

Dialéctica e mecânica quântica

Ana Henriques Pato
Centro de Filosofia das Ciências da Universidade de Lisboa
anahpato@gmail.com

Resumo:

Partindo de uma posição marxista, procura-se colocar em evidência a importância da dialéctica na ciência, não só enquanto método, mas também enquanto atributo do objecto da ciência a qual, em nome de uma maior inteligibilidade, deve procurar reflecti-lo na sua dinâmica, inter-relação e contradição intrínsecas.

Com esta intenção de fundo, trata-se aqui especificamente o caso da mecânica quântica e procura-se mostrar como a interpretação ortodoxa da mecânica quântica, actualmente vigente, com o seu princípio da complementaridade, é resultado de uma abordagem não dialéctica (mesmo que dela se reclame) nomeadamente da relação entre as propriedades ondulatórias e corpusculares da matéria.

Neste contexto, pretende-se nomeadamente discutir de que forma a categoria de contradição dialéctica pode fornecer um quadro conceptual útil à ciência no sentido da superação daquela posição dualista, expressa no princípio da complementaridade, e de uma compreensão das relações recíprocas entre onda e corpúsculo, assente na defesa da possibilidade do conhecimento (científico) do mundo na unidade em que ele verdadeiramente consiste.

Palavras-chave: dialéctica, contradição, ciência, mecânica quântica

Niels Bohr, em 1927, formula pela primeira vez o princípio da complementaridade. No artigo da *Nature*, publicado no ano seguinte, que decorre dessa comunicação proferida na conferência em homenagem a Volta, que decorria em Como, Itália, o famoso físico dinamarquês, afirma que “a própria natureza da teoria quântica força-nos, portanto, a olhar para a coordenação espaço-temporal e a causalidade, a união das quais caracteriza as teorias clássicas, como características

complementares mas exclusivas da descrição, simbolizando a idealização da observação e definição respectivamente” ((1928) 2010: 580).

O que aqui Bohr afirma nesta primeira formulação é, em traços grossos, que não é possível saber onde está uma partícula, no espaço e no tempo (aqui a parte da observação) e simultaneamente conhecer como um sistema evolui a partir do anterior (aqui a parte da causalidade associada à definição, isto é, compreensão). Ou a coordenação espaço-temporal ou a causalidade. Ou a observação ou a definição. Ou ver ou compreender¹.

Este princípio, que Bohr eleva a princípio epistemológico geral, é formulado sustentando-se no facto de, no domínio quântico, ao contrário do domínio clássico, a interacção entre instrumento de medida e o objecto não ser mais negligenciável. Nas suas palavras: “Na física quântica, esta interacção forma, então, uma parte inseparável do fenómeno” ((1958) 2010: 311). Tal interacção coloca um “limite absoluto à possibilidade de falar de um comportamento dos objectos atómicos que seja independente dos meios de observação”. Em mecânica quântica, diz Bohr, “não estamos a lidar com uma renúncia arbitrária de uma análise mais detalhada dos fenómenos atómicos, mas com o reconhecimento que tal análise é *em princípio* excluída” ((1949) 2010: 62).

Esta interacção teria como consequência não ser possível conhecer simultaneamente, por exemplo, a posição e a velocidade de uma partícula para além de determinado limite, as quais seriam chamadas de grandezas complementares. E isto por princípio. Haveria limites que, por princípio, seriam intransponíveis. Estes seriam limites próprios do conhecimento humano.

É este princípio da complementaridade que vai estar

1. Ver Moreira (2009: 127). Para um estudo mais desenvolvido sobre a ligação entre o pensamento de Bohr e o de Harald Høffding, o seu professor de filosofia, ver Moreira (2011).

na base do chamado dualismo onda-corpúsculo. Nas palavras de Bohr, diz ele mais tarde, “a continuidade espacial da nossa imagem da propagação da luz e a atomicidade dos efeitos luminosos são aspectos complementares no sentido em que eles dão conta de características igualmente importantes do fenómeno da luz que não podem nunca ser postos em contradição directa um com o outro, uma vez que a sua análise em termos mecânicos exige arranjos experimentais mutuamente exclusivos” ((1933) 2010: 5). Ou onda, ou corpúsculo.

O dualismo onda-corpúsculo, que nesta citação aparece enunciado, é um dos maiores problemas herdados da física do século XX (Moreira, 2009: 137). No fundo, trata-se da compreensão da natureza da matéria no seu nível mais elementar. E a mecânica quântica, que encontra a sua origem no primeiro quartel do século passado e que se veio firmando, confirmando e gerando inúmeras aplicações, é uma teoria cujos fundamentos continuam a suscitar inúmeros debates científicos e filosóficos. Esse debate não só não está resolvido como testemunha um renovado interesse².

Niels Bohr é um dos pais da mecânica quântica. As suas ideias são estruturantes daquilo que se veio a designar como a interpretação ortodoxa ou de Copenhaga³. É hoje a interpretação dominante e aceite pelos físicos (nem que seja apenas de forma operacional). No entanto, e logo desde o início, ela conheceu oponentes de peso e nasceram outras linhas de investigação que, em segundo plano, se desenvolveram em oposição àquela (nomeadamente face a questões estruturantes como o realismo científico, a causalidade, a cognoscibilidade).

Tudo isto ressoa ao debate que Lénine nos traz em *Materialismo e Empirio-criticismo*. Lénine refere-se àquilo a que chama “idealismo físico” e mostra como na base de diferentes escolas físicas está a luta entre materialismo e idealismo. É,

2. Ver, por exemplo, Freire Jr. (2011).

3. É um facto que não se pode tomar esta interpretação como absolutamente homogénea. Mas há traços comuns entre as posições dos seus autores que nos permitem tomar os traços gerais.

pois, justo perguntar em que medida as diferentes interpretações da mecânica quântica têm na sua base a oposição entre essas duas correntes. No entanto, não é esse o tema específico que aqui se abordará.

Aquilo que se procurará fazer, em face da necessidade de circunscrição, é argumentar como o princípio da complementaridade de Bohr, no qual assenta a interpretação ortodoxa da mecânica quântica, é resultado de uma abordagem não dialéctica, nomeadamente da relação entre as propriedades ondulatórias e corpusculares da matéria. E pretende-se evidenciar como uma abordagem dialéctica, nomeadamente através da categoria de contradição, pode fornecer um quadro conceptual útil à ciência no sentido da superação daquela posição dualista que permita uma compreensão das relações recíprocas entre onda e corpúsculo, assente na defesa da possibilidade do conhecimento do mundo na unidade em que ele verdadeiramente consiste.

2

Vejamos, então, qual o problema em causa.

O princípio da complementaridade introduzido por Bohr emerge de uma dificuldade encontrada pelos cientistas em resolver um “dilema” com que se depararam. Sabia-se que a radiação electromagnética eram ondas e que as partículas atómicas eram corpúsculos. Mas veio a verificar-se que afinal a radiação manifestava um comportamento corpuscular e que as partículas um comportamento ondulatório. A matéria era, ao mesmo tempo, onda e corpúsculo. Mas, para dificultar, as experiências não evidenciam nunca esse carácter simultaneamente: um dado arranjo ora evidencia o carácter ondulatório, ora o carácter corpuscular.

A complementaridade foi a solução encontrada por Bohr para lidar com tal contradição. Como ele próprio considera, a complementaridade aparece como uma forma, ou a forma, de resolver contradições; segundo Bohr, como forma de evitar “contradições aparentes” com que o conhecimento humano se depara ((1935) 2010: 696). Este princípio é formulado com o objectivo de, segundo ele, compatibilizar “logicamente” resultados aparentemente contraditórios obtidos por diferentes arranjos experimentais ((1937) 2010: 291). Segundo Bohr, as evidências ter-nos-iam levado a concluir da existência de fenómenos impossíveis de compatibilizar numa única “imagem”, pelo que só a complementaridade tornaria possível uma descrição racional desses fenómenos.

Mas a pergunta que devemos agora pôr é: de que tipo de contradição se está a falar aqui?

Engels ((1878), 1987) criticava Dühring que negava a existência de contradições reais, entenda-se: contradições objectivamente existentes, que existem independentemente da consciência e da vontade do sujeito. De acordo com ele, a contradição seria algo que apenas poderia ocorrer no pensamento e sinónimo de absurdo. Trata-se, de facto, de uma posição típica acerca da contradição.

É precisamente este tipo de posição que Engels vai rebater a partir de um ponto de vista materialista e dialéctico mostrando que, apesar do que possa pensar o chamado “senso-comum”, a contradição tem um fundamento objectivo. Pode-se, na verdade, falar de dois tipos de contradição: por um lado, aquelas que existem na realidade, objectivamente, independentemente da nossa vontade e pensamento; por outro, aquelas que pertencem apenas e só ao pensamento, ao raciocínio, e se referem nomeadamente ao raciocínio errado. É por Marx ter presente esta diferenciação que pode, por exemplo, afirmar, criticando Mill, que “tanto a «contradição» de Hegel, fonte de toda a dialéctica, lhe é estranha, como as contradições

mais rasas [plates] lhe são familiares”⁴(Elez, 1962: 181). É essa mesma diferenciação que explica que Lênine possa afirmar, num lado, que “não deve haver «contradição lógica» nem na análise económica, nem na análise política, na condição, bem entendido, que o pensamento lógico se desenvolve de maneira correcta” (Elez, 1962: 187)⁵ e, noutro lado, afirmar, referindo-se agora à contradição presente na “produção pela produção”, que “trata-se de uma contradição não da doutrina, mas da vida real; é uma contradição que corresponde à própria natureza do capitalismo”(Elez, 1962: 187)⁶.

A tal contradição de Hegel, fonte de toda a dialéctica, a que Marx se refere e que ele vai apropriar e inverter de maneira materialista, apresenta-se como a unidade e a luta objectivas de contrários que se excluem, se condicionam e se interpenetram, no seio de uma mesma coisa ou conceito. Esta contradição, a contradição dialéctica, manifesta-se em todos os processos da Natureza, da Sociedade e do Pensar, independentemente da nossa consciência, correspondendo, por conseguinte, a algo de essencial no movimento dialéctico. Como nota José Barata-Moura (1977: 169 e segs.), mesmo quando nos aparece formalizada ao nível da consciência ela guarda um fundamento material objectivo que transcende a sua mera presença mental.

Por outro lado, as tais contradições referidas como rasas, as contradições lógicas, não têm na sua origem uma correspondente contradição material. Entre estas, como delimita o mesmo autor, assumem lugar de relevo as contradições lógicas formais, as quais se estabelecem ao nível do raciocínio falso. Estas contradições lógicas formais são apenas, esclarece lovan Elez, “a exclusão exterior mútua absoluta das determinações afirmativa e negativa de uma mesma coisa ou de um mesmo conceito, sem identificação dos aspectos mutuamente contraditórios, sem a passagem de uma determinação à outra”

4. cf. Marx, K., *Capital*, t. 2. Paris: Editions Sociales (1950).

5. cf. Lênine, V.I., Une caricature du marxisme. *Oeuvres*, éd. fr., t.23, p. 42

6. cf. Lênine, V. I., Le developpment du capitalisme en Russie, *Oeuvres*, éd. fr., t.3, pp. 38-39.

(1962: 159-160).

Se a diferença entre estes dois tipos de contradição se dá na distinta relação que cada um deles tem com o real, é facilmente compreensível que as contradições dialécticas não sejam removíveis teoricamente por acções do pensamento e que as contradições lógicas, contrariamente às primeiras, sejam passíveis de o ser.

Põe-se, assim, a questão do reflexo das contradições dialécticas no pensamento, que se liga ao problema da relação entre o objectivo e o subjectivo. Assim, se a contradição dialéctica não pertence apenas à nossa representação, ela pode também pertencer à nossa representação. A contradição objectiva de um dado objecto consigo próprio transporta-se para o pensamento acerca desse objecto. Engels afirma, pois, que “quando uma coisa é plena do seu contrário, ela encontra-se em contradição consigo própria, assim como a sua expressão no pensamento” (Kedrov, 1962: 216). E é por isso que Marx pode de forma coerente dizer, por exemplo, que “O capital não pode, portanto, brotar da circulação e tão-pouco pode não brotar da circulação. Tem simultaneamente que brotar nela e não nela” (1990: 192). Perante dois enunciados contraditórios simultaneamente verdadeiros, não se trata, no caso da contradição dialéctica, de violentar a verdade, explica Barata-Moura: “A validade dos dois enunciados contraditórios na contradição dialéctica é o resultado, o sinal e uma exigência insuperável, do fundamento objectivo que esta última apresenta” (1977: 169 e segs.). O problema surge, porém, quando se toma uma pela outra, quando se confundem os planos. Bohr, perante uma contradição da natureza, tenta sujeitá-la às regras da contradição lógica. Perante a nova situação na física, as preocupações de Bohr prendem-se com “recuperar a ordem lógica”, com “trazer ordem a um campo da experiência inteiramente novo”. Para ele, o seu interesse principal é “restaurar a ordem lógica neste campo da experiência”, evitar as “inconsistências lógicas”.

Evald Ilienkov referia que uma forma típica de lidar metafisicamente com uma contradição dialéctica é apresentar a contradição interna, expressa no pensamento na forma de contradição lógica, como contradição exterior de duas coisas, não sendo cada uma das quais contraditória por si. Este procedimento chama-se redução da contradição interior a uma contradição “em diferentes relações ou em diferente tempo” (1977: 361-362). A contradição lógica desaparece, mas, com ela, desaparece também o enfoque teórico das coisas, diz. Também Lucien Sève afirma que é sempre possível reduzir a contradição dialéctica na forma do não-contraditório. Para isso, “é suficiente fazer como se os contrários não se dessem numa mesma coisa «no mesmo tempo e sob a mesma relação», o que é sempre formalmente possível”. Mas contesta: “que uma tal operação se venha a comprovar insustentável do ponto de vista do conteúdo manifesta, pois, claramente, a irreduzibilidade do dialéctico” (1998: 174).

Creio que é precisamente este o caminho adoptado por Bohr: ao não pôr a hipótese de à contradição com que se deparou corresponder um fundamento objectivo – de ao dualismo onda-corpúsculo corresponder uma contradição interna que se dá no seio de uma unidade (diferenciada) que é a partícula, o objecto quântico – , Bohr é levado a reduzir aquela contradição a uma contradição em diferentes relações – neste caso, em diferentes arranjos experimentais, mutuamente exclusivos.

O papel da complementaridade acaba por ser a absolutização da contradição entre onda e corpúsculo (ou onda ou corpúsculo) e fixá-la no plano subjectivo da teoria, construindo uma descrição onde os dois pólos da contradição não se interpenetrem. Isto sucede porque Bohr não consegue remover essa contradição, como, aliás, não poderia deixar de ser: porque se trata de uma contradição objectiva, ela impõe-se, não é eliminável. Como Bohr não recorre a uma abordagem dialéctica, não consegue lidar com ela no quadro das suas exigências de racionalidade, na medida em que elas obrigam à

remoção da contradição. Não pode, assim, pôr, de uma forma dialéctica, a possibilidade de a partícula ser onda e corpúsculo ao mesmo tempo, ou pelo menos, de ser conhecida como tal.

A consequência é um entendimento da ciência como uma forma de coordenar regularidades⁷ (Bohr, (1955) 2010: 88) e a objectividade passa, assim, a ser um problema de comunicação⁸ (Bohr, (1967) 2010: 67).

A descoberta de que as ondas apresentavam comportamento corpuscular e de que os corpúsculos apresentavam comportamento ondulatório é o desmoronar de uma daquelas linhas rígidas e fixas na natureza de que falava Engels. A este respeito dizia ele: “O reconhecimento de que estes antagonismos e distinções, contudo encontrados na natureza, têm apenas uma validade relativa e que, por outro lado, a sua rigidez imaginada e validade absoluta foram introduzidos na natureza apenas pelas nossas mentes reflexivas [reflexive minds] – este reconhecimento é o cerne da concepção dialéctica da natureza” (1987: 14). Porém, continua, “são, contudo, precisamente os antagonismos polares apresentados como irreconciliáveis e insolúveis, as linhas de demarcação e distinções de classe forçosamente fixadas, que têm dado à moderna ciência da natureza teórica o seu carácter restrito e metafísico” (1987: 14)

A interpretação ortodoxa pensa a relação entre onda e corpúsculo em termos de uma dualidade. Recordemos os termos dessa dualidade nas palavras de Bohr: “os aparentemente incompatíveis tipos de informação acerca do comportamento do objecto sob exame que obtemos através de diferentes arranjos experimentais não podem claramente ser postos em conexão uns com os outros da maneira usual, mas podem, de forma

7. “Uma vez que o objectivo da ciência é aumentar e ordenar a nossa experiência, toda a análise das condições do conhecimento humano deve assentar em considerações do carácter e âmbito dos nossos meios de comunicação”.

8. “Qualquer cientista, contudo, está constantemente confrontado com o problema da descrição objectiva da experiência com a qual queremos significar comunicação não ambígua”.

igualmente essencial para uma consideração exaustiva de toda a experiência, serem vistos como «complementares» uns com os outros” ((1937) 2010: 291).

Porém, contrariamente, a dialéctica nada tem que ver com uma justaposição exterior e estática de contrários, vertida em modelos disjuntivos. Já Lénine chamava a atenção para as consequências desse procedimento. “Se tomamos duas ou mais definições diferentes, e se as reunimos de uma forma completamente fortuita... obtemos uma definição eclética, que assinala aspetos diferentes de um objeto e não mais do que isso” (Kedrov, 1962: 211)⁹.

O traço distintivo da dialéctica reside, pois, no pensamento dos contrários no seio de uma dada unidade. A tarefa que se coloca é, nas palavras de Lucien Sève, a de estudar as relações precisas destes contrários, bem mais complexas do que admite o formalismo clássico, e, de seguida, ser capaz de “discernir as formas mais englobantes, materiais ou conceptuais, [...] no seio das quais os contrários passam sem se apagar, sendo a sua contradição ultrapassada” (1984: 20)

3

Voltemos à mecânica quântica. Como vimos, perante o facto de a matéria revelar características tanto ondulatórias como corpusculares, Bohr defende que tais características nunca poderiam ser postas em contacto uma com a outra, pelo menos ao nível da teoria.

Porém, outras linhas de investigação se foram desenvolvendo, nomeadamente a inaugurada com Louis de Broglie. Este, atendo-se à possibilidade de construção de uma

9. “Si on prend deux définitions différentes ou davantage, et si on les reunit d’une façon tout à fait fortuite...nous obtenons une definition ecletique, qui signale des aspects différents d’un object sans plus” Lénine, V. I. cit. por Kedrov.

teoria causal, e isto em oposição à interpretação ortodoxa, propõe uma ideia de partícula quântica em que ambos os aspectos poderiam ser integrados. Nesta linha, e actualmente a partir da chamada Escola de Lisboa, são pensados modelos em que o ente quântico é uma partícula complexa, constituída por uma parte extensa ondulatória finita designada onda teta (responsável pelos fenómenos ondulatórios) e por uma espécie de singularidade, relativamente pequena, bem localizada na qual se localiza a parte significativa da energia da totalidade da partícula, designada acron (e responsável pelos fenómenos corpusculares). Este modelo permite, por exemplo, explicar de forma diferente da interpretação ortodoxa a experiência da dupla fenda. A partícula é, de facto, simultaneamente onda e corpúsculo.

Tendo o modelo brogliano de partícula quântica em mente, creio ser possível defender estarmos, de facto, perante um caso de contradição dialéctica. Isto porque onda e corpúsculo constituem partes diferentes de uma unidade fora da qual não existem. Eles interpenetram-se, interagem e condicionam-se reciprocamente. Eles contrapõem-se ao mesmo tempo que pertencem a uma determinada estrutura que rege e que funda tanto a sua unidade como a sua diferença.

A Escola de Lisboa tem precisamente procurado as formas dessas mesmas relações. Estou a pensar na emergência e de-emergência do acron a partir da onda teta e das transferências de energia entre um e outro. E também entre estes e o meio subquântico. É importante sublinhar, no que toca ao pensamento da contradição enquanto categoria, que o reconhecimento da existência de uma unidade estrutural não anula a diferença entre os pólos no plano da estrutura da contradição nem a diferença quanto à função assumida por cada um. É possível assim distinguir face à relação de dominância (isto é, a existência de um pólo dominante e um dominado) e de determinação (isto é, a existência de um pólo determinante face à condução dos destinos da contradição). É também possível distinguir face ao

tipo de oposição: antagónica ou não-antagónica¹⁰.

Tomemos estas duas determinações da contradição. Lucien Sève apresenta o antagonismo como o caso em que um dos contrários nega o outro na sua própria existência. O desenvolvimento da contradição supõe supressão de um dos contrários. No não-antagonismo, um dos contrários nega apenas a sua identidade com o outro. O desenvolvimento da contradição supõe aqui apenas separação transitória e relativa dos contrários no seio da sua unidade (1980: 468). No antagonismo estaremos perante uma exclusão temporal entre um contrário novo e um contrário antigo e no não-antagonismo perante uma separação espacial entre dois contrários contemporâneos. Pode, assim, associar o antagonismo à irreversibilidade do desenvolvimento e o não-antagonismo à reversibilidade do funcionamento (1984: 72). Desenvolvendo teoricamente este aspecto conceptual, Sève vai, então, fazer corresponder o antagonismo a uma “dissimetria de posição lógica” entre contrários e o não-antagonismo a uma “simetria de posição lógica”. Isto implica, respectivamente, uma “dissimetria temporal” e “simetria temporal”, respectivamente (1980: 177-178).

Olhemos, agora, para o caso da nossa oposição entre onda e corpúsculo.

Que tipo de contradição será? Há que pensar. Estaremos perante uma contradição essencialmente não-antagónica? Parece-me que sim, na medida que ela se repete ciclicamente e não há a supressão final de um dos termos pelo outro. Porém, o acron de-emerge (isto é, desaparece no meio em que se insere da onda teta). No entanto, é sempre a mesma estrutura que se repete e não uma nova unidade com novos opostos. Há supressão e retorno à unidade original. Não há um pólo que devenida o futuro do outro em última instância. Não há dissimetria temporal neste sentido.

Porém, Sève refere que no não-antagonismo há uma

10. Ver, por exemplo, Freitas Branco (1989: 177) ou Barata-Moura (1977).

simetria lógica. No entanto, é o acron que se move e parece ser ele a conduzir o destino da contradição. Poderá ele ser pensado como o pólo dominante? Ou determinante? Parece, assim, haver uma dissimetria lógica (que Sève atribui apenas ao antagonismo) e não uma equipotência característica do não-antagonismo. Poderemos estar perante um caso de não-antagonismo em que, no entanto, se verifica dissimetria lógica?

Estes são apenas exemplos de questões que poderemos colocar a partir deste quadro categorial de análise. É que, de facto, a constatação de que existe uma contradição não basta. É preciso olhar para cada caso, até porque cada um exhibirá as suas próprias formas concretas de oposição.

Mas o que importa relevar é que uma abordagem dialéctica contribui para que, tal como diz Sève, do insustentável face a face entre duas contradições imóveis possa nascer no pensamento “o movimento de passagem de um ao outro ou dentro do outro e o conceito sintético sob o qual vai funcionar a sua unidade conflitual” (1998: 231). Uma abordagem dialéctica permite precisamente ir para além daquela exterioridade da oposição dos diferentes e captar mais profundamente a unidade em que essa oposição se dá e assim permitindo uma mais profunda compreensão do real.

Como Engels afirma, é possível chegar ao reconhecimento da validade relativa daquelas distinções “porque a acumulação de factos das ciências naturais a isso nos compele; mas chegamos mais facilmente se abordarmos o carácter dialéctico destes factos equipados com a compreensão das leis do pensamento dialéctico” (1987: 14).

Referências

- Barata-Moura, J. (1977). *Totalidade e Contradição, Acerca da Dialética*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Bohr, N. (1928, Apr.). The Quantum Postulate and the Recent Development of Atomic Theory. *Nature* (Supplement), 121, Issue 3050, 580-590.
- Bohr, N. Light and Life (original de 1933). In Bohr, N. (2010) *Atomic Physics and Human Knowledge*. New York: Dover Publications Inc. (republicação integral de Bohr, N. (1961). *Atomic Physics and Human Knowledge*. New York: Science Editions Inc.)
- Bohr, N. (1935, Oct). Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?. *Physical Review*, 48, 696-702.
- Bohr, N. (1937, Jul.). Causality and Complementarity. *Philosophy of Science*, 4, no. 3, 289-298.
- Bohr, N. (original de 1949). Discussion with Einstein on Epistemological Problems. In Bohr, N. (2010) *Atomic Physics and Human Knowledge*. New York: Dover Publications Inc. (republicação integral de Bohr, N. (1961). *Atomic Physics and Human Knowledge*. New York: Science Editions Inc.)
- Bohr, N. (original de 1955). Atoms and Human Knowledge. In Bohr, N. (2010) *Atomic Physics and Human Knowledge*. New York: Dover Publications Inc. (republicação integral de Bohr, N. (1961). *Atomic Physics and Human Knowledge*. New York: Science Editions Inc.)
- Bohr, N. (original de 1958). Quantum Physics and Philosophy. In Kalckar, J. (Ed.) (1996), *Niels Bohr Collected Works, Vol. 7, Foundations of quantum physics II (1933-1958)*. Amsterdam: North-Holland.
- Bohr, N. (1967) Unity of Knowledge. In Bohr, N. (2010) *Atomic Physics and Human Knowledge*. New York: Dover Publications Inc. (republicação integral de Bohr, N. (1961). *Atomic Physics and Human Knowledge*. New York: Science Editions Inc.)
- Bonifati K. (1962, Sep.-Dec.). La conception dialectique marxiste des contradictions. *Recherches Internationales à la Lumière du Marxisme*, 33-34, 197-222.
- Elez, I. (1962, Sep.-Dec.). Contradictions objectives et contradictions subjective. *Recherches Internationales à la Lumière du Marxisme*, 33-34, 159-196.
- Engels, F. (original de 1878). *Anti-Dühring*. In *Karl Marx-Frederick Engels Collected Works*, 25 (1987). New York: International Publishers.

- Freire Jr., O. (2011). Dissidentes Quânticos: Pesquisa em Fundamentos da Teoria em Torno de 1970. In Freire Jr., O.; Pessoa Jr., O. & Bromberg, J. L. (Eds.) *Teoria Quântica. Estudos Históricos e Implicações Culturais*. Campina Grande: Edupeb; São Paulo: Livraria da Física.
- Freitas Branco, J. M. (1989). *Dialéctica, Ciência e Natureza*. Lisboa: Caminho.
- Ilienkov, E. (1977). *Logica Dialectica, Ensayos de historia y teoría*. Moscovo: Editorial Progreso.
- Lénine, V. I. (original de 1908) *Materialismo e Empirio-criticismo, Notas Críticas Sobre uma Filosofia Reaccionária*. Lisboa: Edições Avante, Moscovo: Edições Progreso (1982).
- Marx, K. (original de 1867) *O Capital*, t. 1, Lisboa: Edições Avante, Moscovo: Edições Progreso (1990)
- Moreira, R. N. (2009). Instrumentalismo Versus Realismo, a Crise na Física do Século XX. In Pombo, O. & Nepomuceno, A. (Eds.). *Lógica e Filosofia da Ciência*. Lisboa: Centro de Filosofia das Ciências da Universidade de Lisboa.
- Moreira, R. N. (2011). *Psicologia, Filosofia, e Física Quântica – o princípio da complementaridade no século de Bohr*. Lisboa: Centro de Filosofia das Ciências da Universidade de Lisboa.
- Sève, L. (1980). *Une introduction à la philosophie marxiste*. Paris: Ed. Sociales.
- Sève, L. (1984). De nouveau: structuralisme ou dialectique?. *La Pensée*, 237, 55-73.
- Sève, L. et al. (Eds.) (1998). *Sciences et dialectiques de la nature*. Paris: La Dispute.