao campo da CCCN para entender o valor da VM.

Claro que a aluna e o aluno perspicazes podem questionar com propriedade: “Será que por que a aritmética sempre funciona eu posso acreditar que toda a complexidade matemática também funcione sempre?” E Poincaré responderá que o fundamento aritmético da VM, mediante as propriedades das operações aritméticas irá se propagar por toda a construção da Matemática, carregando essa verdade consigo e, desde que cada etapa dessa construção seja verificada pelo nosso princípio racional de *não contradição*, esta permanecerá verdadeira, como todas as etapas anteriores até sua origem aritmética (POINCARÉ, 1902, p. 21-29). Essa *verificação silogística* é feita pela faculdade humana da *lógica*, porém, a *criação matemática de novas relações* com base nas relações matemáticas anteriores é uma atribuição da nossa faculdade da *intuição*<sup>10</sup> (POINCARÉ, 1902, p. 21-29). Como professores sabemos o quão importante é conhecer as respostas quando nossos alunos surgem com verdadeiras pérolas como essa.

Outro argumento poincareano de forte apelo intuitivo envolve o papel do *discurso* enquanto único meio objetivo de tentar transmitir impressões obtidas das sensações. De fato, trata-se de um argumento fenomenológico que preserva uma verdade contextual, já que estamos confinados num mundo subjetivo interior que só consegue acessar o mundo exterior por meio dos cinco sentidos de que dispomos (paladar, audição, olfato, tato e visão). Sob essa perspectiva, *a única condição objetiva ao nosso alcance é o discurso*, pois ele permite acessar as descrições das percepções subjetivas (sensações) de outro ser racional, desde que se tornem inteligíveis, ou seja, objetivas. É um argumento de cunho filosófico que, por experiências próprias em sala de aula, suscita bons comentários e diálogos em torno do tema científico, mas, principalmente, ele amplia a visão de mundo de nossos discentes enquanto *percebem a presença científico-filosófica em seus mundos*.

---

<sup>10</sup> Pode-se argumentar, num contexto acadêmico, que Kurt Gödel (1906-1978) concluiu ser impossível demonstrar logicamente que a prova das verdades básicas (axiomas) da aritmética seja completa e consistente, pois nelas haverá sempre proposições que não podem ser demonstradas, nem verdadeiras, nem falsas. Porém, tal incompletude na prova da verdade aritmética não invalida a VM, porém, limita sua prova lógica, tornando-a inconclusiva, porquanto incompleta. Contudo, segundo o Dicionário de Filosofia de Cambridge (2006, pp. 364-365), o próprio Gödel propôs a existência de uma faculdade não-sensória especial da *intuição matemática* responsável por proposições formalmente independentes de outros ramos da Matemática [como a lógica, p. ex.]. Nesse sentido, Schultz (2014, p. 49-54) aborda a perspectiva de Kurt Gödel sobre a *intuição matemática enquanto percepção racional*. Ou seja, por essa via argumentativa, somente a intuição pode sustentar a VM. A Epistemologia de Henri Poincaré se apoia no *intuicionismo* matemático.

O contraponto do argumento anterior diz respeito ao papel da linguagem das relações matemáticas. Enquanto portadoras da VM, tais relações são criações abstratas racionais que não pertencem ao mundo empírico, pois não existem números na natureza, embora as leis naturais possam ser traduzidas objetivamente em relações numéricas.

Eis, portanto uma confluência na constatação científico-filosófica da harmonia entre dois mundos distintos e que se sobrepõem. Sendo assim, da perspectiva poincareana, quando relações matemáticas são unidas às teorias científicas e constatadas nas regularidades naturais, encontramos impressa na realidade objetiva uma *harmonia universal*, logo, a VM inerente ao espírito racional manifesta-se nas relações materiais (empíricas) do universo que o cerca (POINCARÉ, 1904, p. 170). Por experiências próprias em sala de aula, esse costuma ser um argumento de apelo emocional: ele suscita o vislumbre de elementos da razão humana impressos (coadunados) nas relações presentes nas leis universais.

O exemplo exposto na seção anterior visa consolidar em nossos alunos e alunas a segurança e a confiança na verdade das teorias físicas, visando afastar o fantasma do pessimismo e do derrotismo das Ciências (para não mencionar o negacionismo), cujo argumento é: “Toda a teoria acaba caindo e, sendo assim, sua verdade cai junto, ou seja, não existem teorias verdadeiras”. A divergência conceitual Newton-Einstein talvez seja o exemplo mais emblemático a *demonstrar* que a CCCN se dá por meio da *ampliação* (expansão), tanto teórico-conceitual quanto das relações matemáticas, aumentando também a *precisão* das teorias físicas.

De Meneses (2008), *demonstra* que existe uma complementaridade entre as noções de “gravitação” de Einstein e de Newton, sendo que a de Einstein é mais geral e universal, porque seu *cálculo tensorial engloba a equação de Newton*. Noutras palavras, a equação de Newton é um caso limitado e específico do cálculo de Einstein, cuja abrangência e *precisão* são bem maiores. Worrall (1989) confirma e amplia a conclusão de De Meneses, apontando um padrão de recorrência entre teorias que se sucedem *por ampliação da VM*:

O padrão mais comum é que as equações anteriores reapareçam como casos limitados da nova teoria [...] [, sendo que] as equações antigas e novas são estritamente inconsistentes, mas a nova tende para a antiga como uma grandeza tende a um limite. (WORRALL, 1989, p. 120, itálicos nossos).

Diante disso, bons argumentos merecem ser trabalhados com nosso discente:

- Newton, à sua época, talvez por não dispor de resultados experimentais conclusivos, optou por defender que a luz se propaga com velocidade instantânea, mas foi submetendo a teoria newtoniana a testes empíricos que Olaus Römer tornou possível medir a velocidade da luz (FEYNMAN, 1965, p. 24-25). Logo, a teoria de Newton serviu de apoio para a ampliação da CCCN. Disso decorre que sempre devemos esperar que a testabilidade de uma teoria possa produzir novas conclusões, para além da própria teoria original. Ou seja, uma teoria física pode servir de ampliação para si e para a CCCN;

- De posse de um novo conhecimento (no caso, a velocidade da luz), há uma nova variável conceitual que pode ser inserida na pesquisa científica. Disso decorre que duas novas possibilidades se apresentam ao cientista: (1) um novo elemento para o discurso conceitual (suscitando novas possibilidades teóricas) e (2) uma nova variável para as relações matemáticas (suscitando novas possibilidades de expansão da VM). Ou seja, um fato científico novo pode ampliar tanto o discurso conceitual quanto a VM no contexto da CCCN;

- A ampliação do discurso conceitual combinado com a ampliação das relações matemáticas, resulta uma teoria mais completa que a anterior, cuja verdade do discurso conceitual tende a ser maior que a verdade da teoria anterior, assim como, sua VM tende a ser maior que a VM da teoria anterior, ou seja, a ampliação da VM tende a implicar numa *precisão maior* que a encontrada na teoria anterior. Sob essa visão, *a ampliação da CCCN se dá por ampliação da precisão das teorias científicas*. Essa se nos apresenta como a *característica marcante na NdC, sob a perspectiva poincareana*.

As implicações que mencionamos acima, de um modo geral, puderam ser constatadas a partir dos cálculos matemáticos realizados com base em experimentos e observações astronômicas. Assim, a teoria de Einstein foi e continua sendo submetida a testes empíricos que avaliam seus limites e consequências teóricas. Diante disso, torna-se perceptível que a testabilidade a que foi submetida a teoria de Newton, também submete a teoria de Einstein à análise constante, até que o ciclo se esgote com ampliação da teoria de Einstein por meio de uma nova teoria que a supere, iniciando novo ciclo. Segundo a perspectiva epistêmica de Henri Poincaré, podemos afirmar que é próprio da NdC que, por meio desses ciclos, a CCCN se mantenha em expansão.

Na presente seção, devemos ainda considerar que uma linguagem menos acadêmica pode vir a preservar o entendimento do aluno do ensino médio, sem comprometer sobremaneira o rigor que a CCCN e suas teorias fazem jus. Ao simplificar a explicação científica corremos o risco de mutilar os eventos históricos, filosóficos e científicos, cujo rigor acadêmico é característica marcante. Porém, uma explicação entediante e incompreensível ao discente, impediria que um resultado positivo pudesse ser alcançado. A adequação do discurso verbal ao público-alvo é um recurso didático que muito pode contribuir para alcançarmos êxito na tarefa de facilitar o entendimento do discente sobre a CCCN.

### **Considerações finais**

O debate sobre a NdC tem produzido bons frutos acadêmicos na tentativa de nortear o Ensino de Ciências sobre bases Históricas, Filosóficas e Sociológicas, porém, entendemos que bons resultados também podem ser obtidos da abordagem epistêmica coesa e embasada, podendo contribuir de modo significativo para que nosso discente consiga construir uma visão também coesa da NdC. Assim, diante do problema da fragmentação dos saberes nas Ciências, exibimos a sucessão de conexões necessárias que unificam o entendimento da CCCN em torno de elementos objetivos e subjetivos que participam do dia a dia de nosso discente, propondo a criação de uma ponte entre o cotidiano e a abordagem das Ciências naturais por meio de elementos comuns a ambos. Entender, p. ex., que a VM, enquanto relações matemáticas, insere-se como participante de nossa realidade desde as origens humanas primitivas, estabelece mais do que um conceito, propõe uma relação pessoal e atemporal com uma verdade tão natural que sequer é percebida ou questionada.

Quanto ao problema da profusão de concepções ingênuas sobre a Ciência, que professores e alunos manifestam sobre a NdC, entendemos que essa pequena amostra epistemológica que disponibilizamos nesse breve ensaio, talvez possa servir de inspiração para o retorno ao bom caminho científico. Afinal, o professor-pesquisador, além de necessário é uma exigência do ensino atual. Porém, somente a predisposição do docente em conhecer valores científicos autênticos por meio de exemplos epistêmicos bem estruturados, em torno de uma perspectiva da NdC voltada à CCCN, pode reconduzi-lo à Ciência legítima. Infelizmente, enquanto isso

não ocorre, serão sempre os seus alunos os mais prejudicados, em função da privação de uma formação científica embasada.

Por fim, na seção anterior, apontamos situações comuns que podem ocorrer em sala de aula, em função da exposição conceitual da epistemologia de Poincaré atrelada a aspectos históricos e situações diversas. Nesse sentido, visamos estabelecer vínculos e criar pontes de conhecimento capazes de contribuir com uma visão mais adequada sobre a Ciência alinhada a uma perspectiva epistêmica contemporânea.

### **Agradecimento**

O presente trabalho foi realizado com o apoio da CAPES.

### **Referências**

AUDI, R. **Dicionário de Filosofia de Cambridge**. 2. Ed. São Paulo: Paulus, 2006.

BORGES, R. M. R. **Em debate: cientificidade e educação em ciências**. Porto Alegre: EdiPUCRS, 1996.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 10, p. 363-381, 2004.

CACHAPUZ, A. et al. Do estado da arte da pesquisa em educação em ciências: linhas de pesquisa e o caso “Ciência-Tecnologia-Sociedade”. **Alexandria: revista de educação em ciência e tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 27-49, 2008.

CROSSI FILHO, O. **A epistemologia da ciência de Henri Poincaré: para além do convencionalismo e do realismo estrutural**. 2013. 115 p. Dissertação (Mestrado em Filosofia - Epistemologia) - Faculdade de Filosofia, Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://pergamum.animaeducacao.com.br/pergamumweb58/vinculos/00000a/00000a0e.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2024.

DA SILVEIRA, F. L. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 219-230, 1996.

DE AMORIM, A. C. R. Relações Entre Ciência/Tecnologia/Sociedade Na Formação De Professores: Contribuições Da História E Sociologia Da Ciência. **Revista Física y Cultura**, v. 1, n. 6, 2014.

DE MENESES, R. D. B. Significado Ontológico da Gravitação segundo Einstein: entre a métrica e a filosofia. **Eikasia: revista de filosofia**, n. 16, p. 119-149, 2008.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**, p. 3-21, 2006.

FERNÁNDEZ, I.; GIL-PÉREZ, D.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 477-488, 2002.

FEYNMAN, R. P. **Sobre as leis da física**. Tradução: Marcel Novaes. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed. PUC-Rio, 2012.

GIL-PERÉZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

LEDERMAN, N. G. Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.

LEDERMAN, N. G. Nature of science: past, present and future. In: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N.G. (Eds.). **Handbook of research on science education**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2007, p. 831 -879.

MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em "temas" e "questões". **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015.

MATTHEWS, M. R. **Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science Routledge**. New York: Routledge, 1994.

McCOMAS, W. F.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. P. The nature of Science in Science education: An introduction. **Science & Education**, v. 7, n. 6, p. 511-532, 1998.

MELLADO JIMÉNEZ, V. Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia, **Enseñanza de las ciencias**, v. 21, n.3, p.343-358, 2003.

MOURA, B. A. O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência?. **Revista Brasileira de História da ciência**, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.



NUNES, R. C.; DE QUEIRÓS, W. P. Poincaré e o princípio da relatividade: uma tradução comentada do ensaio “Sobre a dinâmica do elétron”. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 16, n. 2, p. 765-792, 2023.

OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. **Caderno catarinense de ensino de física. Florianópolis. Vol. 13, n. 3 (dez. 1996), p. 184-196**, 1996.

POINCARÉ, H. **A ciência e a hipótese**. Tradução: Maria Auxiliadora Kneipp. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1984.

POINCARÉ, H. **O valor da ciência**. Tradução: Maria Helena Franco Martins. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995.

POPPER, K.R. **Conjecturas e refutações**. Brasília: UNB, 1972.

PUMFREY, S. History of Science in the National Science Curriculum: A critical review of resources and their aims. **British Journal for the History of Science**, v. 24, n. 1, p. 61-78, 1991.

RUSSEL, T.L. What history of science, how much, and why? **Science Education**, v.65, n.1, p.51-64, 1981.

SCHULTZ, S. Gödel, percepção racional e compreensão de conceitos. **Revista latinoamericana de filosofía**, Buenos Aires, v. 40, n. 1, 2014.

VANNUCCHI, A. I. **História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula**, Dissertação de Mestrado, Instituto de Física / Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, (1996).

VILLANI, A. Filosofia da ciência e ensino de ciência: uma analogia. **Ciência & educação**, v. 7, n. 02, p. 169-181, 2001.

WORRALL, J. (1989) Structural realism: the best of both worlds? **Dialectica**, London, v. 43, n. 1-2, p. 99-124.