

UM BREVE ITINERÁRIO PARA A COMPREENSÃO DA CAUSALIDADE E DETERMINISMO NA PERSPECTIVA DE ERNST MACH

Carolina Laurenti¹²

RESUMO

Examina-se, neste ensaio, os conceitos de causalidade e determinismo na perspectiva de Ernst Mach. Para tanto, compôs-se um itinerário para o tratamento das questões centrais. Argumenta-se que a crítica machiana do conceito de causalidade suscita a reflexão do papel da linguagem na prática científica. O sistema conceitual inerente à linguagem causal conduz a uma visão rígida, unidirecional e linear das relações entre os eventos. O afastamento da linguagem característica do pensamento causal sugere a possibilidade de um modo de explicação mais dinâmico. O que envolveria, na perspectiva machiana, a descrição de relações de interdependência funcional entre os eventos, tanto de um ponto de vista determinista, com vistas à descoberta de leis; quanto de um ponto de vista indeterminista, considerando o papel das mudanças nesse processo. Conclui-se que o determinismo e o indeterminismo, nesse contexto, inscrevem-se como perspectivas de interpretação dos fatos, e não como enunciados sobre o funcionamento do mundo.

Palavras-chave: Ernst Mach, filosofia da ciência, causalidade, determinismo.

A SHORT ITINERARY FOR THE CAUSALITY AND DETERMINISM COMPREHENSION IN ERNST MACH'S PERSPECTIVE

In this essay the concepts of causality and determinism in Ernst Mach's perspective are examined. An itinerary to deal with the main questions was composed with this aim. It is argued that Machian criticism of the concept of causality incites reflection on the role of language in scientific practice. The conceptual system inherent to causality language leads to a linear, one-sided and rigid vision of the relations between events. The moving away of the characteristic language of causal thought suggests the possibility of a more dynamic form of explanation. That would involve, in Machian perspective, the description of relationships of functional interdependence between events, both from a determinist point of view, searching the discovery of laws, as from an indeterminist point of view, considering the role of changes in this process. In this context it is concluded that determinism and indeterminism are rather perspectives of interpretation of facts than statements about the world's functioning.

Kew-words: Ernst Mach, philosophy of science, causality, determinism.

¹ Universidade Federal de São Carlos. E-mail: carolinapsicologia@hotmail.com

² Trabalho financiado pela FAPESP por meio de bolsa de doutorado (processo nº 04/04518-5).

INTRODUÇÃO

Ernst Mach foi uma figura controversa. Como físico fez declarações que presumivelmente abalaram as bases da comunidade científica. Uma delas, por exemplo, foi argumentar que a matéria ou corpo, conceitos centrais na teoria física, são nada mais que complexos de sensações: “Corpos não produzem sensações, mas complexos de elementos (complexos de sensações) formam corpos” (Mach, 1959 [1886], p. 29). O que pode soar ultrajante, pois a Física, modelo de ciência por excelência, acaba por lidar, tal como a Psicologia, com meras sensações. Mas certamente o que ganhou maior destaque foi o posicionamento machiano acerca do estatuto ontológico dos átomos. Mach foi alvo de críticas severas por questionar a existência de átomos e o poder explicativo da teoria atômica. O problema é que muitos aspectos interessantes da filosofia de Mach foram negligenciados ou obscurecidos em virtude da ênfase dada ao posicionamento machiano acerca da existência ou inexistência dos átomos. Dito de outro modo, o debate atômico roubou a cena, eclipsando as sutilezas do argumento de Mach, cujo alvo principal foi uma discussão sobre o papel da teoria na Física e o modelo causal a ela subjacente.

O objetivo deste ensaio é justamente examinar alguns aspectos da filosofia da ciência de Mach que permanecem relevantes para a ciência contemporânea, especificamente, a questão da causalidade e do determinismo nas teorias científicas. Mas, antes, é necessário fazermos um desvio, ainda que demorado, para discutir algumas noções e conceitos da filosofia da ciência machiana, que ajudarão no tratamento de nossas questões centrais. A idéia é compor um itinerário para examinarmos a causalidade e o determinismo na perspectiva de Ernst Mach.

1. ERNST MACH: CIÊNCIA E FILOSOFIA

Mach (1960 [1893]) fez críticas severas à ciência de sua época, principalmente à Física, por incorporar concepções metafísicas³ em seus conceitos. Defendeu uma postura antimetafísica, procurando eliminar da ciência termos comprometidos com enunciados metafísicos; o seu objetivo era “clarear as idéias, expor o real significado da matéria, e libertar-se das obscuridades metafísicas” (Mach, 1960 [1893], p. xxii). Em vista dessa proposta, Mach engaja-se em uma minuciosa depuração conceitual de termos físicos. O procedimento que adota parece ser basicamente o seguinte: primeiramente, ele apresenta o conceito como usualmente é tratado nas ciências indicando suas conotações metafísicas. Em seguida, faz uma tradução desses conceitos em linguagem empírica, eliminando dos enunciados o sentido metafísico. Em terceiro, em vista da possibilidade dessa

³ Entende-se, aqui, por ‘metafísicos’ os enunciados que ultrapassam o campo da experiência.

tradução, sem prejuízo para a ciência, propõe o emprego de uma linguagem fenomenalista no contexto científico. Por fim, Mach apresenta as vantagens para o desenvolvimento da ciência da tradução de enunciados científicos em linguagem de enunciados estritamente empíricos.

A proposta de ciência machiana pode ser alvo das mais diversas e interessantes discussões. Poderíamos, primeiramente, indagar: é possível ciência sem metafísica? Mach é bem-sucedido na eliminação de conceitos metafísicos? A proposta machiana escapa totalmente da metafísica? Quando Mach declara-se um antimetafísico estamos entendendo que tal posicionamento está relacionado a um tipo específico de compromisso metafísico, ou a toda e qualquer metafísica? O fenomenalismo é um bom programa para analisar sentenças teóricas? Outras questões de igual peso e importância poderiam ser examinadas. Todavia, o nosso interesse é ligeiramente outro. Trata-se dos conceitos de causalidade e determinismo. Mach (1960 [1893], 1943 [1894]) insere a causalidade no rol de conceitos carregados de “obscuridades metafísicas”. Cabe a nós, nesse momento, examinar o tratamento machiano desse termo e algumas de suas conseqüências para a prática científica. Com isso, esperamos ter condições de indicar possíveis encaminhamentos para a discussão da tese determinista.

Curiosamente, para entendermos melhor a proposta de ciência de Mach, e sua relação com o conceito de causalidade, temos que começar examinando a concepção machiana de mundo.

O mundo que experienciamos, nos diz Mach (1959 [1886]), é um fluxo sensações. Ele consiste de cores, sons, temperaturas, pressões, espaços, tempos. Comumente, Mach chama as sensações também de elementos. Trata-se de um termo mais “neutro”, pois as sensações estão geralmente associadas a teorias que veiculam a elas um significado estritamente psicológico. Isto é, a psicologia lida com as sensações. A Física, por outro lado, trata unicamente com objetos físicos, coisas completamente distintas de sensações. Todavia, na perspectiva machiana, as sensações ou os elementos são comuns a todas as experiências, físicas e psicológicas. O pesquisador, não importa de que ciência se ocupe (física ou psicológica), está sempre lidando com sensações. Mais adiante examinaremos detalhadamente essa tese machiana. Por ora, devemos ter em mente que *elementos* e *sensações* são termos intercambiáveis.

O conhecimento científico, segundo Mach (1959 [1886]), parte da análise desse complexo de elementos ou sensações. Dessa massa única de sensações – que como o próprio Mach indicou, pode sugerir, involuntariamente, a figura de uma “massa viscosa” (1959 [1886]), p. 17) – alguns elementos ou grupos de elementos destacam-se desse todo por apresentarem maior constância e estabilidade do que outros. Esses complexos de sensações mais ou menos estáveis são chamados de corpos ou coisas. Não obstante a sua estabilidade, esses complexos não são absolutamente permanentes; os elementos que os compõem também mudam. Vejamos: uma mesa pode ser quebrada, manchada com tinta, polida, concertada, mas ela continua sendo a mesma (Mach, (1959 [1886])). Dizer que continua “a mesma”

sugere a relativa estabilidade do complexo de sensações. Podemos considerar, então, o complexo de sensações como uma estrutura dinâmica, composta de elementos estáveis, mas não imutáveis.

A relação entre estabilidade e mudança, característica do complexo de elementos, parece fundamentar duas perspectivas de pesquisa (Mach, 1959 [1886]). Quando voltamos nossa atenção para a permanência dos elementos do complexo - ou, empregando uma expressão machiana, quando nos preocupamos com a “soma-total de permanência” (Mach, 1959 [1886], p. 3) - empreendemos uma síntese. Do contrário, quando a mudança dos elementos ganha destaque, fazemos análise. Embora sejam procedimentos válidos de compreensão da realidade, muitos problemas surgem quando tentamos conduzir síntese e análise simultaneamente. Consultemos Mach (1959 [1886]): “embora a compreensão sumária e a análise precisa sejam ambas provisoriamente justificáveis e úteis para muitos propósitos, não podem ser conduzidas simultaneamente” (Mach (1959 [1886], p. 7). Assim, do ponto de vista da síntese, o planeta Terra e uma bola de bilhar são esferas. Todavia, na perspectiva da análise, quando os detalhes são considerados, ambos os corpos deixam de ser esferas (Mach, 1959 [1886]). Incorreríamos em um emaranhado de confusões se examinássemos os aspectos gerais e particulares desses corpos ao mesmo tempo.

Mas que problemas surgem quando cometemos a imprudência, segundo Mach (1959 [1886]), de realizar síntese e análise simultaneamente? Ou ainda, quando tentamos pôr em foco, concomitantemente, estabilidade e mutabilidade do complexo de elementos? É no contexto dessa problemática que Mach examina algumas antíteses que atravessam tanto o discurso científico quanto o filosófico, quais sejam: corpo *versus* ego; coisa-em-si *versus* atributos; aparência *versus* realidade; matéria *versus* espírito; físico *versus* psíquico; público *versus* privado; realismo *versus* idealismo, dentre outras. A conclusão machiana é que as díades não se tratam, na verdade, de dicotomias fundamentais. As diferenças entre os integrantes dos pares não constituem diferenças de natureza, mas de ponto de vista. A título de exemplo examinaremos algumas dessas antíteses. Mas o que de fato nos interessa é que nesse exame, poderemos vislumbrar o processo de depuração conceitual que Mach pretende realizar nas ciências físicas.

1.1 O tratamento das dicotomias na filosofia da ciência machiana

Começemos com a antítese físico *versus* psíquico. De acordo com Mach (1959 [1886]), a visão tradicional⁴ afirma uma dicotomia essencial entre físico e psíquico, ou físico e mental, o que fundamenta a distinção entre ciências físicas e

⁴ Pensamos aqui na filosofia cartesiana.

psicológicas. Segundo essa visão, a pesquisa física ocupa-se somente do estudo de corpos físicos e dos movimentos desses corpos, e não com as sensações. Essas devem ser algo totalmente diferente dos objetos que a Física estuda. Por outro lado, as sensações constituem os dados básicos da pesquisa psicológica. Consideremos um exemplo. A *cor* é considerada um *objeto físico*, quando estudamos sua dependência da fonte luminosa, de outras cores, da temperatura, do espaço, e assim por diante. Agora, a *cor* é considerada um *objeto psicológico*, isto é, uma sensação, quando consideramos sua dependência da retina do olho do pesquisador.

Mach (1959 [1886]) argumenta que a diferença entre os domínios científicos não se refere ao objeto de estudo, mas à direção da investigação, pois, a ciência, seja física ou psicológica, está sempre estudando sensações. Por outra: a Física, quando afirma que estuda corpos físicos, também está lidando com sensações, porque os próprios corpos físicos são complexos de sensações. Vale a pena, aqui, recuperar a passagem mencionada no início deste ensaio: “Corpos não produzem sensações, mas complexos de elementos (complexos de sensações) formam corpos” (Mach, 1959 [1886], p. 29). Em vista disso, o físico e o mental têm a mesma natureza, o complexo de sensações: “para mim o físico e o mental são essencialmente idênticos, (...) e diferentes somente quanto ao ponto de vista” (Mach, 1976 [1905], p. 13). Em última análise, a diferença entre o físico e o mental diz respeito ao caráter das conexões entre os elementos. Se no estudo dessa conexão não incluimos as sensações que integram o corpo do pesquisador, temos o conhecimento físico. Nessa perspectiva, procuramos manter tão constantes quanto possível as condições internas do observador que podem influenciar na pesquisa (Mach, 1976 [1905]). Quando a conexão entre os elementos considera justamente a influência das sensações do corpo do pesquisador no estudo de qualquer objeto, produzimos conhecimento mental ou psicológico. Por fim, podemos dizer que o objeto de estudo das ciências, incluindo as ciências físicas e psicológicas, consiste no estudo das relações entre os elementos do complexo. É o que Mach (1959 [1886]) sugere no seguinte trecho: “Para nós, cores, sons, espaços, tempos, [...] são provisoriamente os elementos últimos, cuja conexão dada é nossa tarefa investigar. É precisamente nisso que consiste a exploração da realidade” (Mach, 1959 [1886], pp. 29-31).

A dicotomia físico-mental ganha sentido no contexto de um dualismo de substâncias, que também é rejeitado por Mach (1959 [1886]) quando critica as noções de substância e de coisa-em-si. A idéia tradicional de substância concebe o corpo ou coisa como algo imutável, uma essência que está por detrás da aparência e que existe independente do sujeito. Mach interpreta a aporia da coisa-em-si nos seguintes termos fenomenalistas. Segundo ele, a noção de permanência ou estabilidade dos elementos do complexo pode conduzir à idéia errônea da coisa-em-si. Se a estrutura ou a totalidade de um dado complexo não muda perceptivelmente, mesmo quando alguns de seus elementos são retirados, presume-se que, se retirarmos todas as partes alguma coisa ainda permanece: a coisa-em-si, distinta de seus atributos. Todavia, a coisa, corpo, ou matéria, nada mais são do que a combinação de seus elementos. Eles não são nada à parte de seus atributos sensíveis

(cores, sons, espaços, tempos, odores). Retirados os seus atributos, nada resta das coisas (Mach, 1959 [1886]).

Mas como surge a noção de coisa-em-si? A base da noção de coisa-em-si encontra-se na tentativa de conduzir, ao mesmo tempo, síntese e análise; o estável e o mutável. Mach (1959 [1886]) afirma que as sensações são tanto evanescentes quanto tangíveis. Ora, a noção de coisa-em-si aparece quando tentamos conciliar concomitantemente a tangibilidade das sensações e o seu caráter evanescente. O que dá a impressão de que algo permanece atrás como se fosse um veículo de propriedades mais fugidias ligadas a ela. A chave para a solução do problema parece ser, novamente, o complexo dos elementos. Dependendo de como “vemos” o complexo, podemos enfocar aspectos gerais ou particulares. O mutável e o estável são características desse complexo. Quando enfocamos o estável temos um corpo ou coisa. A substância é interpretada em termos da estabilidade relativa dos elementos do complexo. Todavia, quando destacamos o particular, vemos que essa coisa ou corpo não é imutável. Nas palavras de Mach (1976 [1905]):

Não existe coisa inalterável. A coisa é uma abstração, o nome um símbolo de uma combinação de elementos de cuja mudança abstraímos. (...) Quando, posteriormente, observamos a mutabilidade, não podemos, ao mesmo tempo, sustentar a permanência da coisa, a menos que tenhamos que recorrer à idéia de coisa-em-si, ou outro absurdo semelhante. (Mach, 1976 [1905], p. 579).

A noção de permanência ou soma-total de permanência pretende ser a alternativa não-metafísica da explicação do que é o corpo. Se for possível - e para Mach parece o ser - explicar o corpo com a noção de permanência sem introduzir sub-repticiamente noções metafísicas (como a de substância), podemos eliminar a noção de coisa-em-si, sem prejuízo, do discurso científico.

Na esteira dessa análise, Mach (1959 [1886]) também dissolve a dicotomia aparência *versus* realidade. Ele dá o exemplo do fenômeno da refração. Se mergulharmos um lápis na água, ele *parece* curvo. Mas, na *realidade*, dizemos que é reto. Mas o que justifica afirmar que, em uma situação, temos *a realidade*, e em outra, mera *aparência*? Mach afirma que, em ambos os casos, lidamos com sensações. O lápis submerso é opticamente curvado; mas é tatilmente e metricamente reto. A diferença entre essas duas experiências não é de natureza. A realidade não tem um *status* superior em relação à aparência. O que acontece é que nos deparamos com diferentes combinações de elementos ou sensações. Combinações distintas de elementos produzem experiências distintas. Mas por que consideramos uma experiência real e outra ilusória? De acordo com Mach, quando não prestamos a devida atenção no fato de que estamos tratando com duas combinações distintas de elementos, caímos no erro natural de esperar aquilo que estamos mais acostumados a ver, no caso, o lápis reto. Todavia, os fatos não são culpados disso, afirma o físico. Falar de *aparência* pode ter um significado prático, mas não pode ter um significado científico.

Essa afirmação nos leva a discutir outro aspecto de importância capital para os propósitos da presente discussão, a relação entre senso comum e ciência.

1.2 A relação entre conhecimento ordinário e científico na perspectiva machiana

A tradução de conceitos metafísicos em linguagem fenomenalista parece ser obrigatória para a prática científica, mas não para a vida cotidiana. O emprego de antíteses corpo *versus* ego; aparência *versus* realidade; matéria *versus* espírito; físico *versus* psíquico pode ser de grande interesse prático, podendo, por exemplo, facilitar a comunicação entre os homens nas relações sociais. Mas por que o emprego de antíteses é legítimo no senso comum e não na ciência? Isso porque conhecimento ordinário e conhecimento científico têm objetivos distintos. O primeiro procura adaptação às condições de vida, visando à satisfação de necessidades práticas ou corporais. O segundo tem o conhecimento como um fim em si mesmo. Esse é o raciocínio de Mach (1959 [1886]) com respeito às demais antíteses. Por exemplo, a dicotomia corpo e ego pode ser muito útil para fins práticos, tanto para o indivíduo quanto para a espécie – “a fim de que possamos segurar os corpos, proteger nós mesmos contra a dor” (Mach, 1959 [1886], p. 13). “Todavia”, prossegue o físico, “em casos especiais nos quais fins práticos não são levados em consideração, mas o conhecimento é um fim em si mesmo, a delimitação em questão pode ser insuficiente, obstrutiva e insustentável” (Mach, 1959 [1886], p. 23).

Ao que parece, o conhecimento do senso comum não se compromete com alguma metafísica específica. Por essa razão, os conceitos de corpo, mente, ego no contexto do senso comum não têm conotações metafísicas. Dito de outro modo, a imprecisão desses conceitos no senso comum não se deve à filiação a algum tipo de metafísica, mas a sua função em adaptar o homem às condições de vida. Mach (1959 [1886]) esclarece:

As representações e concepções do mundo por parte do homem comum são formadas e dominadas, não pelo puro e completo desejo de conhecimento como um fim em si mesmo, mas pela luta para adaptar-se favoravelmente às condições de vida. Conseqüentemente elas são menos exatas. (Mach (1959 [1886], pp. 32-33).

O problema é que cientistas e filósofos parecem assumir certos compromissos metafísicos (por exemplo, com uma metafísica substancialista) e acabam atribuindo significado indevido ou excedente aos conceitos científicos, ultrapassando o campo da experiência. Por essa razão, ainda que os conceitos empregados pelo senso comum sejam menos exatos, já que visam à adaptação às condições de vida, eles estão, ao mesmo tempo, isentos das “monstruosidades que facilmente resultam da busca unilateral e apaixonada de um ponto de vista científico ou filosófico” (Mach, 1959 [1886], p. 33).

Na perspectiva machiana, a ciência parece cometer dois erros: primeiramente, herda os conceitos do senso comum de forma acrítica; em segundo lugar, atribui a eles significado metafísico. Por conseguinte, a prática científica deve tomar dois cuidados: primeiro, ao herdar certos conceitos do senso comum, ainda que válidos dentro de seu próprio domínio, deve criticá-los, pois os objetivos do conhecimento científico são distintos daqueles do senso comum. Em segundo lugar, a ciência deve eliminar o significado metafísico dos conceitos científicos, pois sentidos metafísicos podem desvirtuar a prática científica. Em vez dos cientistas descreverem relações de interdependência funcional entre eventos, o seu objetivo passa a ser a descoberta da essência imutável das coisas, desprezando tudo que é efêmero, transitório e mutável, como as sensações.

Além de desviar o olhar do cientista para realidades subjacentes ao fenômeno, o emprego de conceitos metafísicos constitui verdadeiro obstáculo à tarefa da ciência de lidar com a descrição do complexo de elementos de maneira eficiente e econômica. Eis aí mais uma característica do empreendimento científico na perspectiva machiana, a economia do pensamento. O pesquisador, ao abstrair regularidades da natureza, e ao comunicar essas regularidades através de leis, descreve o fenômeno. Em outras palavras, a ciência faz uso de descrições para comunicar o conhecimento. E quanto mais simples forem as leis e teorias de uma ciência, isto é, quanto menos princípios ou termos forem empregados para descrever uma multiplicidade de fenômenos, mais desenvolvida economicamente essa ciência é. Nas palavras do físico: “em ciências que são altamente desenvolvidas, as regras para a reconstrução de grandes números de fatos podem ser incluídas em uma única expressão” (Mach, 1960 [1893], p. 582). A ciência, portanto, apresenta-se como uma atividade econômica por excelência, já que promove uma descrição mais completa dos fatos com o mínimo possível de esforço mental.

Considerando a satisfação intelectual e a economia do pensamento como um dos objetivos principais da atividade científica, o pesquisador deve abandonar os conceitos metafísicos, e buscar outros que são mais adequados à ciência. Vejamos essa proposta consultando o próprio Mach:

Nessa investigação, não devemos permitir que sejamos impedidos por tais abreviações e delimitações como corpo, ego, matéria, espírito, etc, que têm sido formadas para propósitos especiais, práticos e com objetivos em vista totalmente provisórios e limitados. Ao contrário, formas mais adequadas de pensamento devem ser criadas na pesquisa e pela própria pesquisa, tal como é feito em cada ciência especial. Uma visão mais livre e nova, adaptada à experiência desenvolvida, e estendendo-se além das exigências da vida prática, deve substituir completamente as maneiras tradicionais, instintivas de pensamento. (Mach, 1959 [1886], p. 31).

Desse modo, a proposta de Mach (1959 [1886]) não é repudiar o ponto de vista do homem comum, que emprega as referidas dicotomias na vida cotidiana. Como foi discutido, no contexto da vida ordinária tal uso parece ser perfeitamente

legítimo. Mas quando o que está em jogo é o conhecimento científico, tais conceitos devem ser abandonados. O emprego pela ciência de termos como *corpo*, *ego*, *matéria*, *espírito*, tem uma utilidade apenas provisória. Tão logo a ciência tenha alcançado um estágio mais avançado, em que conceitos mais precisos aos objetivos da ciência tenham sido desenvolvidos, aqueles conceitos devem ser eliminados por completo.

Ao que parece, para Mach (1959 [1886]), a noção de complexo de elementos ou sensações é esse conceito. Todos os objetos das ciências podem ser explicados com base nessa noção. Os diferentes objetos de estudo nada mais são do que combinações diferenciadas dos elementos desse complexo. Por exemplo, a combinação de um elemento *x* com outro *y* pode produzir o *psíquico*; a combinação entre elementos *z* e *w*, pode resultar no *mundo*; outra combinação ainda pode originar o *ego*, e assim por diante. E já que no contexto científico, devemos alcançar definições econômicas e precisas, falemos, então, do complexo de elementos *x* e *y*, e não de *psíquico*, já que este último termo carrega concepções metafísicas acerca da natureza das coisas, alimentando dicotomias que são inadequadas aos objetivos da ciência, na perspectiva machiana.

Tão logo tenhamos percebido que as supostas unidades “corpo” e “ego” são somente substitutos temporários, designados para orientação provisória e finalidades práticas definidas (a fim de que possamos segurar os corpos, proteger nós mesmos contra a dor, e assim por diante) nos encontramos obrigados, em investigações científicas mais avançadas, a abandoná-las como insuficientes e inapropriadas. A antítese entre ego e mundo, entre sensação (aparência) e coisa, então, desaparece, e temos simplesmente que lidar com a conexão de elementos $\alpha\beta\gamma\dots ABC\dots KLM^5\dots$ das quais essa antítese foi somente uma expressão parcialmente apropriada e imperfeita. Essa conexão é nada mais, nada menos do que a combinação dos elementos acima mencionados com outros elementos similares (tempo e espaço). A ciência tem simplesmente que aceitar essa conexão, e ficar dentro de seus limites, sem querer, ao mesmo tempo, explicar sua existência. (Mach, 1959 [1886], pp. 13-14).

Diante dessas considerações, podemos indagar: o emprego das referidas antíteses poderia ser tratado como um critério de parco avanço científico? Ou ainda, ciências que fazem uso desses conceitos podem ser consideradas pouco desenvolvidas? Uma resposta precisa exige outras análises. Não obstante, se ouvirmos as palavras de Mach (1959 [1886]), teríamos a seguinte proposta de ciência: o corpo de todo o conhecimento científico é erigido a partir do complexo de elementos. E “o objetivo de toda pesquisa é determinar o modo de conexão desses elementos” (Mach, 1959 [1886], p. 22).

Através de que conceito a ciência realiza esse último objetivo? Quais conceitos ela emprega para descrever a conexão entre os elementos do complexo? O

⁵ No texto machiano esses grupos de letras representam, respectivamente: ego, mundo e corpo.

exame dessa questão nos remete inescapavelmente à análise do conceito de causalidade.

2. A CRÍTICA MACHIANA DA NOÇÃO DE CAUSALIDADE

Na perspectiva machiana, a ciência tem a tarefa de descrever os fenômenos, e o objeto dessa descrição nada mais é do que a interdependência complexa dos elementos da natureza (Mach, 1960 [1893]). Reparemos, primeiramente, que a tarefa da ciência é descrição e não explicação. A dicotomia explicação *versus* descrição também é criticada por Mach. Ela pode ser entendida como a contraparte exata da antítese realidade *versus* aparência. Em uma perspectiva realista, a explicação consiste na descoberta de como as coisas realmente são. As explicações anunciam por que as coisas acontecem. Elas diferem das meras descrições. Essas só nos contam as aparências das coisas, anunciando *como* as coisas acontecem e não *por que* acontecem. Nesse sentido, *explicar* e *descrever* sugerem duas atividades distintas e exclusivas: descrever não é o mesmo que explicar. Descrever aparece como uma primeira etapa de um processo que culmina na explicação ou interpretação dos fenômenos – o que, na perspectiva realista, pode significar o desvelamento de uma realidade imutável subjacente ao fenômeno.

Lembremos que Mach (1959 [1886]) dissolve a dicotomia realidade e aparência argumentando que não se tratam de existências distintas, mas são combinações diferentes de elementos. Nessa mesma linha de raciocínio, podemos dizer que a explicação não acessa o que realmente existe, reservando para a descrição apenas o plano das aparências. Quando Mach fala de descrição, o que está em jogo são descrições de relações. E para ele não há mais nada do que a ciência pode se ocupar do que das relações de interdependência entre os elementos do complexo. Dessa forma, explicação e descrição são a mesma coisa; não sendo, portanto, atividades distintas. O aspecto essencial da descrição, afirma Mach, são as relações entre os elementos; e quando descrevemos relações entre os elementos, explicamos: A “explicação nada mais é do que a descrição em termos de elementos” (Mach, 1959 [1886], pp. 337-338).

Notemos, em segundo lugar, que ao atribuir à ciência a tarefa de descrever os fenômenos, Mach (1960 [1893]) delimita quais são os fenômenos passíveis de descrição pela ciência: “a descrição pressupõe o emprego de nomes pelos quais designam seus elementos; e nomes podem adquirir significado somente quando aplicados a elementos que constantemente reaparecem” (Mach, 1960 [1893], p. 6). Mencionamos, até o momento, que o mundo, na visão machiana, é um fluxo de elementos-sensações, e que abstraímos desse fluxo os elementos que são mais estáveis e regulares. Todavia, mesmo esses elementos mais estáveis também mudam. Quando damos nomes às coisas desconsideramos a mudança, e focamos mais nossa atenção nos elementos constantes. Isso fica claro quando Mach (1943 [1894]) discute

o papel da linguagem: “a linguagem, com seu ajudante, o pensamento conceitual, ao fixar o essencial e rejeitar o secundário, constrói uma figura rígida do mundo fluido sobre o plano de um mosaico, com sacrifício de exatidão e fidelidade” (Mach, 1943 [1894], p. 192).

Nesse sentido, o pensamento conceitual é limitado, pois ao abstrair regularidades, é incapaz de retratar, ao mesmo tempo, a fluidez e mutabilidade do mundo. Ele fixa, paralisa, estagna o que é movimento, fluxo. E é justamente essa limitação que estabelece o campo das relações que são alvo da ciência; “a natureza existe somente uma vez. Apenas a nossa imitação mental esquemática produz eventos semelhantes. Portanto, é só na mente que a dependência mútua de certos eventos existe” (Mach, 1943 [1894], p. 199). Eis a conclusão humeana ecoando na filosofia de ciência de Mach. A paralisação desse fluxo de elementos é que compreende o objeto de estudo das ciências físicas. Assim, no nível epistemológico, lidamos com uma regularidade entre os eventos, que é resultado da interrupção do fluxo mutável de elementos.

Em vista disso, precisamos de um conceito que seja capaz de realizar uma descrição adequada desse fluxo, ou seja, um conceito que seja flexível o bastante para retratar a dinâmica dos elementos da natureza, isto é, a sua regularidade e mutabilidade. Além do mais, deve o fazer sem inserir pela porta dos fundos enunciados metafísicos. Será que o conceito de causa-e-efeito é adequado para cumprir essa tarefa?

A resposta machiana é negativa e pauta-se em pelo menos duas críticas ao conceito de causalidade: 1) o conceito de causalidade é carregado de obscuridades metafísicas, como as noções de força ou agência; 2) trata-se de um conceito rígido, ou seja, pressupõe uma relação inexorável entre os eventos.

Assim como Hume (1748/1980), Mach (1960 [1893], 1943 [1894]) também critica a idéia de causa como força ou agência. Nessa perspectiva, a causa é definida como um evento que produz o efeito, e não apenas como um evento do qual se segue um outro. Mach argumenta que noção de causa como um evento ou fator que gera, produz ou impulsiona algo é adicionada às relações entre os eventos. Não sendo, portanto, verificada empiricamente. Por isso, alega que a idéia de causa como força está carregada de obscuridades metafísicas.

Na esteira de Hume, Mach (1960 [1893]) entende que a lei da causalidade simplesmente afirma uma relação de dependência entre os eventos. Como é possível depreender dessa discussão, ele também rejeita a idéia de conexão necessária, ou seja, de algum poder, na causa, que produz infalivelmente o efeito: “A noção de necessidade da conexão causal é provavelmente criada pelos nossos movimentos voluntários no mundo e pelas mudanças que esses indiretamente produzem, como Hume supôs” (p. 581). Contrariamente à noção de causalidade, Mach propõe o conceito de função afirmando a sua natureza factual. As relações funcionais, na perspectiva machiana, não são concebidas como conexões necessárias que poderiam ser conhecidas *a priori*; elas são determinadas empiricamente através da observação e experimentação. Elas descrevem, apenas, que os eventos seguem-se uns aos outros

de maneira uniforme ou constante. Nesse sentido, as relações funcionais não expressam a conexão genética entre os eventos (isto é, a produção de um evento por outro), mas sim, a dependência mútua entre eles.

Além de ser comprometido com enunciados metafísicos de força e agência, o conceito de causalidade é algo demasiadamente rígido. Ele não é preciso o bastante para descrever as complexas e múltiplas relações que os elementos da natureza podem apresentar. A crítica machiana referente à rigidez do conceito de causa fica evidente na seguinte passagem:

A antiga concepção tradicional de causalidade é algo perfeitamente rígido: uma dose do efeito segue a uma dose da causa. Uma espécie de concepção primitiva e farmacêutica do universo é expressa nessa visão, como na doutrina dos quatro elementos. A própria palavra “causa” deixa isso claro. As conexões da natureza raramente são tão simples que em qualquer caso dado nós possamos apontar uma única causa e um único efeito. Eu, portanto, há muito propus substituir a concepção de causa pela concepção matemática de função – isto é, pela concepção da dependência dos fenômenos uns dos outros, ou, mais precisamente, pela dependência das características dos fenômenos uns dos outros. Essa concepção é capaz de qualquer extensão ou limitação que se deseje, de acordo com o que é exigido pelos fatos investigados. (Mach, 1959 [1886], p. 89).

Quando Mach (1960 [1893], 1943 [1894]) destaca a rigidez da noção de causalidade parece ter no horizonte a unicidade do elo causal, a correspondência recíproca de “um-para-um” entre causa e efeito. Em outras palavras, a relação entre causa e efeito é tal que há um único efeito para cada causa e vice-versa. A unicidade do laço causal pode ser expressa pelos conceitos de necessidade e suficiência causal. Exemplificando: consideremos o evento **A** como causa e o evento **B** como efeito. Se **A** produz sempre **B** dizemos que **A** é uma causa suficiente de **B**. Dizemos que **A** é uma causa necessária de **B** se **B** não pode ocorrer na ausência de **A**. Tendo em vista esses termos, afirmar a unicidade e do nexos causal equivale dizer que a causa é necessária e suficiente para a ocorrência do efeito: o efeito **B** não teria ocorrido se a causa **A** não tivesse ocorrido (necessidade) e, uma vez que houve a causa **A**, o efeito **B** tinha que ocorrer (suficiência). Segundo Mach, essa relação obrigatória de uma única causa para um único efeito, e de um efeito específico para uma causa específica, não é flexível o bastante para o cientista descrever a multiplicidade de combinações possíveis entre os fenômenos da natureza. Dito de outro modo, o nexos causal unilateral torna a *causalidade* uma teoria muito pobre para descrever a riqueza das relações de interdependência entre os eventos na natureza.

Já o conceito de função mostra-se mais adequado para descrever as relações entre os elementos. E isso acontece não somente quando mais de dois elementos estão em relação direta, como no caso da equação $PV/T=K$. O conceito de função revela sua superioridade de maneira mais proeminente nas situações em que os elementos estão em dependência mediata, isto é, quando a relação entre dois eventos é separada por uma série de outros eventos intermediários. Desse modo, a mudança

registrada em um dado evento é descrita como resultado de uma multiplicidade de combinações entre vários eventos, e não como produto da ocorrência de um único evento.

Quando dois ou mais elementos são dependentes imediatamente, dizemos que um é função do outro. Em termos tradicionais, diríamos que os conceitos de causa e efeito são intercambiáveis. Por exemplo, o condutor térmico a aquece o b , e este por sua vez aquece o primeiro. Agora, quando temos inúmeros elos separando um e outro, o caminho já não pode ser invertido. Se um corpo a transmite calor para corpos $b, c...$ até n , não mais podemos dizer que a sozinho determina a mudança de n , mas que todos os corpos intermediários e suas posições participam dessa determinação (Mach, 1976 [1905]).

Citemos um exemplo machiano (Mach, 1959 [1886], pp. 91-92). Suponhamos que s seja o sol e k um corpo localizado em um meio qualquer. O calor do sol é considerado a causa do aumento de temperatura do corpo k , isto é, o aumento da temperatura segue regularmente a iluminação de k . Por outro lado, o corpo k , ou a mudança em sua temperatura, não pode ser considerada a causa da mudança de temperatura de s . Como comumente aconteceria se s e k mantivessem entre si uma relação imediata. Nesse caso, as duas mudanças seriam simultâneas e poderiam determinar mutuamente uma e outra. Mas a razão do porquê isso não acontece deve ser buscada em elementos intermediários, como a, b, c que participam do meio, e determinam mudanças não somente em k , mas também em outros elementos. Dessa forma, k permanece em relação de determinação mútua com inúmeros elementos, e somente uma porção irrisória de luz que ele reflete encontra uma maneira de retornar ao sol. Em circunstâncias análogas, é que devemos procurar por que um corpo k lança uma imagem sobre a retina n , e produz uma sensação visual e , da qual uma memória permanece, embora a memória não restitui nem a retina n nem o corpo total k . Dessa forma, a limitação das noções de causa e efeito fica patente nos casos de cadeias de dependências mediadas por inúmeros elos.

Ora, se a dependência funcional relaciona vários elementos um pode ser função do outro. O que antes era causa pode ser efeito e vice-versa. Nesse sentido, a relação funcional quebra com a dependência unilateral afirmada pela relação causal, isto é, somente as causas são ativas, e os efeitos são suas conseqüências passivas. Em outras palavras, a noção de função rompe uma propriedade presumida pelas relações causais, a assimetria (causas produzem seus efeitos e não o contrário).

Mais uma vantagem do conceito de função: as relações funcionais permitem também expressar relações probabilísticas de interdependência entre os elementos. Muitas vezes, a apresentação de um evento a não é seguida do evento b . Pode ser seguida do evento c, d, e, f . Além do mais, a ocorrência do evento b pode não ter sido precedida pelo evento a . Em outras palavras, a ocorrência de um evento a não é nem suficiente nem necessária para a ocorrência do evento b . Assim, não há uma obrigatoriedade na relação de a para b . A noção de função expressa essa não obrigatoriedade da relação, pois ela é probabilística. Em uma descrição funcional, a ocorrência do evento a pode ser seguida pela ocorrência do evento b . Em vista dessas

características, podemos dizer também que a relação funcional é dinâmica, sendo por isso capaz de descrever a multiplicidade e variedade de combinações entre as variáveis ampliando o escopo de análise.

Além disso, a noção de causalidade lida com uma concepção de relações que pressupõe uma contigüidade espaço-temporal. A causa é o evento imediatamente anterior ao efeito. Tal idéia pode trazer consequências funestas para a prática científica, na perspectiva de Mach (1960 [1893]). Na tentativa de assegurar o elo contíguo e necessário entre causa e efeito, comumente postula-se um elo intermediário não-empírico, para conectar a causa ao efeito. E, não raro, essas entidades hipotéticas, invocadas para preencher as fissuras entre causa e efeito, acabam por se tornar o objeto principal da pesquisa. Contrariamente, o conceito de função admite a possibilidade de uma ação à distância. Mach (1959 [1886]) afirma que o alcance espacial e temporal das relações funcionais dentro do qual nossas conjecturas operam é muito amplo: partindo do presente, podemos tentar prever o futuro ou o passado distante, e podemos fazer conjecturas interessantes. Mesmo diante dessa possibilidade, Mach adverte que quanto mais longe formos do presente, menos seguras devem ser as bases de nosso raciocínio (Mach, (1959 [1886]), p. 92).

Em vista dessas considerações, é possível perceber que a crítica machiana ao conceito de causa-e-efeito obedece a uma “lógica” semelhante àquela empregada no exame de conceitos como corpo, substância, dentre outros. Primeiramente, Mach (1960 [1893], 1943 [1894], 1976 [1905]) discute como o conceito de causalidade está carregado de obscuridades metafísicas, tais como as noções de força ou agência. Posteriormente, revela as limitações desse conceito como um instrumento para descrever a interdependência complexa dos elementos na natureza: além de ser um conceito carregado de conotações metafísicas, é também limitado para descrever a dinâmica das relações entre os eventos na natureza. Por fim, propôs um substituto radical ao conceito de causalidade, a noção de relação funcional. Uma noção cujos limites de análise não ultrapassam o nível da experiência, sendo capaz de retratar o caráter flexível e dinâmico das relações entre os eventos.

Lembremos que Mach afirmou que os conceitos de corpo, ego têm utilidade prática na vida cotidiana. E mesmo na ciência. Entretanto, nesse campo a sua utilidade era apenas provisória. Tão logo conceitos mais adequados à tarefa científica fossem desenvolvidos, aqueles termos deveriam ser imediatamente abandonados. Esse raciocínio poderia ser estendido ao conceito de causalidade? Isto é, o emprego dos termos *causa* e *efeito* é legítimo apenas no contexto do senso comum, sendo vetado no contexto científico? Poderíamos abandonar tais conceitos sem prejuízo para o discurso científico?

Considerando que “a noção de causa possui significado somente como um meio de conhecimento ou orientação provisória” (Mach, 1960 [1893], p. 582), seria plausível pensar que ciências que ainda empregam o conceito de causalidade podem ser consideradas atrasadas do ponto de vista do desenvolvimento científico? Ou ainda, que o conceito de causalidade só encontra guarida em teorias científicas

antigas, que revivem uma ontologia não mais existente? Será que *causalidade* pode ser considerada uma *folk science* (Norton, 2003)? Em contrapartida, podemos dizer que em ciências desenvolvidas o conceito de causa está com os dias contados? Mas o fato dos conceitos de causa-e-efeito e causalidade não mais serem fundamentais à ciência, como sugere Mach, implica que a fala causal seja inútil e sem sentido?⁶

3. DETERMINISMO E INDETERMINISMO NA PERSPECTIVA DE ERNST MACH

No início deste ensaio examinamos como Mach encaminha a discussão de dicotomias características do pensamento científico e filosófico, tais como físico *versus* psíquico; substância *versus* atributos; realidade *versus* aparência; explicação *versus* descrição. A diferença entre os participantes dessas díades não é tratada em termos de uma realidade fundamental, mas como uma diferença de perspectiva ou ponto de vista do complexo de elementos-sensações. Agora nos deparamos novamente com outra dicotomia marcante do discurso científico e filosófico, o par determinismo *versus* indeterminismo. E, novamente, o encaminhamento machiano da questão parece similar ao das demais dicotomias mencionadas.

Segundo Mach (1976 [1905]), não podemos decidir empiricamente acerca de uma das teses. Ou seja, os dados empíricos podem ser consistentes tanto com o determinismo quanto com o indeterminismo⁷. Mas existem pressuposições que

⁶ Norton (2003) nega que o mundo é fundamentalmente causal. Por conseguinte, a ciência não é governada pelo princípio ou lei da causalidade. Desse modo, ‘causas’ e ‘efeitos’ não exercem papel capital em ciências maduras. Todavia, admite que a prática científica é amplamente permeada pela fala causal. Nesse sentido, as noções de causa e efeito são heurísticamente úteis, mas longe de serem princípios fundamentais da ciência. As teorias poderiam se conformar a uma *folk science* da causalidade quando são restritas a domínios adequados. Dito de outro modo, ‘causas’ e ‘efeitos’ são úteis em casos limites, em que é mais fácil ou útil recuperar noções de teorias físicas antigas, tais como força gravitacional, a noção de elétrons como partículas e do calor como fluido. Assim, causas e efeitos não são reais no sentido de que não fazem parte da ontologia científica fundamental. Mas podem ser úteis em circunstâncias específicas, nas quais o mundo se comporta como se causas identificadas fossem fundamentais. Em tese, a conclusão de Norton é que causas são tão reais na ciência quanto forças calóricas e gravitacionais.

⁷ Um exemplo emblemático dessa situação é a disputa entre Einstein e Bohr (1981) sobre a interpretação da mecânica quântica. Seguindo uma interpretação determinista, Einstein argumenta que a mecânica quântica é uma teoria incompleta no sentido de que, subjacente a sua estrutura probabilística, encontra-se um determinismo clássico descrevendo interações entre os objetos físicos. Mais especificamente, Einstein, Podolsky e Rosen consideram a teoria quântica como sendo uma descrição incompleta da realidade física, pois não é possível, na descrição do estado de um sistema mecânico, atribuir valores definitivos a duas variáveis canonicamente conjugadas. Frente a essa situação, espera-se que uma teoria mais satisfatória possa ser desenvolvida. Contrária à posição de que a indeterminação ou probabilidade consiste em uma descrição incompleta da realidade física, o físico Bohr defende que a mecânica quântica

fazemos sobre as coisas, dependendo do que enfocamos na pesquisa científica. É nesse contexto que o determinismo e indeterminismo são discutidos: “durante a pesquisa cada pensador é necessariamente um teórico determinista, mesmo se está preocupado com meras probabilidades” (Mach, (1976 [1905]), p. 208). Isso porque a prática científica pressupõe constâncias. Caso não, o que a ciência investigaria? Essas constâncias são dependências mútuas de elementos ou relações funcionais entre eles. Elas descrevem leis, que nos permitem conjecturar o passado e o futuro.

Não obstante, mesmo a consideração de constâncias não exclui a possibilidade de “falhas” em instâncias individuais:

Nenhum fato da experiência repete-se com absoluta precisão, cada nova descoberta expõe falhas de *insight* e revela resíduos de dependências até então despercebidos. Portanto, mesmo o determinista teórico extremo deve, na prática, permanecer um indeterminista, especialmente se ele não deseja tornar descobertas altamente importantes impossíveis pela especulação. (Mach, 1976 [1905], p. 208).

O tratamento machiano das teses deterministas e indeterministas pode ser entendido à luz de seu exame da relação entre síntese e análise. Lembremos que uma das grandes confusões geradoras de pseudoproblemas científicos e filosóficos refere-se ao conflito entre síntese e análise, ou entre regularidade e mutabilidade. Mais especificamente a tentativa de conduzir síntese e análise simultaneamente. Nessa linha, será que dizemos que o mundo é determinista quando olhamos apenas para a permanência ou regularidade dos objetos e interpretamos as mudanças como meros acidentes? Ou dizemos que o mundo é indeterminista quando focamos apenas a mudança, tratando a regularidade com simples abstração?

Ora, se seguirmos o pensamento machiano, poderíamos dizer que o cientista pode assumir posicionamentos deterministas e indeterministas. Não ao mesmo tempo, mas quando a sua pesquisa exige ou uma ênfase na regularidade, ou uma atenção especial nas mudanças.

Em um programa científico, o determinismo, e mesmo o indeterminismo, inscrevem-se mais como uma perspectiva ou ponto de vista da interpretação dos fatos do que uma declaração sobre o funcionamento do mundo: “Essas [determinismo e indeterminismo] são pressuposições que trazemos para examinar as coisas, dependendo se damos maior peso subjetivo ao sucesso passado ou às falhas

apresenta-se como uma descrição completa dos fenômenos físicos, tal como os que se encontram nos processos atômicos. Deste lado, temos a interpretação indeterminista da probabilidade como um aspecto irreduzível dos fenômenos físicos; daquele, a interpretação determinista que reconhece probabilidade como resultado de falhas no isolamento ou no estabelecimento de condições iniciais idênticas. A situação nos leva a pensar que não há critério disponível para decidir entre as teses: tanto o determinismo, quanto o indeterminismo não podem ser empiricamente refutados. Dependendo do “ponto de vista” técnico ou filosófico, o sistema pode ser indeterminista ou determinista.

passadas da pesquisa” (Mach, 1976 [1905], p. 208). Adotando esse sentido, o determinismo se expressaria como um conjunto de atitudes do pesquisador frente a seu objeto de estudo, que se caracterizaria pela ênfase na estabilidade ou regularidade dos fenômenos. Assim, *determinismo* não assume a conotação de uma determinação inexorável, que hipostasia a necessidade, mas apenas como uma postura de enfatizar as regularidades ou constâncias na pesquisa científica. Da mesma forma, *indeterminismo* perde o sentido de desordem e caos absolutos, e passa a descrever a atitude do cientista de focar as mudanças, as probabilidades ou instabilidades no exame do seu objeto de interesse.

Nessa situação é que Mach (1976 [1905]) afirma que um cientista deve ser determinista, pois deve buscar leis ou regularidades que explicam seu objeto de estudo. Mas afirmar que tudo é determinado seria imprudente, quando prestarmos atenção nas mudanças. Nesse caso, o pesquisador deve também ser um indeterminista, já que mudanças, variações, instabilidades acontecem, e devemos lidar com elas para produzir conhecimento sobre um dado objeto. Mas enunciar que tudo é indeterminado perde significado quando nos determos na estabilidade dos elementos do complexo, e na possibilidade de descrever essa regularidade na forma de leis gerais.

Em suma, podemos dizer que *determinismo* e *indeterminismo* não são encarados como termos contraditórios, mas como teses complementares, já que caracterizam as diferentes posturas que o pesquisador deve adotar na prática científica: a busca de leis ou regularidades (determinismo) e o tratamento das mudanças ou probabilidades (indeterminismo).

CONCLUSÃO

O alvo deste ensaio foi examinar os conceitos de causalidade e determinismo na filosofia da ciência de Ernst Mach. Preparamos o terreno para esse estudo explorando alguns aspectos característicos da proposta de ciência machiana. O exame das dicotomias que marcam o discurso científico e filosófico revelou o procedimento machiano de limpeza conceitual do sentido metafísico dos conceitos científicos. As diferenças entre conhecimento ordinário e científico acentuaram a obrigatoriedade por parte da ciência de realizar essa “purificação” conceitual. Essa discussão estabeleceu o contexto para avaliarmos a adequação do conceito de causalidade à tarefa de descrever o modo de conexão dos eventos na natureza. Constatamos que a relação causal falha nessa empreitada. Além de ser um conceito carregado de conotações que ultrapassam os limites da experiência, ele se mostra impreciso ou insuficiente para expressar as múltiplas e complexas relações entre os eventos. A noção de relação funcional aparece como a alternativa não-metafísica ao conceito de causalidade, afora a sua capacidade, na perspectiva machiana, de representar as relações dinâmicas de dependência entre os eventos.

A designação do complexo de elementos-sensações como objeto de estudo da ciência física, e como as propriedades de estabilidade e mutabilidade desse complexo encorajam diferentes perspectivas de interpretação do fenômeno, nos ajudaram a compreender o inusitado tratamento machiano de questões espinhosas à ciência, como o debate determinismo *versus* indeterminismo. Diferentemente de interpretações canônicas do assunto, que concebem esses termos como necessariamente contraditórios, a proposta machiana de tratá-los como perspectivas distintas de interpretação do objeto de interesse, mostra-se mais a favor da complementaridade dessas teses, do que um atestado de sua oposição.

O determinismo aparece como uma máxima ou princípio regulador da pesquisa científica, conduzindo o olhar do pesquisador à busca de regularidades ou leis. Mas desprezar as mudanças, tratando-as como meros acidentes de algo imutável não parece ser frutífero ao avanço da ciência. É necessário encarar as mudanças ou instabilidades como algo característico e legítimo no processo de produção de conhecimento científico, tal como as próprias leis. Daí a importância de se adotar uma postura indeterminista, que desloca o olhar do cientista para a busca e compreensão das instabilidades e probabilidades.

As propostas estritamente positivistas e fenomenalistas de Mach, como expressas em seu argumento antimetafísico, são passíveis de crítica na ciência contemporânea. Todavia, elas levantam a questão da importância de examinarmos a linguagem empregada na ciência, já que as palavras são o meio pelo qual os cientistas expressam relações. A crítica machiana ao conceito de causalidade sugere que o sistema conceitual inerente à linguagem da causalidade parece nos conduzir a uma visão unidirecional, linear e rígida das relações entre os eventos. Por conseguinte, o afastamento do pensamento causal e da linguagem característica desse pensamento abre a possibilidade de buscarmos um modo de explicação dos fenômenos mais dinâmico. O que envolveria, na perspectiva machiana, a descrição de relações de interdependência funcional entre os eventos, tanto de um ponto de vista determinista, com vistas à descoberta de leis; quanto de um ponto de vista indeterminista, considerando o papel capital das instabilidades e mudanças nesse processo.

Talvez haja ganhos significativos ao debate filosófico e científico se explorarmos as contribuições de Mach que vão além da questão do estatuto ontológico dos átomos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOHR, N. A descrição da realidade física fornecida pela mecânica quântica pode ser considerada completa? *Cadernos de História da Filosofia*, 2, 1981.
- HUME, D. *Investigação sobre o entendimento humano*. Coleção Os pensadores. (Trad. A. Sérgio). São Paulo: Abril Cultural, 1980 [1748].
- MACH, E. *The analysis of sensations*. New York: Dover Publications, 1959 [1886].

MACH, E. *The science of mechanics: a critical and historical account of its development*. Illinois: Open Court, 1960 [1893].

MACH, E. The economical nature of physical inquiry. Em *Popular Scientific Lectures*. Illinois: Open Court, 1943 [1894].

MACH, E. *Knowledge and Error: sketches on the psychology of enquiry*. D. Reidel: Boston, 1976 [1905].

NORTON, J. D. Causation as folk science. In: Zalta, Edward N. (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Stanford University, 2003. In: <http://www.plato.stanford.edu/achieves/spr2003/entries/causation> Acessado em: 20/10/2006.

