ARTIGO

DOI: https://doi.org/10.53727/rbhc.v19i1.1168

Uma análise materialista histórica e dialética da eletrodinâmica de Ampère e de sua historiografia

A historical and dialectical materialist analysis of Ampère's electrodynamics and its historiography

João Paulo Martins de Castro Chaib | Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
jopachaib@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-4336-566X

Resumo Este artigo introduz uma perspectiva materialista histórica e dialética para a história da ciência e analisa a obra de André-Marie Ampère problematizando a neutralidade ontológica da ciência e da historiografia da ciência. Para isso, mobiliza-se um movimento metodológico baseado na depuração de abstrações, na reconstrução das determinações e no critério da prática. Esse referencial é aplicado à análise dos experimentos e da formulação teórica de Ampère, evidenciando a coerência de sua eletrodinâmica. A partir dessa reconstrução, o artigo sustenta que a interpretação da eletrodinâmica de Ampère como etapa superada decorre de divergências ontológicas e epistemológicas, e não de sua capacidade de analisar o real, deslocando a análise de uma narrativa progressiva da ciência para a investigação das condições sócio-históricas do conhecimento científico.

Palavras-chave história da ciência – eletrodinâmica – Ampère – materialismo histórico e dialético.

Abstract *This article introduces a historical and dialectical materialist perspective to the history of science and analyzes the work of André-Marie Ampère, problematizing the ontological neutrality of science and the historiography of science. To this end, a methodological approach is employed based on the purification of abstractions, the reconstruction of determinations, and the criterion of practice. This framework is applied to the analysis of Ampère's experiments and theoretical formulation, highlighting the coherence of his electrodynamics. Based on this reconstruction, the article argues that the interpretation of Ampère's electrodynamics as a superseded stage stems from ontological and epistemological divergences, and not from its capacity to analyse reality, shifting the analysis from a progressive narrative of science to an investigation of the socio-historical conditions of scientific knowledge.*

Keywords *history of science – electrodynamics – Ampère – historical and dialectical materialism.*

Introdução

A história da ciência diz respeito ao desenvolvimento das teorias e práticas consideradas científicas ao longo do tempo, enquanto a historiografia da ciência diz respeito às formas pelas quais esse desenvolvimento é analisado e explicado. Nesse sentido, a historiografia não é neutra,

ela mobiliza pressupostos ontológicos e epistemológicos que orientam o que é reconhecido como objeto legítimo de análise. Assim, diferentes interpretações da história da ciência não decorrem apenas de novas evidências, mas das posições teóricas que definem o que conta como conhecimento válido.

No interior dessa prática, é hegemônico o pressuposto de que haveria uma forma universal de conhecimento científico — cuja essência não dependeria da práxis material sócio-histórica — e a história seria apenas espaço para sua realização e desenvolvimento progressivo. Ainda que sejam discutidos os mecanismos desse desenvolvimento, mantém-se a ideia de que o conhecimento reconhecido como científico progride universalmente em direção a formas mais completas ou corretas.

Esse pressuposto delimita a análise historiográfica e tende a naturalizar seus próprios critérios, excluindo abordagens que questionem essa universalidade. Isso estruturalmente leva a essa historiografia hierarquizar as teorias rejeitadas — por sua ontologia, epistemologia ou síntese prática — como naturalmente ultrapassadas e "menos" científicas. Essa questão torna-se particularmente evidente na interpretação da obra de Ampère, frequentemente apresentada como etapa anterior das teorias hoje hegemônicas, o que dificulta o reconhecimento de sua coerência interna e de seu possível caráter alternativo.

Para analisar esse problema, este trabalho adota uma ontologia e epistemologia materialista histórica e dialética. A partir dessa abordagem, identifica-se um movimento metodológico materialista próprio no desenvolvimento ontológico e epistemológico de Ampère — que envolve a depuração de abstrações, a reconstrução das determinações e seu confronto com a prática. É por meio desse movimento que se explicita a falta de interlocução estrutural entre seus pressupostos e os da historiografia hegemônica da eletrodinâmica. Com isso, problematiza-se a interpretação de sua teoria como etapa superada, evidenciando o caráter paradigmático dos critérios ontológicos e epistemológicos que sustentam essa leitura. O caso de Ampère permite explicitar determinações estruturais da disputa historiográfica da ciência, porque nele se tornam observáveis relações que não lhe são exclusivas.

Para a análise do real: uma ontologia materialista histórica e dialética

Cabe agora, então, explicitar as bases que sustentam a crítica desenvolvida neste trabalho.

Como pressupostos, entende-se por fenômenos aqueles em que os corpos interagem e mudam. A matéria é o universal que se define por essas formas do real — corpos, interações e mudanças. São reconhecidas a partir da experiência sensível *enquanto corpos que também somos*, a partir da prática, e apreendidas como conceitos fundamentais pelos quais caracterizamos o mundo objetivo. Por "prática" entende-se o processo no qual se realizam as interações e transformações, constituindo-se nele — como veremos — as determinações do real e, em formas historicamente específicas, as formas de pensamento e consciência.

Por isso, o reconhecimento conceitual dos corpos, interações e mudanças não se dá por definições abstratas ou construções formais, mas por diferenciação e comparação no interior da prática. Não há como fazê-lo de forma diferente, pois a materialidade é independente das

formas de pensamento e estas decorrem daquela. No entanto, esse processo de apreensão não é neutro nem automático, mas dialógico e sócio-histórico.

Assim, uma ontologia materialista parte do reconhecimento da matéria enquanto realidade primeira, da qual derivam as demais realidades (Lénine, 1982, p.34). Ou seja, a sensação, as grandezas, a consciência e o pensamento constituem formas derivadas dos corpos que interagem e mudam. Veremos que, influenciado pelos materialistas franceses, Ampère passa por pontos afins.

A dialética por sua vez é a dimensão do método que reconhecendo a matéria enquanto unidade, também reconhece que essa unidade se expressa na multiplicidade de corpos. Essa relação entre unidade e diversidade constitui uma contradição real. Por sua vez, a interação entre os corpos é a mediação material dessa contradição, pois expressa a unidade da matéria na diversidade de suas *determinações* — isto é, na forma pela qual cada corpo se determina por suas relações com os demais. O movimento relativo dos corpos é a forma elementar pela qual essa interação se realiza concretamente. E cada corpo em si é uma unidade que também comporta diversidade e contradições.

Assim, contradição, determinação, mediação, interação e movimento (ou mudança) se constituem como elementos da análise dialética. Tomar esses elementos independentes da matéria e suas relações se configura como "fetichismo"[1]. Nesse quadro, é importante destacar que não há instância fora da matéria que "faça a mediação" — crítica incorporada em Diderot (2023, p.31) e, tal como veremos, Ampère. A mediação é a própria forma *histórica* (natural ou social) concreta das relações em contradição dos corpos.

Por isso, ainda que algumas correntes façam a distinção entre "materialismo histórico" e "materialismo dialético" (Harnecker, 2000), essa separação é aqui entendida como um movimento aparente de uma determinação mais fundamental. A opção de nomenclatura adotada neste trabalho por "materialismo histórico e dialético" decorre de uma posição teórica deliberada de não tratá-los como domínios distintos. Assim, seguimos a compreensão da história expressa por Marx e Engels, onde:

> Conhecemos apenas uma única ciência, a ciência da história. A história pode ser examinada sob dois aspectos. Pode ser dividida em história da natureza e história dos homens. Os dois aspectos, entretanto, são inseparáveis; enquanto existirem os homens, a história da natureza e a história dos homens condicionam-se mutuamente (Marx e Engels, 2002, p. 107).

Nesse quadro, *história* compreende o conjunto das relações materiais em seu desenvolvimento. Sua distinção em história da natureza e história dos seres humanos (dita *social*) não constitui uma separação ontológica, mas emerge da prática. Trata-se de uma distinção histórica e dialética: os seres humanos, enquanto corpos, distinguem-se do restante da natureza pelo modo como atuam sobre ela e, ao fazê-lo, transformam também suas próprias relações (Marx e Engels, 2002, p.10). Nesse sentido, essa distinção expressa uma contradição real que se realiza como mediação. Assim, a noção de "humanidade" comporta dois aspectos que tendem a se confundir: por um lado, constitui-se como a forma histórica dessas relações, isto é, como

1 "Até agora, nenhum químico descobriu na pérola ou no diamante o valor de troca" (Marx, 1990, p.88). "O reflexo religioso do mundo real só pode desaparecer, em geral, quando as condições da vida prática, cotidiana, representem para os homens dia a dia vínculos sensatos e transparentes entre eles e com a natureza" (p.85).

a mediação pela qual essa contradição se realiza concretamente (em suas formas sociais); por outro, corresponde à sua determinação material enquanto corpos (os próprios seres humanos).

Assim o método usado é materialista *e* dialético *e* histórico, sem hierarquia ou separação entre esses momentos e independentemente dos campos do saber em que é mobilizado, ainda que se dirija a diferentes objetos de estudo — ou aos sujeitos que os constituem.[2]

Não sendo ontológica a diferença entre humanidade e o restante da matéria, mas prática, os seres humanos partem de suas funções biológicas e as reorganiza sócio-historicamente ao se distinguir do restante da natureza pelo modo como trabalha sobre esta. Nesse mesmo movimento, constituem-se mediações simbólicas na prática social, bem como funções psicológicas superiores como formas socialmente constituídas de organizar e transformar a experiência (Vigotski, 2004). Nessas mesmas relações, a consciência constitui-se de maneira sócio-histórica. Todo ato de pensamento resulta de uma relação dialógica, e não de um sujeito isolado, de modo que o pensamento não é um processo interno autônomo, mas uma forma de diálogo social internalizado (Volóchinov, 2021). Por exemplo, a matemática não é forma "do pensamento", mas forma socialmente produzida de apreensão e organização das relações materiais.[3]

Com base nesses elementos, abordaremos os conceitos de paradigmas, historicidade da ciência e os aspectos epistemológicos. Mas, antes, lancemos um primeiro olhar sobre a ontologia de Ampère.

Um olhar na ontologia de Ampère

André-Marie Ampère (1775-1836), apesar de ocupar a cadeira de matemática na *Académie des Sciences*, se dedicou a diversas áreas do conhecimento, se destacando notavelmente pela concepção e desenvolvimento de uma nova área da física: a *eletrodinâmica* (Williams, 1981). Dentro da sua visão interdisciplinar, Ampère fazia questão de articular conscientemente prática científica e reflexão filosófica de maneira "a ver nessa aplicação fonte de novos progressos, seja para essas ciências seja para a própria filosofia" (Ampère, 1982, p.172). E esse terreno estava preparado por Voltaire (1694–1778), Émilie du Châtelet (1706–1749) e pelos enciclopedistas, herdeiros do ceticismo de Pierre Bayle (1647–1706) — identificado por Marx e Engels (1971, Cap. VI) como ponte decisiva para o materialismo francês.

Ampère foi leitor atento desses autores, desde a fase revolucionária passando pelo ambiente reacionário do império napoleônico. Esse contexto marcou o descenso do materialismo (Marx

2 Assim, neste trabalho, o termo "materialismo histórico e dialético" engloba um movimento metodológico unitário — depuração de abstrações, reconstrução das determinações e o critério da prática — em diálogo com a sua ontologia e epistemologia, como veremos em breve. A separação entre "materialismo histórico" e "materialismo dialético" tem seu marco na tradição soviética pós-1938. Uma das correntes que a toma como fundamental é a althusseriana, que é duramente criticada por Mészáros (2004, p.247-248; p.259-261). Entendemos que, tomada como central, essa separação tanto favorece uma visão progressiva da ciência, como estabelece uma distinção metodológica na episteme e não pelo objeto de estudo, favorecendo "concessões" (Mészáros, 2004, p.316-318) e a relativização do critério da prática.

3 E é nesse processo que se constitui o caráter teleológico do trabalho humano (Marx, 1990, p. 171).

e Engels, 1971, Cap. VI) e a ascensão do espiritualismo de Maine de Biran (1766–1824), com quem Ampère dialogava frequentemente (Hofmann, 1995, p.144).

Mas as disputas científicas, sobretudo em torno de sua concepção eletrodinâmica, acabaram por conduzi-lo a uma radicalização na filosofia do material. Ainda que limitada às condições históricas, a obra filosófica de Ampère de 1834 permite reconhecer uma influência materialista clara:

> Na aritmologia, tratava-se apenas da medição de grandezas em geral; na geometria, da medição de um tipo particular de grandeza, o espaço [*l'étendue*]; mas na mecânica, a essas considerações de grandeza foram adicionadas ideias de movimentos e forças. Em vez de examinar relações abstratas de grandeza ou as propriedades do espaço vazio e imóvel, voltou-se para **a matéria, sem a qual não se pode conceber nem movimento, nem força, nem aquela propriedade de inércia pela qual o movimento se preserva uma vez impresso** (Ampère, 1834, p.121-122, ênfase nossa).

Ampère toma a matéria — aquilo que interage e se move — como fundamento, do qual decorrem as demais determinações da mecânica. Mesmo que não se declarasse "materialista", sua formulação é materialista na ontologia: coloca a matéria como princípio objetivo a partir do qual derivam movimento, força, inércia e as demais grandezas.

Hofmann (1995, p.146-147), via um realismo estruturalista em Ampère quando este recusava a tese kantiana de que o espaço seria fruto das sensações. Caneva (1980) nota aproximação aos cartesianos, mas ligada à visão ondulatória da luz e à um mediador material da ação, não a um compromisso metafísico. Isto porque, Hofmann (1995, p.151) sugere que Ampère, por uma nota de seu filho, teria defendido a existência do espaço absoluto. Mas não se encontrou o termo "absoluto" diretamente em seus escritos, especialmente nos mais maduros.

Há uma diferença entre assumir a objetividade do espaço e o absolutismo dele. Por isso, uma leitura estática tende a ocultar o caráter dialético de seu pensamento. Como vimos, em sua mecânica, Ampère (1834) abandona o "espaço vazio e imóvel" e volta-se à matéria, "sem a qual não se pode conceber nem movimento, nem força". Assim, entre o espaço absoluto newtoniano, a dualidade cartesiana e a negação kantiana da objetividade do espaço, delineia-se uma quarta opção: reconhecer a realidade do espaço não como quintessência absoluta (imaterial ou material), mas como determinação objetiva ontologicamente subordinada às interações materiais.

Essa evolução pode ser vista, por exemplo, nas consequências do "caso de equilíbrio das correntes antiparalelas" (Assis e Chaib, 2015, p.94). Em 1823, Ampère ainda recorria a um princípio de simetria espacial para simplificar sua expressão geral de força (Ampère, 1823, p.209-210). Três anos depois, essa simplificação se baseava nas próprias interações entre os elementos de corrente (Ampère, 1826, p.30). O "princípio" de simetria espacial era, na verdade, consequência das interações materiais. O mesmo ocorre com sua defesa da 3ª lei de Newton: de início apoiada em argumentos ockhanianos e na simetria, em 1826 se fundamenta em conclusões experimentais independentes de um modelo prévio para a força — voltaremos a essa questão na última seção. Se antes a causa era formal e estrutural, no fim fica uma consequência da interação da matéria.

Por fim, esse viés ontológico do espaço se reforça na concepção experimental do "caso de equilíbrio da lei de semelhança" (Assis e Chaib, 2015, p.185) concebido em 1825. Se a distância entre dois circuitos condutores for aumentada na mesma razão em que for aumentada a suas

dimensões, a força entre eles não altera de intensidade. Em termos simples: ao duplicar o volume de todos os corpos dentro de uma casa, incluindo nós e a casa, não perceberemos a diferença nas distâncias, pois as relações mantêm a mesma proporção. O espaço é uma grandeza enquanto expressão relacional da organização da interação entre os corpos.

Ampère se opunha ao núcleo do idealismo kantiano: aceitava a mediação subjetiva das percepções, mas rejeitava a tese de que o "em si" estivesse interditado ao conhecimento. Para responder, concebe a teoria dos *rapports* (relações): os fenômenos são cognoscíveis porque interagimos e percebemos suas relações expressas matematicamente. Então, as grandezas não são invenções do espírito, mas determinações objetivas de quem e como se interage e não de quem observa.

Por exemplo, na sua visão eletrodinâmica, a ação não se dá entre "cargas elétricas", mas entre partículas dos corpos (*particles des corps*) (Ampère, 1822a, p.398) com *propriedade* elétrica. Isso é importante. A expressão "partícula elétrica" pode ser entendida de dois modos: (a) como elemento distinto da matéria, mas com igual realidade ontológica, ou (b) como partículas materiais dotadas da capacidade de interagir eletricamente. A primeira opção, presente em Maxwell — para quem a corrente elétrica se dava por fluidos elétricos sem inércia, literalmente carregados pelos corpos ponderáveis (Maxwell, 1881, p.183-184 e 197) — e na física hegemônica atual, sustenta um dualismo que reifica as grandezas. A natureza comportaria princípios especiais não redutíveis à matéria: uma força vital, um ente, uma grandeza autônoma. Já o entendimento de Ampère se enquadra na segunda: *as partículas materiais*, dotadas de inércia, apresentam a propriedade de interagir eletricamente (Ampère, 1820a, p.64). Na França, muitos designaram essa propriedade *material* como *massa elétrica* (Bertrand, 1890, p.82).

Outra pista sobre um movimento materialista e dialético está na diferença como usa a terminologia kantiana. Em Kant, o *noumenon* designa a "coisa em si", sempre inacessível: sabemos que algo existe por trás das aparências, mas não podemos conhecê-lo diretamente, apenas organizá-lo pelas formas subjetivas da intuição (espaço e tempo) e pelas categorias a priori. Nesse horizonte, conceitos como carga elétrica ou polo magnético seriam construções regulativas da consciência.

Apesar de usar o mesmo termo, Ampère não aceita essa interdição ao conhecimento. Conceitos como o polo magnético não são ficções, mas vindos de relações reais cuja compreensão pode ser aprofundada, pois

> Pelo contrário, para o materialista o mundo é mais rico, mais vivo e mais variado do que parece, porque cada passo do desenvolvimento da ciência descobre nele novos aspectos. Para o materialista, nossas sensações são as imagens da única e última realidade objetiva [...] no sentido de que não existe nem pode existir outra senão ela (Lénine, 1982, p.97).

O *noumenon*, portanto, não designaria o incognoscível, mas uma objetividade a ser conhecida de modo relativo, mediada pelas relações matemáticas e experimentais. Com o distanciamento histórico, podemos reconhecer que o que Ampère chamou de *noumenon* e suas relações se afastam da noção kantiana e aproximam-se do que se tornaria a *determinação* marxiana. Não se trata de antecipação subjetiva de Marx, mas da expressão objetiva de um momento histórico que, por diferentes tradições, compunha o processo no qual o materialismo histórico e dialético se formará.

Assim, a noção de *noumenon* e a teoria dos *rapports* de Ampère permitem compreender que as teorias matemáticas não modelam a realidade por coincidência nem porque a natureza se veja obrigada a seguir princípios prévios de simetria ou equações diferenciais. A matemática funciona como síntese cognitiva do objetivo: o modo como o pensamento humano capta e expressa a ordem das interações e mudanças materiais. É nesse ponto que se difere, por exemplo, de Einstein (1879–1955), para quem "o princípio fundamentalmente criador está na Matemática" (Einstein, 1981, Cap. Sobre o Método da Física teórica, ebook).

Essa última posição conduz a um argumento circular: se a matemática cria e a experiência apenas confirma ou não, ambas estão determinadas pelo mesmo horizonte paradigmático (definiremos "paradigma" a seguir). Nesse quadro, hipóteses adicionais ganham objetividade ao reforçar o núcleo teórico aceito, enquanto a experiência deixa de ser critério externo. O resultado é o "núcleo duro" que se mantém, protegido por ajustes no "cinturão" (Lakatos, 1970; Neves, 2000).

Mas esse movimento de validação interna não é universal ao conhecimento, mas uma construção hegemônica tomada como universal, como discutiremos na próxima seção.

Paradigmas, historicidade da ciência e materialismo

Compreender como as formas de pensamento e consciência se estruturam na materialidade da prática, bem como sua relação dialética, é necessário para uma abordagem materialista histórica e dialética da ciência. Sua relação geral com a superestrutura de um modo de produção (tal como Estado e mercado) é objeto de estudo do livro *Luta de paradigmas e lutas de classes: sociedade, método e conhecimento* (Chaib, 2024), que propõe uma superação dialética de Kuhn (1996). É também possível, por outra perspectiva, encontrar essa análise no livro *Estrutura Social e Formas de Consciência: a Determinação Social do Método* (Mészáros, 2009).

Assim, "não é a consciência que determina a vida, mas a vida que determina a consciência" (Marx e Engels, 2002, p.20).

Enquanto forma de pensamento, o método em que se ancora o materialismo histórico e dialético não foi criação individual de K. Marx (1818-1883). É uma expressão teórica de um movimento sócio-histórico e que se gestava em diferentes tradições filosóficas e científicas como em Diderot e Feuerbach (Lénine, 1982, p.36). É por isso que podemos reconhecer movimentos afins em Ampère. Trata-se de reconhecer as condições materiais em processo, e não de supor um fim pré-determinado — ou seja, não é projetar teleologicamente o presente sobre o passado, mas apreender, de modo dialético, como a prática científica contém mais do que seus atores poderiam conscientemente formalizar em seu tempo.

Ao reconhecer a construção social das formas de pensamento, deve-se olhar para as determinações materiais estruturantes da organização dos sujeitos, cuja práxis objetiva as ideias. Vigotski observa que essas formas de pensamento, construídas de maneira sócio-histórica, têm sua dinâmica tensionada pela "concentração de ideias ao redor de dois polos — o idealismo e o materialismo — que correspondem aos dois polos da vida social" (Vigotski, 2022, p.56). A partir daí, é possível reconhecer as formas do pensamento e sua validação como expressões das estruturas e contradições históricas que atravessam as sociedades em sua práxis.

Nisso incluem-se as contradições que se impõem tanto no plano natural quanto no social. Dentro desse último aspecto, as contradições introduzidas pela propriedade privada dos meios de produção têm na luta de classes sua forma de mediação histórica. E, por serem sócio-históricas, essa mediação também estrutura as formas de pensamento. Por exemplo, somente em determinadas formas sociais, ao observar certas relações, tornam-se possíveis e inteligíveis analogias tais como "abelha rainha", "macho alfa/dominante" e "gene egoísta".

Há processos reais em jogo, mas a forma de apreensão desses processos não é neutra nem homogênea, constituindo-se sócio-historicamente e, nesse processo, sendo atravessada por determinações políticas que organizam sua produção, validação e generalização. As aparências acabam por ser interpretadas como determinações fundamentais. De modo que uma forma de descrição (epistemológica) pode passar a ser tratada como se fosse a própria determinação do real (ontológica).

Nesse processo, ocorre uma relação dialética entre a infraestrutura (forças produtivas e relações de produção) e a superestrutura (Estado, mercado, ciência, entre outros). Os grupos que desenvolvem intuições afins e teorias afins — para práticas afins — se organizam e são organizados. Ainda que possa ser disputado, pela própria estrutura da propriedade privada, do mercado e do Estado — de maneira direta ou indireta — a classe com poder hegemônico estruturalmente hegemoniza também as formas de organização e de validação do pensamento.

Por exemplo, entre os anos 200-100 a.C, apesar da classe dominante grega antiga, por seu modo de produção, construir um dispositivo como a Máquina de Anticítera (um computador analógico), não desenvolveu nem generalizou um tear automático ou algo como uma pianola. Esse sujeito social reconhece com Aristóteles (2002, p.16) que "se a lançadeira tecesse sozinha a tela, se o arco tirasse sozinho de uma cítara o som desejado" a sociedade não precisaria mais de amos e escravos, e esta condição era considerada natural.

Essa contradição demonstra que não foi por limitação técnica, mas porque materialmente não se colocava como um problema. Não se constituía hegemonicamente um sistema de práticas sociais que exigisse, sustentasse e reproduzisse a automatização do trabalho têxtil, nem como problema técnico relevante. Para essa racionalidade, as formas de pensamento que levariam a cogitar sobre esses instrumentos seriam perda de tempo ou fantasia — ou seja, irracional. Da mesma forma, a ausência do número zero nessa sociedade não se dá porque não "descobriram ainda", mas porque a sua concepção não se colocava como necessidade sócio-histórica, inclusive encontrando resistência à sua adoção caso fosse proposto (Seife, 2000).

Mas se houve resistência, é porque houveram forças em contrário. Nesse sentido, tendo a determinação da propriedade privada dos meios de produção como aquela que hegemoniza as relações sociais, a mediação dessa contradição (a luta de classes) se ramifica na superestrutura como uma gama de contradições, incluindo a *luta de paradigmas* como sua mediação. Assim, podemos ressignificar e englobar o conceito de "paradigma" de Kuhn (1996, p.10) em chave materialista histórica e dialética, de maneira que:

> Paradigma é a matriz formada por problemas, analogias e método, considerados legítimos por um determinado grupo, formando a base de seu discurso para analisar, debater, desenvolver e justificar as ideias a respeito de como o mundo deve funcionar e orientar para práticas de acordo (Chaib, 2024, p.46).

Esta é a definição que tomaremos neste trabalho. Portanto, a mediação dessas contradições não se manifesta politicamente apenas em financiamentos ou movimentos e disputas diretas do Estado, de instituições científicas, em redes sociais de cientistas e do mercado, mas também em critérios ontológicos e epistemológicos.

Reconhecer a historicidade do conhecimento, então, não implica admitir um relativismo subjetivo, isto é, negar a existência de uma realidade objetiva ou confundir as diferentes formas de apreensão dessa realidade com a existência de diferentes verdades. Também, não implica em admitir que existe uma essência de um conhecimento puro ou com mais valor, para qual a humanidade ruma conforme a "história passa". Trata-se, ao contrário, de reconhecer que os modos de produção do conhecimento, seus métodos e suas categorias conceituais se estruturam historicamente com o modo de produção da vida material, estruturando também as formas pelas quais a realidade é apreendida.

A aproximação com a realidade objetiva não constitui uma necessidade interna enquanto propriedade universal do conhecimento. Assim, não confundimos o termo "válido" como sinônimo de "verdadeiro". O que é verdadeiro diz respeito à manifestação da realidade objetiva, o que não se aplica diretamente às formas de pensamento. Uma vez que a realidade objetiva não depende da vontade dos sujeitos, as contradições materiais levam, de forma estrutural, diferentes sujeitos sócio-históricos a buscar ou a evitar métodos de aproximação do pensamento com essa realidade, sobretudo quando se trata de confrontar o que se toma como "natural".

Nesse sentido, pensar a experiência sensível a partir da recusa ou do reconhecimento da realidade objetiva não é apenas uma questão abstrata, mas um problema que se manifesta concretamente nas práticas, pois uma teoria é um guia para a ação. Como vimos, essa tensão atravessa o próprio pensamento de Ampère quando ele polemiza com Kant (Hofmann, 1995, p.146-147).

Para superar o feudalismo, existiram formas de pensamento revolucionárias que a burguesia fez praticar, desenvolvendo formas materialistas de análise compatíveis com suas estruturas sócio-históricas. E esse sujeito sócio-histórico deixa de reconhecer esse método quando suas relações se movem para a reprodução do modo de produção vitorioso (Marx e Engels, 1971; Engels, 1970). De maneira estrutural, tornam-se hegemônicas as formas de pensamento e consciência que dialogam com a sua identidade e reproduzem a sua hegemonia. E ainda que possam ser considerados legítimos em algum grau — pela própria necessidade do modo — os métodos que buscam fazer a prática operar como critério primeiro de validação são ressignificados como secundários (Lénine, 1982). Mas nem por isso a forma hegemônica é homogênea e monolítica, ela tem suas contradições internas.

Igualmente, o método que tem seu marco em Marx e Engels é aqui compreendido como uma forma histórica surgida das contradições sociais do atual modo de produção, mas na busca de sua superação. E, como tal, também comporta contradições dentro de si a serem superadas dialogicamente. Nesse sentido, não se apresenta como um ponto de chegada do conhecimento — não é uma etapa — mas como expressão de um momento histórico em que uma determinada forma de análise da realidade objetiva se torna necessária para um determinado sujeito sócio-histórico. Sua própria superação está vinculada à superação das contradições materiais que lhe dão origem.

Se, por um lado, Lakatos (1970) postula a existência de uma racionalidade e a irracionalidade enquanto polos universais e excludentes, no quadro aqui proposto pode-se vê-los como aparências de momentos contraditórios de uma mesma totalidade histórica. A racionalidade como uma forma social concreta, produzida e reconhecida por sujeitos na interlocução social que se realiza como justificativa e guia de sua práxis coletiva; o irracional como a forma que não encontra interlocução nessa práxis. Por exemplo, a racionalidade do colonialismo inglês e sua prática podia aparecer como universal e *científica* para alguns, enquanto para os sujeitos que não encontravam (e não encontram) qualquer interlocução com ela surgia como uma prática e discurso sem sentido. Para um exemplo mais explícito no campo da ciência, vale a pena citar o seguinte trecho do materialista Denis Diderot (1713-1784) que ilustra a falta de interlocução da posição de D'Alembert (1717-1783) com a visão de interação direta entre os corpos:

> D'Alembert – Confesso que é difícil aceitar um ser que existe em algum lugar e não corresponde a nenhum ponto no espaço; que é inextenso e ocupa a extensão, e que se encontra inteiro em cada parte dessa extensão; que é essencialmente diferente da matéria, mas está unido a ela; que a segue e a move, sem se mover; que age sobre ela e sofre cada uma de suas vicissitudes; um ser do qual não tenho a menor ideia, e de uma natureza tão contraditória. Mas, outras obscuridades aguardam aquele que o rejeita; pois, afinal, se essa sensibilidade pela qual você o substitui é uma qualidade essencial da matéria, então segue-se que a pedra sente.
>
> Diderot – E por que não?
>
> D'Alembert – É difícil acreditar nisso.
>
> Diderot – Sim, é difícil para quem a serra, entalha, tritura e não a ouve gritar (Diderot, 2023, p.31).

A última resposta de Diderot torna difícil ignorar a dimensão política de uma antologia: tal como D'Alembert rejeitava a sensibilidade da matéria porque não "a ouve gritar", a aristocracia não ouvia o povo. Reduzir diferenças ontológicas a "diferenças de abordagem" esvazia sua dimensão política (Mészáros, 2004, p.245). Por isso, reconhecer ou não uma ontologia e uma epistemologia também é um ato político.

Assim, a irracionalidade diagnosticada por Lakatos surge quando determinadas práticas na dinâmica material do conhecimento não encontram interlocução com a idealização metodológica que ele adota como modelo. Nele, estruturalmente a forma da ciência do pós-guerra aparece como a etapa mais desenvolvida de uma suposta racionalidade universal. Isto porque, fora de uma visão sócio-histórica, as formas hegemônicas de racionalidade tendem a aparecer como universais para os sujeitos que as reproduzem (Mészáros, 2004, Cap. 4 e Cap. 6.). Retira-se o aspecto sócio-histórico do desenvolvimento das forças produtivas e de suas necessidades instrumentais — tal como um profundo formalismo matemático — e confunde esse desenvolvimento com uma pretensa evolução progressiva de um espírito humano universal.

Por fim, levando tudo isso em conta, observa-se que o movimento dos paradigmas — tal como definido acima — é um processo de disputa enraizado nos elementos sócio-históricos que necessitam, geram, promovem e sustentam uma dada cosmovisão complexa — sua ontologia, analogias, formalizações, categorias e critérios. E o paralelo heurístico de Kuhn entre revoluções

científicas e revoluções políticas (nascem de crise, exigem escolha entre alternativas incomensuráveis, envolvem adesão e disputa de legitimidade) se dá por serem determinados objetivamente pelas contradições materiais que se estabelecem após a propriedade privada. Daí a adesão a um paradigma não estar na quantidade, mas na qualidade das previsões acertadas (Kuhn, 1996, p.17). E as distorções históricas detectadas por Kuhn (1996, p.140) em apresentações historiográficas irem além de questões pedagógicas que, como veremos, surgem estruturalmente para atribuir o aspecto idealizado de racionalidade imparcial à síntese científica hegemônica e sua evolução.

Por isso, para o materialismo histórico e dialético, a superação do pensamento hegemônico necessita dar primazia ao critério da prática. Não é por convenção histórica arbitrária, mas uma necessidade objetiva do uso de um critério externo às opiniões e intuições para o exercício da crítica e autocrítica — uma vez que seus sujeitos são sócio-históricos. Assim, o critério da prática — a práxis, o experimento e a experiência sensível — enquanto critério de verdade se realiza enquanto tal quando articulado à depuração de abstrações (a Navalha de Ockham) e à reconstrução material das determinações (o "concreto pensado"); movimento que, como veremos, Ampère soube realizar.

A Navalha de Ockham e o concreto pensado: a síntese materialista

A Navalha de Ockham

Toda teoria é uma relação construída entre um conjunto de fenômenos e um conjunto de hipóteses. Estas últimas são construções subjetivas — analogias, abstrações e intuições — forjadas socialmente e historicamente. Do ponto de vista materialista, se a matéria e suas relações têm primazia ontológica — mais fundamental que sensações e ideias —, conclui-se que entre duas teorias divergentes que modelam os mesmos efeitos, aquela com *o menor número de suposições e abstrações* será a mais próxima da realidade objetiva. Isso é o princípio da navalha de Ockham, cuja ênfase "na eliminação de entidades supérfluas contribuiu para uma ontologia mais empirista e menos inflacionária" (Goddu, 2008). Se é possível explicar com menos categorias abstratas, escolher mais é apenas pelo desejo de que mais existam.

Mesmo que Guilherme de Ockham (1285-1347) estivesse limitado pela condições objetivas sócio-históricas é importante perceber que ao tratar de movimento, tempo e lugar: "ele tratou todos os três como termos conotativos, o que resultou na eliminação da discussão sobre eles como coisas individuais que existem independentemente das coisas em movimento, no tempo e no lugar" (Moody, 2008), o que marca um movimento materialista[4].

4 Por conta das distorções é importante destacar. Esse método não deve ser confundido com um "princípio de simplicidade" ou um "princípio de economia do pensamento". A escolha não é motivada por questões psicológicas de facilidade, nem de beleza subjetiva. O rigor de uma teoria não está em quantas equações ela manipula, não está em ser "mais intuitiva", nem na "elegância" de sua formulação. Está no quanto ela consegue explicar com o mínimo de pressupostos arbitrários se comparada com outra. É uma forma epistemológica de depuração de abstrações em vistas de melhorar a representação do real. Alguém que busque uma conciliação pode defender que "nem sempre" se deve aplicar a navalha de Ockham, mas é um erro lógico pois, ao escolher quando usar a navalha, deixa-se a intuição e o subjetivo ficar acima do objetivo, o que vai contra o princípio básico do método de Ockham.

E, como afirmado, tanto reconhecer como assumir essa epistemologia é uma posição política, inclusive do próprio Ockham (Moody, 2008). Ao depurar abstrações, uma teoria põe em questão a visão idealista ou metafísica dominante, explicando porque tantas vezes esse princípio é distorcido, minimizado ou rejeitado.

Assim, o materialismo não nasceu de mentes "geniais" — ou "maquiavélicas" —, é um produto histórico por necessidade social. A navalha de Ockham se insere em uma tradição metodológica que historicamente compõe a episteme do materialismo: da formulação escolástica de Ockham em Oxford, os atomistas como Joachim Jung (1587-1657) e Thomas Hobbes (1588-1679) (Moody, 2008), a sistematização das *Regras de Filosofia* de I. Newton (1643-1727) (Newton, 1848, p.384) e chegando tanto a Diderot como a Ampère.

O concreto pensado

O ponto de partida da investigação é sempre o fenômeno tal como se apresenta à sensibilidade e à experiência. *Por outro lado, a objetividade do mundo também precede as sensações*. Para alcançar o concreto, é preciso decompor o fenômeno em suas determinações simples e depois reconstruí-lo como totalidade compreendida.

> Assim, se começássemos pela população, teríamos uma representação caótica do todo e, por meio de uma determinação mais precisa, através de uma análise, **chegaria a conceitos cada vez mais simples**; do concreto idealizado **passaríamos a abstrações cada vez mais tênues, até atingirmos determinações as mais simples**. Chegados a esse ponto, teríamos que voltar e fazer a viagem de modo inverso até dar de novo com a população, mas desta vez não como uma representação caótica de um todo, mas como uma rica totalidade de determinações e relações diversas. [...] O concreto é concreto porque é a síntese de múltiplas determinações, isto é, unidade no diverso. Por isso o concreto aparece no pensamento como o processo da síntese, como resultado, não como ponto de partida, ainda que seja o ponto de partida efetivo e, portanto, o ponto de partida também da intuição e da representação. [...] o método que consiste em elevar-se do abstrato ao concreto não é senão a maneira de proceder do pensamento para se apropriar do concreto, **para reproduzi-lo como concreto pensado** (Marx, 1982, p.14, ênfase nossa).

A possibilidade de uso das determinações fundamentais e suas relações, estruturantes, de maneira geral, nas estruturas, é o que implica na capacidade preditiva. E nesse movimento de ida e volta — da aparência caótica ao concreto pensado — existe um processo de depuração na busca de determinações mais fundamentais (simples), mas sem descartar as aparências. Estas são recolocadas em seu devido lugar, são ressignificadas e integradas criticamente como momentos derivados de uma totalidade reconstruída — tal como Ampère fez, como veremos, ao reinterpretar o polo magnético como expressão da interação entre correntes elétricas.

Marx sistematiza esse método a partir de um movimento histórico já em curso, na necessidade de superar o materialismo contemplativo, o idealismo especulativo e o realismo ingênuo[5], sendo este último objeto de crítica do fundador da eletrodinâmica (Ampère, 1826, p.4-6,105-127,151-178).

5 O realismo ingênuo (Lénine, 1982, p.46 e 51) designa uma convicção da objetividade do mundo, mas concebida

Por fim, a navalha de Ockham e o movimento do concreto pensado não aparecem aqui como procedimentos independentes, mas como momentos de um mesmo processo materialista histórico e dialético de depuração das abstrações e a reconstrução das determinações reais na forma de uma síntese.

Esses elementos permitem reinterpretar a construção da eletrodinâmica de Ampère para além das leituras tradicionais (Whitaker, 1910; Blondel, 1982; Darrigol, 2000).

Ampère, a navalha de Ockham e a historicidade da ciência

Passamos agora à reconstrução da obra de Ampère do ponto de vista ontológico e epistemológico. Essa reconstrução não substitui a análise das condições materiais mais amplas de produção e recepção da obra de Ampère, mas permite identificar como tais condições se expressam nos próprios critérios ontológicos e epistemológicos em disputa.

Para demarcar essa disputa, vale a pena destacar que o termo "eletrodinâmico" foi forjado pelo próprio Ampère para *contrapor* o termo "eletromagnético" de H. C. Oersted (1777-1851). E isso não é preciosismo.

> [...]; quem não pesquisa ou descobre algo novo não consegue entender por que pesquisadores introduzem novas palavras para novos fenômenos. Para alguém que não tem perspectiva própria sobre as coisas e aceita igualmente Spinoza e Husserl, Marx e Platão, considerar a substituição de um termo como essencial é uma pretensão vã. Quem assimila ecleticamente — por ordem de aparecimento — todas as escolas, correntes e tendências existentes na Europa Ocidental precisa de uma linguagem cotidiana confusa, indeterminada, niveladora [...] Podemos dizer de antemão que *a palavra, ao nomear um fato, proporciona ao mesmo tempo a filosofia do fato*, sua teoria, seu sistema (Vygotski, 2022. p.119-120).

A atração e repulsão entre correntes elétricas demonstradas por Ampère, o efeito *eletrodinâmico*, **não estão** necessariamente relacionadas com as causas contidas no experimento de Oersted, da interação da bússola com um fio conduzindo corrente elétrica. Ora, uma barra de aço macio interage magneticamente com uma bússola, mas não com outra barra de aço macio. Assim, a ação eletromagnética da corrente elétrica com o ímã poderia só aparecer na presença deste; e os fios condutores poderiam nunca mostrar interação direta. Oersted sequer cogitou efeitos entre correntes elétricas por acreditar que seu "conflito elétrico" interagia apenas com os polos da bússola (Martins, 1986; Ørsted, 1986).

Igualmente, assumir que a força entre dois fios com corrente elétrica (eletrodinâmica) tem a mesma natureza da força entre dois ímãs (magnética), ou entre um ímã e uma corrente elétrica (eletromagnética) é uma extrapolação. Essas interações poderiam muito bem ser três tipos de

---

de modo imediato, como se a realidade coincidisse diretamente com a sensação. Tende a confundir a imagem sensível com a própria objetividade material. Para se manter nesse sentido, o realista ingênuo tende a assumir uma postura pragmática sobre a filosofia ou mesmo antifilosófica. Nessa categorização podemos enquadrar Biot (Hofmann, 1995, p.146) e Faraday — o qual declara que é "naturalmente cético com relação a teorias filosóficas" (Faraday, 1971, p.123) e se atém apenas na "observação dos fatos" e nas imagens experimentais (Darrigol, 2000 p.38-39).

forças de naturezas diferentes. Por outro lado, se são da mesma natureza, qual seria a causa mais fundamental e qual a causa derivada?

Antes, voltemos para 1820, quando o Experimento de Oersted demonstrou um torque da agulha de uma bússola por uma corrente elétrica paralela ao eixo de seus polos magnéticos. O que surpreendeu foi que ela não se aproxima nem se afasta do fio, o desvio da agulha está contido em um plano paralelo ao fio condutor. *Este é o fenômeno tal como se apresenta à sensibilidade*.

Mesmo J.-B. Biot (1774-1862) e M. Faraday (1791-1867) adotando diferentes hipóteses, ambos caracterizam um realismo ingênuo, assumindo, pela impressão imediata, a existência de um torque intrínseco[6] entre o fio conduzindo corrente elétrica e polo magnético.

Ampère tomou outro caminho:

> A primeira reflexão que fiz quando desejei procurar as causas dos novos fenômenos descobertos pelo Sr. Oersted, foi que **a ordem [histórica] pela qual se descobrem dois fatos não interfere em quaisquer conclusões a que se possa chegar a partir das analogias que eles apresentam**. (Ampère, 1820b, p.202, ênfase e colchetes nossos.)

Tendo em vista a regra newtoniana onde "para os mesmos efeitos naturais, devemos, na medida do possível, atribuir as mesmas causas" (Newton, 1848, p.384), acompanhemos o raciocínio de Ampère (1820b, p.202-203, 207): se tivéssemos *primeiro* observado o torque de um fio conduzindo corrente elétrica sobre a agulha (experimento de Oersted) e só *depois* o torque da Terra sobre a agulha, *não seria mais simples* supor correntes elétricas no interior da Terra? Como uma agulha exerce torque sobre outra, poderia então o magnetismo ser efeito de correntes elétricas?

Por mais que ele tenha considerado natural entre seus pares, esta "primeira reflexão" de Ampère enuncia um método que atende à Navalha de Ockham enraizado na historicidade da ciência: revisitar os fenômenos por uma ordem diferente *da ordem histórica das descobertas* e revisar criticamente os modelos em busca de uma explicação global e com menos abstrações (mais simples). Isto revela uma consciência de que as teorias são produtos não só de seu *contexto*, mas também de seu *percurso* histórico. Não há dúvidas que, além de conter movimentos de materialismo e dialética, *seu método também tem um movimento que é histórico*.[7]

Leituras historiográficas como a de Darrigol (2000, p.38), ao caracterizarem esse raciocínio como "retórico", operam a partir de critérios que não reconhecem esse movimento como constitutivo de uma epistemologia física. Ampère não faz essa diferença entre física e filosofia, esta última é um guia para a ação.

O método de Ampère não leva à constatação de uma verdade absoluta, *mas à formulação de uma hipótese a ser verificada pelo critério da prática*. Se correntes elétricas se atraem ou repelem e se houver correntes no interior da agulha magnética, o ímã deveria ser atraído ou repelido pelo fio. Ao pendurar verticalmente um ímã próximo a um condutor horizontal,

6 Esse torque intrínseco é o que se denomina hoje como "terceira lei de Newton na forma fraca" — embora por essas formulações existam experimentos em que se deve interpretar que um elemento age sem sofrer reação (Ampère, 1826, p.177).

7 O passo seguinte seria admitir que a mente e a ciência têm formação histórica na materialidade da prática social, mas esse passo epistemológico é um passo político muito largo para Ampère.

observou de maneira inédita a atração e repulsão entre eles. O passo decisivo foi o primeiro experimento eletrodinâmico, a atração e repulsão entre correntes elétricas em espiral (Ampère, 1820b, p.202 e 208).

Nesse quadro, o magnetismo aparece como efeito derivado da interação entre correntes e os polos são efeitos aparentes de determinações mais fundamentais.[8] Ampère, então, reproduz todos os efeitos magnéticos e eletromagnéticos conhecidos por análogos eletrodinâmicos. E desenvolve um experimento eletrodinâmico que não tem análogo: a ponte de Ampère (Ampère, 1822a, p.420-421).

Mesmo antes, em face dos resultados positivos do conjunto de experimentos feitos nos quatro meses finais de 1821 escreve:

> É assim que, de duas hipóteses que servem para explicar um certo número de fenômenos, aquela da qual só se pode dar razão esforçando-se para fazê-la concordar com eles, é ordinariamente desmentida por outros fenômenos cuja descoberta o tempo sucessivamente traz; e aquela, ao contrário, que é, por assim dizer, apenas a expressão das verdadeiras relações dos fatos que ela explica, encontra-se confirmada cada vez que a experiência nos dá a conhecer novos [fatos] (Ampère, 1822b, p.66).

Discutindo que, de duas teorias, aquela que necessita de menos suposições arbitrárias para a sua manutenção na medida que aparecem fatos novos é a que deve ser a mais próxima da representação das "verdadeiras relações" (a realidade objetiva).

Vale lembrar que Ampère estabeleceu essa identidade quantitativamente também, deduzindo pela primeira vez na história que a área de um circuito vezes a intensidade de corrente que o percorre equivale ao momento de dipolo magnético coulombiano[9]. Ao reduzir os fenômenos a uma determinação mais fundamental arrebata de maneira "ockhaniana":

> É esse hábito de multiplicar, como se diz, os entes sem necessidade que levou, durante algum tempo, a admitir na física um fluido luminoso distinto daquele ao qual se atribuíam os fenômenos do calor; é ele [*este hábito*] que ainda hoje leva a supor dois fluidos magnéticos diferentes dos dois fluidos elétricos, embora esteja demonstrado que a eletricidade, ao mover-se ao redor das partículas dos corpos imantados exatamente como se move no condutor voltaico, e exercendo aí, por conseguinte, a mesma ação, deve necessariamente

8 E para apontar que esta questão ainda está em aberto, vale a pena citar a posição cética de J. D. Jackson a respeito do spin e seu momento de dipolo magnético como entidade intrínseca: "Usando apenas ideias básicas de eletricidade, magnetismo e mecânica quântica elementar, [...] Todos os momentos magnéticos intrínsecos conhecidos (de elétron, múon, próton, nêutron, núcleos) são causados, com altíssima precisão, por correntes elétricas circulantes e não por cargas magnéticas.[...] Normalmente, os livros são um pouco vagos sobre a natureza desses momentos magnéticos intrínsecos, deixando a palavra 'intrínseco' implicar que está além do conhecimento atual ou não é da sua conta, ou ambos" (Jackson, 1977, p.iii e 1). Para outros trabalhos sobre o assunto ver Oudet (2009) e Olavo (2015). Para a questão da história do spin sugere-se ler o artigo de Gomes e Pietrocola (2011) e de Chaib e Santos (2017). Ainda, a força de Weber, da qual se reduz à força de Ampère, prevê uma estrutura estável de partículas com carga líquida diferente de zero (Assis, Wiederkehr, e Wolfschmidt, 2014).

9 Ou seja, $p \cdot \ell = i \cdot A$ (atualmente se escreve $\mu = i \cdot A$); onde "p" designa a carga magnética, "ℓ" o tamanho do dipolo magnético, "i" a intensidade de corrente elétrica, "A" a superfície plana determinada pelo circuito e "μ" designa o momento de dipolo magnético.=

> produzir efeitos completamente idênticos àqueles que se atribuem ao que se chama moléculas de fluido austral e de fluido boreal (Ampère, 1824, p.60, ênfase nossa).

Autocrítica, os casos de equilíbrio e o concreto pensado

O método do materialismo histórico e dialético tem como elemento de depuração interna a necessidade da autocrítica: "Reconhecer francamente um erro, averiguar as razões do mesmo, analisar as condições que o levaram a tal e procurar meios para a sua retificação" (Lenin, 1964, Cap.7) é uma postura tanto científica como política. A autocrítica no confronto com a prática, com a experiência, deve ser flexível na forma *para* ser rigorosa no método[10]. O erro não é fonte de ruptura, pois não nega o método, e se torna ciência quando passa por análise crítica e gera uma mudança qualitativa. Do contrário, o erro se repete mesmo que sob nova forma. Veremos que este foi o caso com Ampère.

Autocrítica e método

Ampère partia, como todo cientista, de analogias e expectativas. E não desconsiderava a importância do resultado experimental. Em janeiro de 1821, fracassou em uma previsão experimental feita a partir de uma expressão que considerava completa. Onde esperava um torque diferente de zero, observou equilíbrio (Blondel, 1982, p.98). Com saúde delicada, isto o fez diminuir consideravelmente suas pesquisas em eletrodinâmica e não voltou a falar de sua expressão de força (Blondel, 1982, p.103, Assis e Chaib, 2015, p.119).

Embora tenha usado outro experimento que também resultou em equilíbrio para obter uma expressão matemática geral com parâmetros livres, Ampère ainda não compreendia seu alcance metodológico. Buscava um instrumento eletrodinâmico sensível o bastante para interpolar dados, mas sem recursos para isso.[11] Assim, usou de sua intuição para atribuir valores e eliminar termos de sua expressão geral, o que implicou em previsões equivocadas.

Como matemático de carreira e se desviando da trajetória epistemológica típica da maioria dos físicos franceses, financiou pessoalmente a quase totalidade de seus experimentos e publicações. Sem acesso livre a laboratórios institucionais como Biot e Faraday, não tinha como voltar à oficina quando *alguns* experimentos não apresentavam sensibilidade exemplar e frequentemente enfrentava o ceticismo de um público incrédulo e, ocasionalmente, cruel ao apresentar seus experimentos (Darrigol, 2000, p.14).[12]

10 Para dar mais elementos à tese aqui, é possível também discutir a forma dialética como Ampère foi flexível na forma newtoniana justamente para ser rigoroso com o método newtoniano, o que fez com que colidisse com os dogmáticos Biot e Poisson (Assis e Chaib, 2015, p. 207; Blondel, 1982, p.106-107). Mas este trabalho iria ficar muito extenso.

11 Por exemplo, a primeira tentativa nesse sentido foi um experimento que revelou para Ampère — e para a cética comunidade acadêmica — a ação do magnetismo da Terra sobre um circuito fechado (Ampère, 1820b, p.183).

12 A dúvida é, obviamente, uma parte legítima do debate científico, mas é importante salientar que a construção experimental e teórica de Biot teve diversos erros e falta de detalhes (Hofmann, 1995, p.280-281; Assis e Chaib, 2015, p.237) e nem por isso ele foi alvo de tanto desdém. Esse ceticismo decorreu em grande parte

Considerando esse peso, o resultado contrário à sua previsão teve impacto profundo, até que os experimentos de rotação contínua de Faraday reacenderam sua investigação. O fenômeno era previsível mesmo pela versão incompleta de sua força eletrodinâmica. Além disso, previu e obteve um fenômeno que Faraday considerava impossível, a rotação do ímã ao redor do próprio eixo: o "motor de Ampère" (Assis e Chaib, 2012; Blondel, 1982, 114-115).

Inspirado por esses resultados, realizou um novo experimento em março de 1822. *Mais uma vez obteve resultado negativo*: onde esperava torque, observou equilíbrio. Desta vez, porém, *mudou sua posição epistemológica*, permitindo que esse resultado experimental, a prática, o guiasse (Hoffmann, 1982).

Esse resultado o fez dar um salto qualitativo, concebendo o "método dos casos de equilíbrio" (Assis e Chaib, 2015, p.89), a ser descrito na próxima subseção.

Por esse método, em junho de 1822, Ampère avançou mais um passo na dedução da força eletrodinâmica, correlacionando proporcionalmente os valores dos parâmetros *n* e *k*, mas, agora, sem impor seus valores, por não os ter determinado experimentalmente: "Qualquer que seja a força das analogias que levam a pensar que *n* de fato seja igual a 2, não há nenhuma prova deduzida diretamente da experiência [...]" (Ampère, 1822a, p.418). Este não era o Ampère de 1821.

Isso é importante, embora as analogias o fizessem intuir de uma maneira, *ele não descartou que a lei de força pudesse diferir do inverso do quadrado* — ao contrário do que muitas vezes se afirma (Darrigol, 2000, p.25). Também não descartou a nova consequência *contra-intuitiva* da repulsão colinear entre os elementos de corrente, que o levou a prever e executar o, já citado, experimento da "ponte de Ampère". Esse ano marca uma mudança qualitativa na postura epistemológica de Ampère que destoava dos demais, fruto da autocrítica, aprofundando o método[13].

O método dos casos de equilíbrio e o concreto pensado

Para a construção da relação proporcional entre as intensidades das grandezas que caracterizam um fenômeno, o método de interpolação[14] é o mais usado na física. Biot, por exemplo, definia esse processo como "uma espécie de adivinhação" (Biot, 1821, p.233).

Ampère (1822, p.400) encontrou outro caminho em 1822 que "consiste em verificar pela experiência que as partes móveis dos condutores estão, em certos casos, exatamente em equilíbrio entre forças iguais ou torques iguais" independentemente da forma do circuito — e contrastando com outra situação de movimento para afirmar que há equilíbrio de fato — para

da cosmovisão dos críticos que os impedia de aceitar a realidade dos resultados de Ampère (Williams, 1981, p.145).

13 O novo caso de equilíbrio viria em 1823 por seu discípulo Félix Savary (1797–1841), que desenvolveu o "caso de equilíbrio do anel toroidal" (Assis e Chaib, 2015, p.149) e contribuiu para resolver o sistema de equações pendente.

14 Coletam-se pares de valores experimentais, procura-se uma função matemática que ajuste os dados observados e, entre as hipóteses possíveis, seleciona-se a mais simples como primeira aproximação. E se o objetivo é descobrir a interação elementar entre as pequenas partes constitutivas dos corpos é preciso, a partir do ajuste de curvas, supor quais funções elementares quando integradas poderiam reproduzir as leis observadas nos fenômenos complexos. Mais uma vez, testa-se a função mais simples. É importante perceber que a escolha de uma função mais simples é apenas por praticidade matemática, nada tendo a ver com a navalha de Ockham.

enunciar uma *lei empírica*. Esta, J. Bertrand (1822 - 1900) posteriormente denominou como um "teorema experimental" (Bertrand, 1874). Tal como as leis de Kepler, consiste em uma relação matemática/geométrica puramente fundada na observação.

A cada passo da dedução, um novo "teorema experimental" é necessário até que, com um número suficiente de experimentos, Ampère mostrou ser possível deduzir diretamente a expressão da força entre elementos de correntes: a síntese que quando generalizada descreve o todo.

Esta ida-e-volta é o movimento do concreto pensado. Parte-se do real imediato e das mediações observáveis, realizando a análise em suas determinações parciais — reveladas nos casos de equilíbrio. O que garante a generalização da síntese é que ela não se limita a descrever particularidades empíricas, mas capta as determinações estruturantes do processo objetivo. Os casos de equilíbrio não fornecem apenas relações restritas ao arranjo. Por serem independentes da forma do fio, revelam relações essenciais entre grandezas fundamentais — intensidade de correntes, tamanhos, distâncias e orientações — que estruturam todas as manifestações eletrodinâmicas e se tornam determinações conceituais.

A síntese na fórmula de força revela algo que não está nas partes isoladas — tal como a repulsão colinear —, um salto qualitativo onde o todo é mais do que a soma das partes. É o motivo da força de Ampère ser uma expressão "a partir da qual todos os fenômenos podem ser deduzidos" (Maxwell, 1881, p.163).

Ampère percebe o rigor desse processo, e escolhe apresentar essa síntese na forma de sua obra magna (Ampère, 1826). Alguns podem acusar de mera retórica. Mas essa crítica não faz sentido pela raiz ontológica do método que o guia. O "concreto pensado" é validado pelo processo de síntese final e o critério da prática, não pelo caminho tortuoso que levou à sua depuração.

Luta de paradigmas e o critério da prática

Materialismo e ciência

Diante do exposto, torna-se necessário ressignificar "ciência", do ponto de vista materialista histórico e dialético, como forma de pensamento enraizada na práxis.

Todo modo de produção dado estrutura uma forma sócio-histórica *de organização das formas de consciência e da práxis, seja para a reprodução, seja para a superação desse modo*. Essa forma incide na infraestrutura (como na busca e uso de fontes de energia) e na superestrutura (como na compreensão do que é energia e na justificativa de sua busca e uso).

Os sujeitos sociais a reconhecem como racionalidade de sua época (e sociedade) quando ela se realiza e dialoga objetivamente no modo de produção em que está, *determinando também as formas de validação do conhecimento*. Essa forma sócio-histórica assume configurações distintas em diferentes modos de produção, sendo, no modo de produção atual, reconhecida como *ciência*.

Em qualquer um dos momentos em que essa forma se apresente, embora seus modelos possam ser fetichistas — ao reificar entidades imateriais ou atribuir essência ou intenção ao

que é fruto de relações — "são formas de pensamento socialmente válidas, por isso objetivas, para as relações de produção que caracterizam esse regime social de produção historicamente determinado" (Marx, 1990, p.82). Reconhece-se, assim, o fetiche nas ciências, mas se recusa o fetichismo da ciência — como um ente universal e autônomo — e as definições que fazem dela assim.

Por sua vez, a leitura teleológica da ciência opera uma reordenação retrospectiva de outras formas de pensamento, selecionando elementos que se alinham às práticas ditas "científicas" e classificando-os como "pré-científicos". Esse movimento se expressa na superestrutura como forma historicamente determinada das transformações que ocorrem no próprio modo de produção. As formas de pensamento que se apresentavam de maneira integrada passam a ser reconstruídas sócio-historicamente, desfazendo-se de elementos ambíguos e se estabelecendo como domínios separados — como "religião" e "filosofia" — pois sua forma original já não responde às exigências da reprodução do capital, ficando para a nova forma capitanear esse papel. Por isso, no quadro epistemológico adotado aqui, não faz sentido impor uma hierarquia entre as formas de pensamento válidas em diferentes modos de produção e, sobretudo, para diferentes modos de produção.

Assim, ao localizar materialmente a ciência como forma sócio-histórica vinculada ao modo de produção, observa-se que a mudança do conhecimento não é inerentemente "progressiva" seja por saltos qualitativos, seja por rupturas racionais. Dadas as contradições sócio-históricas, "não existe uma única metodologia fundamental da época. Na realidade, o que há é um sistema de princípios metodológicos em luta, profundamente hostis e auto-excludentes" (Vygotski, 2022, p.89). Uma teoria que não é hegemônica, não é necessariamente porque apareceram "outras melhores". Deve-se entender: melhor com relação ao que? E isso conduz à reflexão sobre a disputa historiográfica a seguir.

A tradição historiográfica iniciada por Maxwell

Se por um lado Ampère tinha simpatizantes, isso não se traduzia em força institucional. O apoio era disperso e pessoal. E desde o início, sua concepção foi alvo de críticas, distorções ou tentativas de apagamento (Blondel, 1982, p.106). Embora aprofundasse o materialismo no método newtoniano, seu contexto histórico era outro. Ainda assim, seus resultados eram inegáveis, como reconheceu Maxwell:

> A investigação experimental pela qual Ampère estabeleceu as leis da ação mecânica entre correntes elétricas é um dos feitos mais brilhantes na ciência. O conjunto de teoria e experiência parece como se tivesse pulado, crescido e armado, do cérebro do 'Newton da eletricidade'. Ele é perfeito na forma, e de precisão irrefutável, e está resumido em uma fórmula a partir da qual todos os fenômenos podem ser deduzidos, e que tem de sempre permanecer como a fórmula cardeal da eletrodinâmica (Maxwell, 1881, p.163).

A palavra cardeal, não é escolhida ao acaso. Explicita que ela deve ser um *norte* a ser seguido. Nesse sentido, Bertrand (1874, p.297) constata que "as leis descobertas por Ampère mantêm-se na ciência como uma base sólida e incontestável sobre a qual se apoiam com confiança os mesmos que tentam substituí-las por outras".

Não podendo contestar os resultados, a saída é modelar por uma outra explicação (Maxwell, 1881, p.253), ilustrando que a adesão a um paradigma pouco tem a ver com a quantidade mas com a qualidade dos acertos. Depois da declaração elogiosa, Maxwell segue:

> **Contudo,** o método de Ampère, embora moldado em uma forma indutiva, não nos permite traçar a formação das ideias que o guiaram. **Dificilmente podemos acreditar** que Ampère realmente descobriu a lei de ação [entre dois elementos de corrente] por meio das experiências que ele descreve. Somos **levados a suspeitar** que, de fato, **como ele próprio nos diz**, descobriu a lei por algum processo que ele não nos mostrou e que, quando construiu depois disto uma demonstração perfeita, removeu todos os traços do andaime através do qual ele a havia levantado.
>
> **Faraday, por outro lado** nos mostra seus experimentos infrutíferos assim como os frutíferos e suas ideias cruas assim como as desenvolvidas, e o leitor, embora inferior a ele no poder indutivo, sente **até mais simpatia que admiração**, e é tentado a acreditar que, se tivesse a oportunidade, ele também seria um descobridor. Todo estudante, portanto, deve ler a pesquisa de Ampère como um esplêndido exemplo de estilo científico na declaração de uma descoberta, mas também deve estudar Faraday para o cultivo de um espírito científico, por meio da ação e reação que ocorrerá entre os fatos recém-descobertos, conforme apresentados a ele por Faraday, e as ideias nascentes em sua própria mente (Maxwell, 1881, p.163, nossa ênfase e colchetes).

A escolha de palavras é importante. Aqui, Maxwell impõe uma dubiedade, uma "suspeita" sobre o trabalho de Ampère que "dificilmente podemos acreditar" e que *reduz a síntese de Ampère em seu livro a um mero artifício retórico*, um "estilo científico".

Vejamos o que Ampère realmente fala no trecho apontado por Maxwell:

> **Acredito que devo** observar ao terminar esta Memória, que ainda não tive o tempo de fazer construir os **instrumentos representados na Figura 4 e na Figura 20**. Portanto, as experiências para as quais foram destinados ainda não foram feitas. **Mas como estas experiências visam somente verificar resultados obtidos de outro modo** e que, por outro lado, seria útil realizá-las como uma contraprova das que forneceram estes resultados, acreditei que não deveria suprimir a descrição (Ampère, 1826, p.201, ênfase nossa).

O "outro modo" não se trata por "outro processo" de síntese, apenas "outro caso de equilíbrio". A Figura 4 trata do caso de equilíbrio da lei da semelhança, trazido para substituir o experimento desenvolvido por Savary — o caso de equilíbrio do anel toroidal. A Figura 20 se trata de um experimento secundário a fim extrapolar uma tabela de valores. Destaca-se que, ao reconhecer que não realizou apenas dois experimentos de todo o conjunto de seu livro, o fundador da eletrodinâmica admite implicitamente que realizou todos os demais.

Maxwell estabelece uma falsa dicotomia, pois Ampère não tinha intenção de mostrar como deduziu, mas *mostrar como deduzir*. A forma indutiva de Ampère foi também por necessidade epistemológica de se proteger. Faraday, altamente reconhecido por seus conterrâneos e chefe de laboratório, poderia permitir-se a exposição de incertezas, publicar seus erros e depois refazê-los. *Ampère, não*.

Esta negativa se confirma na própria forma como Maxwell se apropria da declaração honesta de Ampère para confirmar sua "suspeita" e exaltar a "transparência" de seu compatriota. É importante destacar que, nos livros didáticos da mesma época na França, era o experimento de Savary que se ensinava em sala de aula (Verdet, 1868). O mesmo experimento que Bertrand (1874) usou na nova forma de dedução em 1874 — sem sequer se referir ao caso que Ampère sugeriu para substituí-lo. Maxwell não estaria ciente disso?

A exposição de Maxwell cria um marco para uma leitura historiográfica da eletrodinâmica. Nesse prisma, Faraday e Ampère seriam complementares: Ampère, o retórico sistematizador-matemático e Faraday, o transparente explorador-empírico. Esta leitura historiográfica também é paradigmática, por favorecer uma dada ontologia e epistemologia em detrimento de outra. Força-se para distorções históricas e perde-se a diferença ontológica. Oculta-se a disputa de paradigmas mesmo que ela esteja saltando aos olhos.

Se tomamos a ontologia como critério, observa-se metodologias excludentes. Ampère se aproxima do materialismo histórico e dialético e do movimento do "concreto pensado", enquanto o inglês apresenta traços de um realismo ingênuo nas suas linhas de força e o torque intrínseco. Faraday reconhece a objetividade da natureza, mas não formula uma crítica filosófica explícita sobre a relação entre sensação, imagem experimental e realidade objetiva. Pelo contrário, declara que é "naturalmente cético com relação a teorias filosóficas" (Faraday, 1971a, p.123). Descartando a síntese e os argumentos de Ampère, tal como a conservação das forças vivas — o trabalho em um caminho fechado — e impossibilidade de um corpo sólido mover-se devido a forças internas (Ampère, 1822b, Ampère, 1936; Assis e Chaib, 2015, p.244-248) como apenas "matemática" (Faraday, 1971b, p.132).

Por outro lado, a abordagem historiográfica cumulativa e complementar é endossada, por exemplo, no livro *Electrodynamics, From Ampère to Einstein* (Darrigol, 2000). Ao não reconhecer a mudança qualitativa epistemológica de Ampère em 1822, Darrigol (2000, p.25 e 30) vê apenas um ajuste de contas "que o redirecionaram para o método de nulo" e "o desenvolvimento de novas técnicas matemáticas". Mas, como vimos, *a questão não foi meramente formal*. Basta relembrar que em 1821 Ampère quase abandonou sua teoria por uma discordância experimental. E esse mesmo resultado inesperado — e que Darrigol não alude — *poderia ter sido seu segundo caso de equilíbrio* para a dedução correta (Hoffmann, 1982, p.454-462; Assis e Chaib, 2015 p.115-117). O que não aconteceu por ter outra compreensão epistemológica: nessa época a intuição de Ampère sobrepunha à prática, em 1822 não mais.

Darrigol (2000, p.30), então, é forçado a defender que Ampère usou dos experimentos apenas para "suportar as suas convicções" e que mesmo assim lhes "faltam precisão e flexibilidade". Por outro lado, para além da construção da espira astática para aumentar a sensibilidade experimental (Blondel, 1982, p.104; Assis e Chaib, 2015, p.90), Ampère, na segunda edição de seu livro[15], adiciona uma nota reconhecendo a falta de sensibilidade no novo terceiro caso de equilíbrio e recomendando a execução do original "que não apresenta os mesmos inconvenientes" (Ampère, 1826, p.205). Ao reconhecer a falta de sensibilidade em *um* experimento em

15 Sabe-se que apesar das datas de publicação, a edição publicada em 1826 foi escrita depois da publicada em 1827 (Assis e Chaib, 2015, p.325).

especial, implicitamente reconhece que os outros eram sensíveis o suficiente. Darrigol (p.28) aponta a falha, mas não a correção.[16]

Se Ampère estivesse guiado por sua intuição e os experimentos não fossem precisos, ele não teria motivos para mudar sua postura em 1822. A interpretação apresentada por Darrigol não pode ser explicada apenas por limitações documentais ou por ausência de evidência disponível à época. Os próprios elementos discutidos anteriormente permitem uma reconstrução alternativa consistente, o que indica que a divergência não se situa no plano factual, mas no nível dos pressupostos que orientam a leitura historiográfica. Assim, em sua essência, a questão raramente foi, e hoje muito menos é, a falta de sensibilidade experimental. Essa leitura se ancora em pressupostos ontológicos específicos sobre a natureza da interação eletrodinâmica, que delimitam o que pode ser reconhecido como explicação legítima. Nesse sentido, a divergência não é meramente interpretativa, mas expressa uma posição no interior da disputa de paradigmas.

A 3ª Lei de Newton e o Critério da Prática

Antes da publicação de Maxwell, H. Grassmann (1809-1877) propôs uma expressão para a força entre elementos de corrente diferente da força de Ampère. Ao defender a sua proposta, acusa a expressão de Ampère de complexidade matemática, falta de coerência com a intuição e, acima de tudo, Grassmann (1965, p.202-203), diz que admitir a ação e reação ao longo da linha que une os elementos de corrente — o que hoje é chamado de 3ª lei de Newton "na forma forte" — foi uma suposição arbitrária que Ampère se viu "obrigado" a fazer por ser vista como "muito simples e natural", e este seria o grande demérito de seu trabalho. Outras historiografias irão repetir esse argumento (Darrigol, 2000, p.26 e 38; Whittaker, 1910, p.90).

Grassmann, então, propõe o torque intrínseco entre os elementos de corrente e afirma (1965, p.202): "Portanto, será minha tarefa derivar a nova explicação e a de um físico experiente testá-la experimentalmente". Assim, empregou um princípio "contra a arbitrariedade" para desqualificar a força de Ampère sem um fenômeno que sustentasse sua escolha e sem uma discussão epistemológica que explicasse porque implementar o torque intrínseco é "menos arbitrário". Até hoje ninguém o fez.

Apliquemos o método que Ampère usou sobre as ordens das descobertas. Se alguém conhecesse primeiro o experimento de Ampère de *atração e repulsão* entre a agulha magnética vertical e o fio horizontal. Qual seria a razão para entender a interação fundamental entre eles como um torque intrínseco, se não há nenhuma configuração de força equivalente na natureza? Observar o experimento de Oersted como causa fundamental da interação entre o ímã e a corrente, e não como uma causa derivada, somente porque foi o primeiro fenômeno a ser visto no percurso histórico, isto seria incutir nesse percurso uma linha racional universal apenas pelo desejo de ser assim.

16 Os casos de equilíbrio tinham como efeito esperado ou as oscilações ao redor de uma posição de equilíbrio — e não imobilidade total —, ou contrastavam com outra variação experimental onde a parte móvel do circuito saía do repouso. Isto garantia que, embora presente, o atrito não era fonte da imobilidade imediata. E embora algumas preocupações possam ser justificadas, é importante frisar que os torques dissipativos exclusivamente mecânicos, como o do atrito, são independentes de variáveis eletrodinâmicas. Portanto, se os efeitos de equilíbrio viessem do atrito, eles dependeriam de variáveis como o formato do fio ou intensidade da corrente, já que o torque do atrito é independente desses fatores, enquanto o torque eletrodinâmico resultante não é.

Vimos pelas palavras de Maxwell que a força de Ampère deduz "todos os fenômenos"; ao mesmo tempo que a força de Grassmann é uma ação elementar "a qual a natureza não oferece nenhum outro exemplo" (Ampère e Savary, 1821 p.374). Então, somente se considerássemos o torque intrínseco "muito simples e natural" é que a terceira lei apareceria como uma "suposição arbitrária". Portanto, a crítica de Grassmann pode ser aplicada a si mesmo.

No mínimo formalmente, assumir o torque intrínseco poderia ser tão arbitrário quanto assumir a 3ª lei de Newton, salvo que esta última se confirma em todos os outros fenômenos naturais. Corretamente fundamentados na navalha de Ockham, o critério crítico às hipóteses arbitrárias mais se aplicaria contra os defensores do torque intrínseco do que a Ampère.

Não sem razão, Maxwell, após ter verificado a equivalência das forças entre circuitos fechados por propostas diferentes — incluindo a de Ampère e a de Grassmann — disse: "Das quatro diferentes hipóteses, a de Ampère é indubitavelmente a melhor, já que é a única que torna as forças sobre os dois elementos não apenas iguais e opostas, mas na linha reta que os une" (Maxwell, 1881, p.162). Ainda assim, no caso de Maxwell, ele deixa implícito que a sua escolha é uma escolha formal derivada e não uma conclusão direta.

No entanto, mostraremos que a adoção da 3ª lei de Newton por Ampère — e hoje — está para além de uma escolha formal.

Para isso, é importante destacar que, antes mesmo de Maxwell, o próprio Ampère reconhece a equivalência da força resultante integrada quando se usa o torque intrínseco ou quando se usa a 3ª lei de Newton:

> Nestas duas maneiras de conceber as coisas, encontram-se os mesmos valores para as três componentes, paralelas a três eixos escolhidos livremente, da resultante de todas as forças exercidas pelos elementos do contorno e, para cada uma destas forças, a ação é oposta à reação seguindo as retas que unem dois a dois os pontos entre os quais elas se exercem. Ocorre o mesmo para a própria resultante [da ação] e para sua reação (Ampère, 1826, p.152).

De maneira que essas hipóteses são indistinguíveis quando se fala de forças resultantes e Ampère estava ciente disso.

Mas a diferença da concepção elementar implica que mesmo a força resultante sendo equivalente quando integrada (no caso de circuitos fechados), a distribuição elementar das forças não é a mesma (Assis e Bueno, 1996). Assim, o que não se comenta é que Ampère percebe que os braços do torque resultante integrado se diferem. *De tal maneira que, ao se admitir o torque intrínseco, se deverá interpretar que em determinadas configurações integradas o torque líquido de um corpo sólido sobre si mesmo será diferente de zero, pois haveria ação sem reação*, quando para Ampère a origem virá de outra parte do circuito. E é realizado um experimento onde há essa diferença de interpretações (1826, p.176-177, figura 13).

Mas antes, observando essa discrepância, Ampère (1826, p.164-171) concebe um conjunto de experimentos pelo qual, ao compará-los, se verifica diretamente que as forças de uma corrente elétrica que passa por dentro do ímã sobre este e, por sua vez, do ímã sobre essa corrente têm torque líquido zero e não interfere nos demais torques que o ímã sente. Sendo este um resultado

generalizado.[17] *Este conjunto experimental e a conclusão direta dele foram feitos de maneira a preceder qualquer forma matemática para a força eletrodinâmica*. Portanto, Ampère afirma:

> Confesso que esta prova experimental de um princípio que não é mais que uma consequência necessária das primeiras leis da mecânica, me parece completamente inútil, como pareceria a todos os físicos que consideraram este princípio como um dos fundamentos da ciência. Não teria nem mesmo feito a observação, se não tivesse sido suposto [por outros] que a ação mútua entre um elemento de fio condutor e uma molécula magnética, consistia em um torque primitivo composto de duas forças iguais e paralelas sem estarem diretamente opostas, em virtude da qual uma porção de corrente que se estabelece dentro de um ímã poderia movê-lo. [Esta] suposição é contrária ao princípio que está em questão aqui, **e que se encontra desmentida pela experiência precedente** [...] (Ampère, 1826, p.171, ênfase e colchetes nossos).

Ainda que o resultado preceda à concepção da fórmula de força, alguém pode insistir que as forças resultantes são as mesmas, mas isso Ampère já sabia. A questão é o *torque resultante de um sistema rígido sobre si ser nulo*. Isto porque vem de uma consequência direta da ação e reação dos elementos ao longo da linha que os une: **a conservação do momento angular** (Symon, 1971, p.164).

Essa questão "matemática" foi o cerne da discordância de Ampère com Faraday (Ampère, 1936, p.589-590; Assis e Chaib, 2012; Blondel, 1982 p.114-117), pela concepção do torque intrínseco levar para a violação dessa conservação. Para além de uma análise teórica, também foi possível constatar a conservação do momento angular experimentalmente em estudos contemporâneos usando *o motor de Ampère* estudado recentemente por Mayer e Varaksina (2017) e Chaib (2025). Neste último, a configuração experimental é reformulada como um caso de equilíbrio, de maneira que:

> Considerando forças elementares, essa conservação do momento angular eletrodinâmico será sempre verdadeira apenas se a expressão da força entre os elementos de corrente quantificar um par ação-reação ao longo da reta que une os pontos médios desses elementos (Chaib, 2025, p.7).

Assim, o motor de Ampère não pode ser visto como uma analogia inversa do gerador homopolar, uma vez que neste último não se conserva o momento angular por necessitar de um torque externo para a geração de corrente.

Por fim, existe uma consequência única da força de Ampère que é a repulsão colinear entre os elementos de corrente (Assis, 2015, p.82-83), que produz uma tensão axial no meio condutor e foi observada recentemente com detalhe por Graneau (2024).

Inicialmente, as teorias hegemônicas estão impedidas de modelar os fenômenos descritos acima ao aderirem à hipótese de torque intrínseco. No entanto, o ponto decisivo não reside na possibilidade de ajustes formais dessas teorias. Mesmo que, nos termos de certas reconstruções metodológicas, se tente preservar o "núcleo duro" por meio de modificações no "cinturão",

17 Essa discussão se encontra mais bem detalhada por Chaib e Lima (2020) e conta ainda com a execução de uma variação experimental que usa somente a interação entre correntes, sem a necessidade de um ímã.

esse tipo de operação já pressupõe a adesão a critérios ontológicos e epistemológicos que se mantêm externos ao próprio fenômeno.

Ao considerar o critério da prática — em articulação com a depuração de abstrações e a reconstrução das determinações — os experimentos realizados por Ampère e aqueles posteriormente retomados indicam que a formulação que preserva a ação e reação entre os elementos de corrente não constitui uma limitação, mas uma condição de consistência material da teoria. Nesse sentido, a admissão da terceira lei de Newton na eletrodinâmica de Ampère não aparece como fragilidade, mas como expressão de um princípio que se mantém empiricamente operativo.

Isso desloca a leitura historiográfica segundo a qual tal característica justificaria o abandono de sua teoria. Ao contrário, sugere que essa interpretação não decorre de sua incapacidade de descrever os fenômenos, mas dos critérios ontológicos e epistemológicos. A divergência não diz respeito apenas à interpretação dos fatos, mas ao próprio estatuto do critério de validação, na medida em que a prática deixa de operar como instância externa ao paradigma.

O conflito não permanece restrito ao plano da interpretação historiográfica, mas se expressa também nas formas institucionais de validação do conhecimento científico. Como discutido por Assis (2010), determinadas posições teóricas, ao se afastarem dos critérios dominantes, podem ser sistematicamente marginalizadas não apenas por seus resultados, mas pelos pressupostos que orientam sua construção.

Considerações finais

O caso de Ampère é singular como objeto histórico, mas não é acidental quanto às determinações que revela. A análise desenvolvida neste trabalho consistiu em problematizar metodologicamente a historiografia da ciência quando esta assume a ciência como um universal com pressupostos ontológicos e epistemológicos neutros, naturalizando os pressupostos hegemônicos. Por outro lado, a releitura da obra de Ampère sob uma perspectiva materialista histórica e dialética evidenciou que sua interpretação como etapa superada não decorre exclusivamente de limitações internas de sua teoria, mas dos critérios ontológicos e epistemológicos que definem o que conta como conhecimento válido em um determinado paradigma.

Ao mobilizar um mesmo movimento metodológico — baseado na depuração de abstrações, na reconstrução das determinações e no critério da prática — foi possível explicitar a coerência interna da eletrodinâmica de Ampère e, ao mesmo tempo, a ausência de interlocução estrutural entre seus pressupostos e aqueles que organizam a leitura historiográfica mais difundida. Nesse sentido, a dificuldade de reconhecimento de sua teoria como uma forma consistente de organização dos fenômenos não se deve à sua insuficiência, mas ao fato de que suas estruturas ontológicas e epistemológicas não coincidem com as que historicamente são reconhecidas como válidas pelo quadro hegemônico.

Essa reconstrução permite compreender que o abandono histórico de determinadas teorias não necessariamente decorre de uma superação, mas pode expressar transformações materiais sócio-históricas que estruturam os critérios de legitimação do conhecimento.

Isso não implica relativismo, mas desloca a análise da ciência de uma narrativa progressiva para a investigação das estruturas sócio-históricas que tornam determinadas formas de conhecimento possíveis, legítimas ou hegemônicas.

Agradecimentos

Agradece-se o professor Aurélio Takao Vieira Kubo por apresentar Volóchinov ao autor. Agradece-se os pareceristas pelos comentários e contribuições.

Referências bibliográficas

AMPÈRE, A.-M. Mémoire présenté à l'Académie royale des Sciences, le 2 octobre 1820, [...], sur les effets des courants électriques. *Annales de Chimie et de Physique*, v.15, p.59-76, 1820a.

_____. Suite du Mémoire sur l'Action mutuelle entre deux courants électriques [...]. *Annales de Chimie et de Physique*, v.15, p.170-218, 1820b.

_____. Mémoire sur la détermination de la formule qui représente l'action mutuelle de deux portions infiniment petites de conducteurs voltaïques [...]. *Annales de Chimie et de Physique*, v.20, p.398-419, 1822a.

_____. Notice sur les nouvelles expériences électro-magnétiques faites par différents physiciens, depuis le mois de mars 1821 [...]. Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle, et des arts, v. 94, p.61-66, 1822b.

_____. Notes sur cet exposé des nouvelles Expériences relatives aux [...]. *In:* AMPÈRE, A.-M. (ed.), Recueil *d'Observations Électro-dynamiques*, p.207–236. Paris: Crochard, 1822 (1823).

_____. *Précis de la Théorie des Phénomènes Électro-dynamiques* [...]. Paris: Crochard et Bachelier, Paris, 1824.

_____. *Théorie mathématique des phénomènes électro-dynamiques, uniquement déduite de l'expérience*. Paris: Méquignon-Marvis, 1826

_____. *Essai sur la philosophie des sciences*. v.1. Paris : Bachelier, 1834.

_____. M. Ampère à M. Faraday à L'Institution Royale à, Londres - Paris le 10 Juillet 1822. In: (Launay, 1936), p. 586-592, 1936,

_____. Notice sur la vie et les travaux de A.-M. Ampère. In: (Blondel, 1982), p.171-173, 1982.

AMPÈRE, A. -M; SAVARY, F. Notes relatives au Mémoire de M. Faraday, *Annales de Chimie et de Physique*, 18, (1821), 370–379.

ARISTÓTELES. *Política*. São Paulo: Martin Claret, 2002.

ASSIS, A. K. T. *Eletrodinâmica de Weber: Teoria, aplicações e exercícios*. 2 ed. Campinas: Editora Unicamp, 2015. 216 p.

_____. Discriminação na ciência. In: (ed.) RENAULT, L. O. L.; VIANA, M. T.; CANTELLI, P. O. *Discriminação*, 2 ed., São Paulo: LTR, pp. 390-400, 2010.

ASSIS, A. K. T.; BUENO, M. A. Equivalence between Ampère and Grassmann's forces. IEEE *Transactions on Magnetics,* v.32, n. 2, p.431-436, 1996.

ASSIS, A. K. T.; CHAIB, J. P. M. C. Ampère's motor: Its history and the controversies surrounding its working mechanism. *American Journal of Physics*, v. 80, n. 11, p. 990-995, 2012.

_____. *Ampère's electrodynamics*. Montreal: Apeiron, 2015.

ASSIS, A. K. T.; WIEDERKEHR, K. H.; WOLFSCHMIDT G. *O modelo planetário de Weber para o átomo*. Montreal: Apeiron, 2014. 102p.

BERTRAND, J. Démonstration des théorèmes relatifs aux actions électrodynamiques, *Journal de Physique Théorique et Appliquée*, v.3, p.297-306 e 335-343, 1874.

_____. *Leçons sur la théorie mathématique de l'électricité: professées au Collège de France*. Paris: Gauthier-Villars, 1890.

BLONDEL, C. A.-M. *Ampère et la Création de l'Électrodynamique (1820-1827)*. Paris: Bibliothèque Nationale. 1982. 202 p.

CANEVA, K. L. Ampère, the etherians, and the Oersted connection. *The British Journal for the History of Science*, v. 13, n. 2, p. 121-138, 1980.

CHAIB, J. P. M. C. *Luta de Paradigmas e Luta de Classes*. Marília: Editora Lutas Anticapital, 2024.

_____. Applying the method of cases of equilibrium: from the unprecedented 'case of equilibrium of Ampère's motor' to a contemporary deduction of Ampère's electrodynamic force. *European Journal of Physics*, v.46, n.2, p.025202, 2025.

CHAIB, J. P. M. C.; SANTOS, C. H. M. A "prova experimental das correntes moleculares de Ampère" de A. Einstein e W. J. de Haas. *Physicae Organum*, v. 3, n. 2, p. 15-52, 2017.

CHAIB, J. P. M. C.; LIMA, F. M. S. Resuming Ampère's experimental investigation of the validity of Newton's third law in electrodynamics. *Annales de la Fondation Louis de Broglie*. v. 45-1, p. 19-51 , 2020.

DIDEROT, D. *O sonho de d'Alembert e outros escritos*. Trad. de Maria das Graças de Souza. São Paulo: Unesp, 2023.

EINSTEIN, A. *Como eu vejo o mundo*. Ed 11. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.

ENGELS, F. History (the role of religion) in the English middle-class (Introdução da edição inglesa de 1892). In:____. *Socialism:Utopian and Scientific*. Moscou: Progress Publishers, 1970. Disponível em: <https://www.marxists.org/archive/marx/works/1880/soc-utop/int-hist.htm> (Acessado em Março de 2026).

FARADAY, M. 50. M. Faraday to G. de la Rive, 12 September 1821. Royal Institution Sept. 12th, 1821. In: (Williams, 1971), p.122-124, 1971a.

_____. 56.M. Faraday to A.-M. Ampere, 2 February 1822*. Royal Institution Feb. 12th, 1821. In: (Williams, 1971), p.130-132, 1971b. (*Nota: Como Williams percebe, apesar da data manuscrita de envio, Faraday se refere tanto a eventos de dezembro de 1821 como textos manuscritos da primeira metade 1822, ainda não publicados. O paradoxo se resolve quando se observa essa carta como uma resposta à carta enviada por Ampère em 10 de julho (Ampère, 1936), talvez enviada junto de uma prévia de seu *Exposé*.)

GOMES, G. G.; PIETROCOLA, M. O experimento de Stern-Gerlach e o spin do elétron: um exemplo de quasi-história. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.33, p.2604, 2011.

GRANEAU, N. Fundamental longitudinal electromagnetic (EM) force investigation using DC current. In: 2024 10th Euro-Asian Pulsed Power Conference, 25th International Conference on High-Power Particle Beams and 20th International Symposium on Electromagnetic Launch Technology (EAPPC/BEAMS/EML). IEEE, p.1-2, 2024.

GRASSMANN, H. A new theory of electrodynamics. In: TRICKER, R.A.R, *Early Electrodynamics — The First Law of Circulation*. New York: Pergamon, pp. 201–214, 1965.

HARNECKER, M. *Os Conceitos Elementares do Materialismo Histórico*. Ed. 3. São Paulo: Global, 2000.

HOFMANN, J. R. *The Great Turning Point in André-Marie Ampère's Research in Electrodynamics: A Truly "Crucial" Experiment*. Tese de Doutorado. Pittsburgh: University of Pittsburgh, 1982.

_____. André-Marie Ampère: Enlightenment and Electrodynamics. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 406 p.

JACKSON, J. D. *The nature of intrinsic magnetic dipole moments*. A lecture given in the CERN 1977 [...] Geneva: CERN. 1977.

KUHN, T. S. *The structure of scientific revolutions*. 3 ed. Chicago: University of Chicago press, 1996. 224 p.

LAKATOS, I. Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes. In: *Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science, London, 1965*. Cambridge: Cambridge University Press, 1970. p. 91-196.

LAUNAY, L. Correspondance du Grand Ampère, vol 2, Paris: Gauthier-Villars, 1936, p.932.

LÉNINE, V. .I. *Materialismo e Empiriocriticismo*. Moscovo – Lisboa: Edições Progresso – Editorial "Avante!", 1982.

LENIN V. I. "Left-Wing" Communism: an Infantile Disorder. In: LENIN V. I. *Collected Works*, V.31, Moscou: Progress Publishers, 1964, p.17–118. Disponível em: <https://www.marxists.org/archive/lenin/works/1920/lwc/ch07.htm>

MARX, K. *El Capital.* 1 Moscou: Editorial Progreso, 1990. 793 p.

_____. Para a crítica da economia política-Introdução. In: CIVITA, V. (ED.) *Os Economistas – Marx*, 1982. p. 1-21

MARX, K.; ENGELS, F. *La Sagrada família – o crítica de la crítica crítica*. 2 ed. Editorial Claridad: Buenos Aires, 1971. Disponível em: <https://www.marxists.org/espanol/m-e/1840s/sagfamilia/index.htm>

_____. *A Ideologia Alemã*. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

MAXWELL, J. C. An *Elementary Treatise on Electricity* v.2 Oxford: Clarendon Press, 1881. 471p.

MAYER, V. V.; VARAKSINA, E. I. Unipolar motor and angular momentum conservation law. *Physics Education*, v. 52, n. 4, p. 043004, 2017.

MÉSZÁROS, I. *Estrutura social e formas de consciência: a determinação social do método*. (Trad.) PUDENZI, L.; CASTANHEIRA P., São Paulo:Boitempo, 2009. 312p.

____. *O poder da ideologia*. São Paulo:Boitempo, 2004. 567p.

NEWTON, I. *Newton's Principia: the mathematical principles of natural philosophy*, English translation by A. New York: Daniel Adee, 1848. 594p.

NEVES, M. C. D. A questão controversa da cosmologia moderna: Uma teoria e suas incongruências parte 2. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 17, n. 2, p. 205-228, 2000

OUDET, X. L'état quantique, le magnétisme et la rotation. *Annales de la Fondation Louis de Broglie*. 2009. p.209-221.

OLAVO, L. S. F. Foundations of Quantum Mechanics: On Rotations by 4 π for Half-Integral Spin Particles. *Foundations of Physics*, v. 45, n. 11, p. 1483-1494, 2015.

ØRSTED, Hans Christian. Experiências sobre o efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética. Cadernos de História e Filosofia da Ciência, v. 10, p. 115-122, 1986.

MARTINS, R. de A. Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, v. 10, n. 1, p. 89-114, 1986.

SCHMIDT, M. J.; GOLDBERG S. L.; HECKENBERGER, M. *et al*. Intentional creation of carbon-rich dark earth soils in the Amazon. *Science advances*, v. 9, n. 38, p. eadh8499, 2023.

SEIFE, Charles. *Zero: The Biography of a Dangerous Idea*. New York: Penguin Random House, 2000.

SYMON, K. R. *Mechanics*. 3ed Massachusetts: Addison-Wesley, 1971. 639 p.

VERDET É. *Cours de Physique*, Tome Premier. In: FERNET, É. (ed.), Oeuvres d'É. Verdet, Tome II. Paris: Victor Masson et Fils, 1868.

VOLÓCHINOV, V. *Marxismo e filosofia da linguagem*. Trad.: S. Grillo, E. V. Américo. 3 ed. São Paulo: Editora 34, 2021.

VIGOTSKI, L. S. *Psicologia Pedagógica*. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

VYGOTSKI, L. S. *El significado histórico de la crisis de la psicología; seguido de "la transformación socialista del hombre" y "el pensamiento"*. Trad.: A. A. González. Buenos Aires: Ediciones IPS, 2022. p.264.

WILLIAMS L. P. *The selected correspondence of Michael Faraday 1812-1848*. Vol.1, Cambridge: University Press, 1971, p.562.

_____. Ampère, André-Marie, In: C. C. Gillispie (Ed.), *Dictionary of Scientific Biography* 1. New York:Scribner, 1981, pp. 139–147.

Recebido em 07/10/2025

Aceito em 05/04/2026