

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIAS HUMANAS

Maria Gabriela Alves de Carvalho

**ARISTÓTELES E A FÍSICA QUÂNTICA: UMA CONVERGÊNCIA ENTRE CIÊNCIA E
METAFÍSICA**

Artigo apresentado ao Bacharelado Interdisciplinar em Ciências Humanas, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel (Trabalho de Conclusão de Curso).
Orientador: Prof. Dr. Humberto Schubert Coelho.

Juiz de Fora
2019

DECLARAÇÃO DE AUTORIA PRÓPRIA E AUTORIZAÇÃO DE PUBLICAÇÃO

Eu, **Maria Gabriela Alves de Carvalho**, acadêmico do Curso de Graduação Bacharelado Interdisciplinar em Ciências Humanas, da Universidade Federal de Juiz de Fora, regularmente matriculado sob o número 201772049A, declaro que sou autor do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **ARISTÓTELES E A FÍSICA QUÂNTICA: UMA CONVERGÊNCIA ENTRE CIÊNCIA E METAFÍSICA**, desenvolvido durante o período de Março de 2019 a Julho de 2019 sob a orientação de Humberto Schubert Coelho, ora entregue à UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA (UFJF) como requisito parcial a obtenção do grau de Bacharel, e que o mesmo foi por mim elaborado e integralmente redigido, não tendo sido copiado ou extraído, seja parcial ou integralmente, de forma ilícita de nenhuma fonte além daquelas públicas consultadas e corretamente referenciadas ao longo do trabalho ou daquelas cujos dados resultaram de investigações empíricas por mim realizadas para fins de produção deste trabalho.

Assim, firmo a presente declaração, demonstrando minha plena consciência dos seus efeitos civis, penais e administrativos, e assumindo total responsabilidade caso se configure o crime de plágio ou violação aos direitos autorais.

Desta forma, na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Juiz de Fora a publicar, durante tempo indeterminado, o texto integral da obra acima citada, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação do curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciências Humanas e ou da produção científica brasileira, a partir desta data.

Por ser verdade, firmo a presente.

Juiz de Fora, ____ de _____ de _____.

Maria Gabriela Alves de Carvalho

Marcar abaixo, caso se aplique:

Solicito aguardar o período de () 1 ano, ou () 6 meses, a partir da data da entrega deste TCC, antes de publicar este TCC.

OBSERVAÇÃO: esta declaração deve ser preenchida, impressa e **assinada** pelo aluno autor do TCC e inserido após a capa da versão final impressa do TCC a ser entregue na Coordenação do Bacharelado Interdisciplinar de Ciências Humanas.

ARISTÓTELES E A FÍSICA QUÂNTICA: UMA CONVERGÊNCIA ENTRE CIÊNCIA E METAFÍSICA

Maria Gabriela Alves de Carvalho¹

RESUMO

O questionamento sobre a origem e a finalidade da existência esteve presente no pensamento humano desde as expressões religiosas primitivas e do mundo antigo, até o surgimento e desenvolvimento da filosofia, principalmente nos campos da ontologia e da metafísica. Com o aperfeiçoamento da ciência e o progressivo entendimento da natureza enquanto objeto regulado por leis que podem ser conhecidas pelo homem, a racionalidade humana se voltou para o funcionamento do mundo físico e sua aplicabilidade, deixando em suspenso questões metafísicas que, inclusive, haviam sido a base para o desenvolvimento dessa mesma ciência. No entanto, as observações e teorias da física atual, principalmente no nível quântico, parecem trazer novamente em debate conceitos já levantados por Aristóteles em sua metafísica, mostrando que aquele questionamento ainda se mantém presente e sem respostas.

PALAVRAS-CHAVE: metafísica, Aristóteles, física quântica

1. INTRODUÇÃO

Se por um lado o desenvolvimento da ciência durante os séculos XIX e XX acabou por deixar de lado a investigação metafísica, presente desde os primeiros sistemas de pensamento do homem, por outro esse mesmo desenvolvimento aprofundou a capacidade investigativa do mundo físico e trouxe à tona novamente conceitos e questionamentos já presentes na metafísica de filósofos antigos, como Aristóteles. Assim, é possível discutir juntamente as ideias fundamentais presentes hoje na física quântica e alguns conceitos metafísicos levantados já por Aristóteles, como ato e potência e matéria e forma. Além disso, também é possível falar então de um lugar da metafísica dentro da ciência moderna e enquanto um campo filosófico que abre novos caminhos de discussão à ciência e ilumina questões que fogem da experiência humana até então.

Para tanto, se faz necessário primeiramente resgatar brevemente a história do pensamento metafísico durante a trajetória do desenvolvimento humano. O questionamento sobre a origem do mundo e sua finalidade, sobre o ser e o que o constitui essencialmente sempre fizeram parte dos mitos religiosos antigos e atuais e, com o surgimento da filosofia, passou a constituir tema central na metafísica. Após, serão discutidos mais detalhadamente alguns conceitos da metafísica de Aristóteles, como ato e potência e matéria e forma e, em sequência, será abordado o debate atual na física, principalmente no campo quântico. Por fim, será mostrado que esse debate atual da ciência, pode envolver aqueles mesmos conceitos aristotélicos já pensados muitos séculos antes e, assim, será possível conceber o lugar que a metafísica ainda ocupa dentro dos campos da investigação humana, pois mesmo com todo o aperfeiçoamento técnico e científico as perguntas levantadas pelo homem desde sua origem permanecem em aberto.

2. A METAFÍSICA NA TRAJETÓRIA DO DESENVOLVIMENTO HUMANO

A metafísica, enquanto investigação acerca de uma realidade suprassensível e sua ligação com o mundo corpóreo, sempre esteve presente nos pensamentos do homem. Ainda que apenas oficialmente denominada no século I a. C. de Metafísica, desde as religiões e sistemas de pensamento primitivas e antigas até o surgimento da filosofia, se encontra presente uma gama de teorias a respeito da ordem que governa o mundo e como esta se encontra ligada a uma dimensão da existência que transcende o físico propriamente dito e que pode ser considerada como causa primeira de tudo que existe. Cada cultura a seu modo, porém compartilhando entre si, de alguma maneira, o questionamento sobre o mundo ou partes deste, desenvolveram sistemas religiosos que levaram, posteriormente através dos gregos, ao desenvolvimento da filosofia e seus vários campos, como a metafísica ou física primeira, e da ciência. É por isso que Borghi (2016) argumenta que “a racionalidade humana aparece bem antes do aparecimento da racionalidade filosófico-científica, e todas as tentativas do ser humano de entender o mundo e a si próprio no universo, sejam elas de tipo mágico, religioso,

¹ Graduanda em Ciências Humanas pela Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF. Artigo apresentado ao Bacharelado Interdisciplinar em Ciências Humanas como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel. Orientador: Prof. Dr. Humberto Schubert Coelho.

mítico, são manifestações, às vezes altamente desenvolvidas, de racionalidade". Ainda no período pré-histórico, principalmente o que se estende aproximadamente de 10000 a 3000 a. C., o homem já havia adquirido e desenvolvido conhecimento e crenças a respeito do mundo e do seu lugar nele. A observação dos fenômenos naturais como a chuva, as estações, as fases da lua e as constelações foi decisivo para o desenvolvimento da racionalidade humana. O que fugia ao entendimento, no entanto, era explicado magicamente. Assim, conforme aponta Rosa (2012), o mundo era habitado e animado por forças ocultas que se manifestavam nos fenômenos naturais e explicavam sua existência e atuação, ou seja, "os fenômenos naturais eram, assim, relacionados com o mundo dos espíritos, desenvolvendo-se procedimentos (através da magia) para lidar com os dois mundos".

De acordo com Rosa (2012), com o surgimento da escrita, por volta de 3500 a. C., foi possível um maior desenvolvimento cultural e técnico em várias sociedades, como a mesopotâmica, a egípcia, a chinesa e a indiana. As forças naturais que no período anterior governavam os fenômenos se divinizaram e a explicação para os acontecimentos mundanos, inclusive seu surgimento, passou a ser baseada nos diversos sistemas religiosos, dando origem aos primeiros sistemas de pensamento acerca do mundo que podia incluir o culto aos respectivos deuses como forma de controle dos fenômenos naturais e da própria hierarquia social, ao mesmo tempo em que também podia se preocupar com uma realidade suprassensível, origem e destino das coisas e seres desse mundo. É importante ressaltar, referente ao pensamento chinês, a consideração dos elementos terra, ar, fogo, água e madeira enquanto associados ao funcionamento e constituição da natureza além dos conceitos de yin e yang que são as duas forças fundamentais e complementares que regem as relações no mundo físico (ROSA, 2012). Ambas as considerações valem ser ressaltadas, pois a primeira se relaciona com a forma como se dá o entendimento científico moderno sobre a constituição da natureza a partir de constituintes elementares e a segunda será utilizada por Wolfgang Smith para introduzir uma nova interpretação a respeito dos resultados obtidos com a física quântica e sua ligação com a metafísica desenvolvida por Aristóteles.

Mais tarde, por volta do século IX a. C., os mitos gregos com seus deuses antropomorfizados realizavam o papel de fornecer ao homem de então a explicação sobre sua origem e do mundo ao seu redor, não só enquanto causa material, mas espiritual, social e também moral. Desse modo, os mitos justificavam a origem do mundo e, portanto, de todos os entes naturais existentes, bem como de sua organização e hierarquia social, no caso dos homens. Por isso, não se deve encarar os mitos enquanto apenas histórias fantasiosas de uma racionalidade ainda imatura, mas como uma tentativa legítima de compreender a realidade e suas partes ocultas (BORGHI, 2016). Assim, apesar de podermos considerar inválidos ou até intelectualmente muito inferiores do que concebemos como plausível hoje, esses tipos de explicação que conviveram entre si nas diferentes sociedades ao longo da trajetória da racionalidade humana preenchem uma lacuna na explicação da natureza que a observação dos fenômenos naturais ainda não dava conta de responder. Lacuna esta que ainda permanece em aberto, a despeito de todo o desenvolvimento científico contemporâneo, conforme será discutido mais adiante.

Com o amadurecimento do pensamento humano, então, e do surgimento da filosofia entre os séculos VII e VI a. C. e, conseqüentemente, da própria ciência, na Grécia, as explicações sobre a origem material e causal do mundo passaram a se basear mais no processo racional e na conjugação deste com as observações objetivas do mundo do que numa força divina propriamente dita, ainda que esta não deixasse de fazer parte das discussões de maneira mais sofisticada. Assim, enquanto o mito "narrava a origem através de genealogias e rivalidades ou alianças sobre forças divinas sobrenaturais e personalizadas", a filosofia, "ao contrário, explica a produção natural das coisas por elementos e causas naturais e impessoais" (CHAUÍ, 2000). Nesse sentido, muito se desenvolveu na tentativa de desvendar a constituição da natureza e sua origem. Com os primeiros filósofos a multiplicidade observada no mundo exigia uma unicidade que se manifestava como o elemento primordial constituinte último de tudo que existe, mas também como processo de origem de tudo: "a physis, que, no vocabulário da época, abrangia tanto a aceção de "fonte originária" quanto a de "processo de surgimento e de desenvolvimento", correspondendo perfeitamente a "gênese" (SOUZA, 1996).

É nesse contexto, séculos mais tarde, que Aristóteles retomará as hipóteses levantadas pelos primeiros filósofos e desenvolverá sua própria metafísica, buscando assim aquela mesma unificação logicamente necessária, como será discutido, tanto para a origem quanto para a geração e a manutenção da multiplicidade encontrada no aspecto sensível da natureza.

3. METAFÍSICA ARISTOTÉLICA

Quando se fala da metafísica aristotélica, dois pares de conceitos são fundamentais: ato e potência, forma e matéria. Primeiramente, com relação à forma e à matéria, ambas estão presentes em tudo que é

existente corporeamente. Mais especificamente, elas seriam duas das quatro causas elencadas por Aristóteles que se referem às coisas existentes, quais sejam: formal, material, eficiente e final.

Ora, há quatro tipos reconhecidos de causa. Destes, afirmamos que um deles é a essência ou natureza essencial da coisa (uma vez que o “porquê” em última instância é uma causa e princípio); um outro é a matéria ou substrato; o terceiro [tipo de causa] é o princípio do movimento; e o quarto é a causa que se opõe a isso, nomeadamente a finalidade ou “bem” (visto ser isso o fim de todo processo gerador motriz). (ARISTÓTELES, 983a 25-983b 1)

Ao considerarmos qualquer coisa, então, temos que a causa material é o substrato, conforme nomeia Aristóteles, do qual essa coisa é feita; a causa formal é a essência, o que define a coisa como sendo o que ela é; a causa eficiente é o motor, o agente da produção dessa coisa, segundo Aristóteles o princípio do movimento, o que faz esse objeto passar da potência ao ato, conforme será discutido mais adiante; e a causa final define para quê esse objeto foi criado, a sua finalidade. Uma observação sobre essa categorização das causas feita por Aristóteles, é que a causa material é diferente das causas formal e final, que são mais essenciais. Isso será de fundamental importância ao discutirmos, na próxima seção, o desenvolvimento da ciência e seu objeto de estudo: a matéria. Isso porque, dizer sobre o que uma coisa é feita, não é dizer o que ela é; explicar a matéria das coisas que existem e como se dão suas transformações, como a ciência tenta realizar e realiza, não é explicar o que as coisas são ou porque são o que são.

Smith (1995), ao analisar os conceitos aristotélicos de forma e matéria retoma os termos gregos *morphe* e *hylé*, aprofundando suas concepções:

A *morphe*, entretanto, não é simplesmente a “forma, o contorno ou a figura” num sentido mais ou menos visual — não se deve levar muito longe a metáfora da escultura. O ponto é que a *morphe* de um ente existente é precisamente seu aspecto cognoscível, ou seja, uma coisa é inteligível em virtude de sua *morphe*, mas existente por conta da *hylé*.

A metáfora da escultura é utilizada pelo autor para exemplificar as causas material e formal. No caso, considerando uma escultura de Sócrates em mármore, por exemplo, a matéria seria o mármore e a forma a figura de Sócrates. Entretanto, conforme argumenta Wolfgang Smith, a matéria não é apenas o material e a forma não é apenas o formato ou aparência física, mas são o que concedem caráter ontológico a tudo que existe, não podendo haver nada que exista que não seja a junção de substrato e essência. Isso porque, a forma e matéria são as causas através das quais reconhecemos e conhecemos a existência das coisas, ou seja, “o mundo é concebido como precisamente o repositório das coisas perceptíveis; ele consiste de coisas as quais, apesar de não precisarem ser efetivamente percebidas a todo instante, podem não obstante sê-lo sob condições adequadas” (SMITH, 1995). E justamente as coisas são percebidas e chegam a ser conhecidas a partir de sua matéria e forma.

Relacionando então as quatro causas com qualquer ente que se leve em consideração, pode-se dizer que toda coisa que existe deve possuir também como causa um agente, ou uma “força” criadora que a partir de um determinado substrato ou matéria dê à esse ente a forma, a essência, daquilo para o qual ele vem a existir. Ou seja, toda coisa é criada, vem a ser, a partir de uma causa eficiente que lhe concede forma e finalidade no seu respectivo substrato. Conforme visto anteriormente, a preocupação dos primeiros filósofos, a qual Aristóteles dá continuidade, porém, refinando suas concepções, é encontrar a unicidade em meio à multiplicidade do mundo sensível através da busca por uma causa primeira. Isso significa que o processo de remontar à causa eficiente da causa eficiente e assim sucessivamente, não pode continuar ao infinito, sendo logicamente necessária a existência de um primeiro motor, segundo nomeia Aristóteles, que é a causa primeira e última de tudo, a partir da qual tudo tem origem. “Visto que aquilo que é movido e move, enquanto move é um intermediário, há alguma coisa que move sem ser movida, alguma coisa eterna que é tanto substância quanto ato” (ARISTÓTELES, 1072a 25). Como tudo que existe pressupõe uma causa e a causa desta pressupõe a sua própria, há que existir uma causa primeira da qual tudo o mais foi gerado: a realidade última, a causa das causas, Deus, para Aristóteles.

Aqui, cabe ressaltar então dois outros conceitos fundamentais na metafísica aristotélica: substância e movimento. A substância é aquilo que tem uma essência definida, um *isso*, sobre a qual eu posso até elencar atributos, que Aristóteles define como acidentes, ou causas secundárias, mas que não a constituem essencialmente. Assim, “a substância apresenta [fundamental-mente] dois sentidos: (1) o substrato (sujeito) final, que não é mais predicado de nenhuma outra coisa mais, e (2) tudo o que possua uma existência individual e independente. A aparência ou a forma de cada coisa particular possui essa natureza” (ARISTÓTELES 1017b 20-

25). Aristóteles ainda define diferenças entre as substâncias existentes. A substância referente às coisas sensíveis, como plantas e animais, que na linguagem moderna poderia ser traduzida como sendo os átomos e seus componentes, e tem a característica de estar sujeita sempre à mudanças, ao movimento. A junção de substrato e forma, ou essência, capaz de ser apontado enquanto individual, como o ser humano. E o terceiro tipo de substância, causa e origem das outras duas e de tudo o que existe, que é eterna, imóvel, independente e inalterável (ARISTÓTELES 1069a1 – 1073a10).

O movimento, por sua vez, tem um sentido muito mais amplo do que apenas ação, mas se refere à transformação, aos processos sob os quais a substância sensível está submetida. Conforme define Aristóteles (1065b 15-20) e ficará mais claro ao esclarecermos os conceitos ato e potência, o movimento é a atualização do potencial, é o vir a existir. Conforme Évora (2006) esclarece, o movimento aristotélico se refere tanto a uma alteração espacial, quanto qualitativa e/ou quantitativa, estando, portanto, essencialmente atrelado ao tempo. Isso porque, o tempo, conforme concebido inclusive pela ciência contemporânea, não possui existência independente da matéria e suas transformações, pois qualquer medida de tempo está atrelado à uma alteração na substância sensível, seja à sua geração ou às suas transformações qualitativas e/ou quantitativas. Desse modo, a causa das causas, a realidade última, o primeiro motor, enquanto necessariamente existente, também é necessariamente imóvel, conquanto movimenta, ou seja, é o responsável pelo vir a ser de tudo que existe a partir dele, ainda que ele mesmo, ontologicamente anterior à tudo que existe, nunca tenha vindo a ser, sempre sendo em ato. Ser sempre em ato significa, por sua vez, ser eterna, sem início ou fim, que é exatamente o que Aristóteles assinala quando diz que a substância primordial, o primeiro motor, não está suscetível ao movimento (ANGIONE, 2005)

Nesse sentido, já introduzindo o outro par de conceitos ato e potência, tudo que existe, enquanto parte da realidade sensível, existe em ato no presente momento, porém, devido às transformações inerentes à matéria, é também sempre algo mais em potência que pode vir a se materializar dentro de certas circunstâncias. No presente momento, algo é, então, sempre em ato, porém pode vir a ser em potência. Observando o mundo corpóreo, pode-se dizer que ele está sempre em movimento, os entes estão sempre atualizando suas potências e vindo a ser algo que de certo modo já as constituem enquanto possibilidade de realização, sendo o ato, portanto, anterior à potência. Assim, relacionando com os conceitos de forma e matéria, pode-se dizer que um ente, desde quando vem a ser graças a causa motriz, está sempre atualizando suas potencialidades, está sempre se transformando e, nessa transformação, presentifica em ato uma possibilidade de realização já presente nele enquanto potência, enquanto poder vir a ser.

Com tudo, se retornamos a uma questão anterior, a existência do primeiro motor, é possível concluir que este necessariamente é em ato, mas nunca em potência, pois a causa primeira não admite outra causa anterior, sendo, portanto, causa de si mesma. É necessário que haja algo que sempre existiu em ato que é origem e organiza e dá forma à matéria, à substância sensível, que é potência e está sempre se atualizando. A conclusão é que “a finalidade geral de todos os seres, de acordo com a tese aristotélica, é o Primeiro Motor, que não só é imóvel, mas não é suscetível de movimento, já que é ato puro” (ÉVORA, 2006). Logo, a substância primordial deve ser tal que sua essência seja ser sempre em ato, ou seja, nunca sujeita ao movimento, ao vir a ser ou à deterioração.

4. UMA DISCUSSÃO SOBRE A FÍSICA ATUAL

À medida que a capacidade empírica do homem se desenvolveu e tornou possível o entendimento mais profundo das leis mecânicas que, acreditava-se, regiam todo o universo, o questionamento sobre aquela realidade imaterial e sua relação com o mundo físico passou a não mais ser relevante e foi relegado cada vez mais ao campo religioso ou das elucubrações sem resultado. Além disso, a física Aristotélica, baseada no geocentrismo, na imutabilidade dos astros, em órbitas concêntricas e no lugar destinado aos corpos a depender de seus elementos constituintes, foi abandonada, ainda que, conforme será discutido, sua metafísica ainda contenha elementos que se conectam com as descobertas modernas da ciência.

A ciência, enquanto investigação do mundo físico em diferentes campos, se desenvolveu a partir da filosofia. A busca por um conhecimento racional, iniciada pelos primeiros filósofos, a princípio foi baseada quase exclusivamente no exercício lógico do pensamento. À medida que novos instrumentos de análise empírica foram surgindo, a atividade racional se aliou às observações cada vez mais precisas da realidade material. Assim, a física, ramo da ciência responsável pelo estudo da matéria, substância sensível, no micro e no macrocosmo, se desenvolveu enormemente a partir dos séculos XVI e XVII. A matematização e experimentação, bases dessa ciência de caráter quantitativo, já não deixavam espaço para especulações metafísicas, passando a natureza a

ser estudada com o objetivo de estabelecer leis gerais que explicassem os fenômenos observados (OLIVEIRA, 2000). O ápice dessa ciência mecanicista foi Isaac Newton, que a partir das contribuições de Kepler e Galileu, formulou leis gerais que descrevem o movimento do sistema solar através da força da gravidade (RIBEIRO; LOBATO; LIBERATO, 2010). As relações físicas entre os objetos terrestres e a Terra, desta com o Sol, deste com qualquer outro planeta do sistema solar, por exemplo, todas elas são explicadas através da mesma teoria: os corpos se atraem mutuamente devido à força gravitacional e essa atração é a responsável pelas órbitas descritas pelos planetas. É por isso que “na pedra que cai e na revolução da Lua na sua órbita reconhecemos o mesmo tipo de força externa: a atração da Terra. Newton admitiu que o movimento da pedra que caía, o movimento da Lua e dos planetas não passam de manifestação de uma força de gravitação a agir entre os corpos” (EINSTEIN; INFELD, 1938). Descobertas como essa fizeram crer que o entendimento das relações físicas se davam de forma mecânica, traduzíveis através da matemática por um processo racional e, portanto, poderiam ser acessadas pelo intelecto humano. Ou seja, o avanço na ciência fez crer que o funcionamento da natureza poderia ser transformado em leis, como se o universo fosse um grande mecanismo passível de ser completamente desvendado. Além disso, considerações de ordem metafísica perderam sua relevância nas discussões científicas, uma vez que o mundo físico se apresentava por si só como um campo vasto de investigações e de novas aplicações dos conhecimentos obtidos a partir da sua observação. Assim, conforme aponta Oliveira (2000) ao analisar a corrente positivista, a gravitação universal explica inúmeros fenômenos, porém não como eles ocorrem ou por que, uma vez que este tipo de questionamento, aliás, foge à ciência e, além de ser território da especulação metafísica, não pode ser acessível ao intelecto humano. Além disso, conforme Ribeiro, Lobato e Liberato (2010) apontam, nesse mesmo período Descarte exprime o homem enquanto sujeito pensante, legitimando o mundo enquanto objeto da razão. Desse modo, o fazer e o pensar científico cartesiano-newtoniano dominaria a realidade com vistas a decifrá-la.

Entretanto, as descobertas da mecânica quântica fizeram perceber que a matéria em sua forma mais elementar, não é totalmente determinada, de fato carregando um nível de indeterminação que não pode ser desconsiderado e que nenhuma teoria atual consegue explicar completamente. O objetivo deste trabalho não é discutir pormenorizadamente as observações e teorias da física quântica ou suas principais discussões, mas sim apontar os pontos de encontro entre esse ramo da ciência e a metafísica, principalmente aristotélica. Nesse sentido, se faz necessário um breve histórico sobre a física de partícula e suas principais ideias que podem ser interpretadas metafisicamente.

A teorização do comportamento das partículas do mundo atômico e subatômico chamado de mecânica quântica teve seu início na segunda década do século XX com o trabalho de Werner Heisenberg sobre o princípio da incerteza e Erwin Schrodinger com a equação dinâmica para determinação provável de elétrons (GODOY, 2018). De acordo com a física newtoniana, sabendo a posição inicial, a massa e velocidade de uma partícula conseguimos determinar sua trajetória através de aplicação matemática e prever suas posições. Entretanto, ao nível quântico a determinação de uma partícula se torna mais complexa. Conforme Einstein e Infeld (1938) apontam, o estudo de partículas não pressupõe o indivíduo, não sendo mais possível a determinação exata da partícula, mas uma probabilidade que se constrói “a partir dos valores médios típicos do agregado”. Nesse sentido, a física newtoniana, de caráter determinista, daria lugar, no nível inferior da matéria, a uma física de base probabilística. Para o objetivo deste trabalho, será analisado o paradoxo EPR e o teorema de Bell tendo em vista sua relação, posteriormente discutida, com a metafísica de base aristotélica.

Assim como a luz, o elétron, partícula elementar da matéria e da eletricidade, também se comporta hora como partícula hora como onda. Essa característica do elétron foi determinada através do experimento da fenda dupla, no qual tanto o elétron quanto o fóton, partícula elementar da luz, mesmo sendo lançados individualmente com a mesma velocidade e em direção às fendas parecem passar por ambas, apresentando no anteparo um comportamento de interposição ondulatória, aonde os elétrons caem muito mais nas listas luminosas e pouco nas faixas mais escuras (EINSTEIN; INFELD, 1938). É importante ressaltar que enquanto a partícula pressupõe uma posição única e determinada no espaço, associada ou não a uma velocidade, a onda, apesar de sua velocidade, não possui localização definida e, no caso de uma “onda de matéria”, não possuirá localização até que se colapse. Ou seja, a matéria, enquanto partícula de massa, ocupa um lugar no espaço, porém a onda em si não possui massa e não pode ser localizada (RIBEIRO; LOBATO; LIBERATO, 2010). Por isso, conforme afirma Godoy (2018), o princípio da incerteza atesta que não é possível determinar a velocidade e a posição de uma partícula ao mesmo tempo, devido essas grandezas não serem comutáveis entre si. Essa medição da posição de uma partícula, teria de ser obtida diretamente, conforme aponta Einstein, Podolsky e Rosen (1935), o que levaria a alterações no próprio sistema observado, fazendo com que a função de onda se altere. Nesse sentido, a conclusão a que se chega é que “quando se conhece a quantidade de movimento de uma partícula,

sua coordenada não tem realidade física” e, quando se determina a posição através de medição direta, a velocidade se alterada devido perturbações inerentes ao próprio processo observador. A mecânica quântica se torna ainda mais complexa quando se analisam partículas irmãs (ou sistema entrelaçado de partículas), derivadas, por exemplo, de um mesmo núcleo atômico: medições realizadas na primeira alteram instantaneamente a segunda, mesmo estando separadas. John Stuart Bell, em 1964, trabalhando sobre as questões levantadas por Einstein, Podolsky e Rosen em 1935, analisa o comportamento de duas partículas entrelaçadas com uma certa anticorrelação perfeita, ou seja, uma medida do observável em questão fornece valores opostos entre si para a primeira e a segunda partículas (GODOY, 2018). Nesse sentido, a física quântica violaria até mesmo o princípio da relatividade, pois as partículas se influenciariam numa velocidade acima da luz, levantando a possibilidade de variáveis não-locais (GODOY, 2018).

5. METAFÍSICA ARISTOTÉLICA E A FÍSICA ATUAL

A questão principal a ser discutida neste trabalho é que a ciência se absteve das considerações metafísicas, uma vez que elas não podem ser determinadas como o mundo físico parece poder ser, para se preocupar com as relações que se dão no mundo corpóreo, utilizando de leis matemáticas para explicá-las. Entretanto, esse mesmo mundo físico, levado ao nível quântico, carrega em si inúmeras indeterminações e contradições. Talvez porque olhemos com olhos e instrumentos ainda insuficientes ou enviesados. A questão principal levantada por esses resultados é que não há lei claramente estabelecida que dê conta de explicar o comportamento das partículas elementares, porque o comportamento das mesmas não pode ser descrito, pelo menos até então, por leis mecânicas e sem violar inclusive a própria teoria da relatividade.

Assim, o ponto principal de convergência entre a metafísica aristotélica e as descobertas da física quântica é justamente o nível de indeterminação associado ao comportamento das partículas. Essa indeterminação, no entanto, pode não se tratar apenas de uma incapacidade associada aos métodos e instrumentos de observação, mas ao próprio objeto em si ou na sua relação com uma realidade não confinada aos processos físico-temporais usualmente observados na física clássica. Nesse sentido, conforme aponta Wolfgang Smith, os conceitos de ato e potência e matéria e forma da metafísica aristotélica podem ser utilizados para esclarecer este aspecto imaterial da realidade, demonstrando que as inúmeras potências associadas a um ente são atualizadas a partir de “variáveis ocultas” não locais relacionadas a uma realidade não-sensível ainda não reconhecida pela ciência, podendo pensar o comportamento ondulatório das partículas elementares como uma onda de possibilidades.

Smith (1995), assim como Aristóteles, busca unificar a multiplicidade existente no mundo sensível a partir de um princípio único:

Em contraste, portanto, com o que chamamos de universo físico, a natureza da qual estamos falando não deve ser concebida como um domínio ou arranjo composto de objetos físicos. Está claro que os objetos físicos existem realmente; o ponto, no entanto, é que esses objetos têm algo de relativo e devem ser encarados, não tanto como múltiplas entidades independentes, mas como manifestações variadas de uma única e indivisa realidade.

Através da metafísica de Aristóteles, o autor tece pontos de encontro com as descobertas da física quântica, mostrando que um possível caminho de investigação já havia sido apontado pelo filósofo séculos antes da era cristã. Smith utiliza o conceito de totalidade indivisa, definindo esta em termos de substância primordial e primeiro motor, sendo, por isso, a causa primeira de tudo que veio ou vem a ser.

Retornando ao teorema de Bell, as partículas se interagem instantaneamente, ou seja, acima da velocidade da luz, violando o segundo princípio da relatividade de Einstein. Isso parece demonstrar que as partículas elementares têm conhecimento do entorno, ou adquirem esse conhecimento, a partir de uma atualização não local, instantaneamente, ou seja, acima da velocidade da luz, o que, segundo Smith (1998) aponta, sugere uma realidade indivisa, apesar de seus muitos entes componentes, e não sujeita ao espaço-tempo. Assim, procurar elucidar esses fenômenos à luz das considerações espaço-temporais que utilizamos na compreensão da matéria e suas transformações é infrutífero. Por outro lado, parece possível vislumbrar uma solução se se considera a natureza enquanto transcendente à estrutura espaço-temporal. Isso porque,

onde quer que haja unidade ou uma “totalidade indivisa”, não se vê necessidade para comunicações ou transmissões de efeitos através do espaço e do tempo. O ponto essencial do teorema de Bell,

portanto, ou dos fenômenos EPR em geral, parece ser que as partículas irmãs envolvidas nos fenômenos não sejam na verdade “partes que existam separada e independentemente” (SMITH, 1998).

A comunicação entre as partículas se dá então de maneira instantânea, não confinada, como os fenômenos materiais e sensíveis estão, ao espaço-tempo.

É importante ressaltar que Wolfgang Smith não elimina o espaço-tempo ou torna insignificantes, ou até mesmo ilusórias, as manifestações que se dão nessa estrutura; mas entende que tanto o espaço-tempo, quanto a própria matéria, são expressões de uma mesma realidade que contém e está conectada a ambos, sem que esteja confinada à esse mundo sensível. Transformações nas concepções do tempo e do espaço já ocorreram antes na história da ciência. A teoria mecanicista de Newton considerava o tempo enquanto absoluto e o espaço enquanto um recipiente imperturbável continente da matéria. Entretanto, conforme Einstein demonstra, através da teoria da relatividade, o tempo é relativo e, juntamente com o espaço, sofre perturbações em presença da matéria (EINSTEIN; INFELD, 1938). A proposição de Smith acrescenta ao relativismo de Einstein que espaço-tempo e matéria não existem independentemente e por si mesmos, estando conectados a uma realidade supra espaço-temporal que produz e conduz eventos materiais no espaço e no tempo. “Numa palavra, é bem possível que a partícula seja algo além do que o olhar científico possa dar conta e, pelo mesmo motivo, mais do que se pode espremer para dentro do continuum quadridimensional, mais do que ele pode confinar” (SMITH, 1998, p. 62), ou seja, para além da dimensão temporal e das três dimensões espaciais.

Ao explicar então como essa realidade suprassensível expressa fenômenos no espaço-tempo, não estando ela mesma, porém, submetida a essa estrutura, Smith retoma os conceitos de ato e potência aristotélicos. A matéria teria suas potências atualizadas, então, através da ação dessa realidade supra espaço-temporal que é o agente determinante dessa atualização. As observações do experimento da fenda dupla ilustram muito bem essa relação entre ato e potência. O colapso do vetor de onda, enquanto atualização de uma potência já existente seria o espaço de atuação divina ou de uma causa não-natural ou imaterial. Dentre as várias possibilidades apresentadas para o comportamento da partícula ao nível quântico, uma delas vem a ser por ação de uma causa supra-sensível, a partir da medição, encarada como uma forma de indagação do observador à natureza. Essa ação, no entanto, conforme reforça Smith é instantânea, não temporal, e é exatamente o que a diferencia das demais causas.

Nosso argumento tornou-se agora evidente: o significado da descontinuidade quântica - o significado do colapso do vetor de estado - repousa no fato de que ela exprime uma ação da natura naturans. Ocorre aí certa transição da potência para a manifestação - do plano físico para o corpóreo - e tal transição somente pode ser efetuada pelo princípio criador ou ‘formador’, a qual é a natura naturans. Mas, como a atuação da natura naturans é obrigatoriamente ‘instantânea’, acaba que na realidade não há um processo temporal - nenhum ‘lançamento de dados’ real - a selecionar o valor medido de X a partir do espectro dos resultados possíveis. Essa determinação provém, por assim dizer, ‘desde o alto’ e interrompe o curso normal dos eventos (...) (SMITH, 1998, p. 78).

A natura naturans, é utilizada para nomear essa natureza não-sensível, que produz eventos temporais no plano corpóreo. É importante assinalar também a menção do primeiro princípio enquanto ‘formador’, retomando os conceitos de forma e matéria levantados por Aristóteles. Nesse sentido, o ato criador e contínuo concederia forma, determinaria a existência, o vir a ser daquilo que se apresenta ainda indeterminado. Além disso, justamente por não se caracterizar como agente temporal, a ação da causa primeira não se assemelha a um lançamento de dados, ou seja, aparentemente aleatório ou indeterminado e temporal. Isso porque, ainda que fosse complexo, caso conhecêssemos detalhadamente as condições iniciais do lançamento de um dado, seria possível, em tese, através das equações matemáticas dos movimentos, chegar a uma previsão. Isso não ocorre no colapso do vetor de onda ou mesmo no experimento de Bell, uma vez que os fenômenos escapam a uma medição determinista e não parecem se desenrolar no tempo.

Outras interpretações a respeito dos resultados apontados pela ciência e sua relação com uma realidade metafísica, principalmente Aristotélica, são apontadas por Ignacio Silva. Em seu trabalho intitulado *God as a natural cause: John Polkinghorne and the NIODA project*, Silva (2012) analisa as posições dos cientistas John Polkinghorne e Robert Russell a respeito do espaço ainda em aberto no sistema científico de causas, que podem indicar ação divina. Essa ação, no entanto, conforme atesta ambos, ocorre de maneira a não violar as leis naturais, ou da física, mas de forma a complementá-la. Essa complementaridade se dá devido às descontinuidades apresentadas nos eventos quânticos, mas também em outros que envolvem processos estocásticos. A própria ausência de uma causa que dê conta da explicação desses fenômenos ou que possa

determinar seu comportamento a partir das condições iniciais, no caso dos sistemas estocásticos, e à própria falta da descoberta de uma causalidade primeira, deixam em aberto o debate sobre uma possível ação divina ou, ao menos, referente a uma causa ainda não experienciada.

Conforme aponta Silva, Robert Russel também considera a natureza como um sistema de causas não fechado, no qual há espaço para pensar a ação divina enquanto não intrusiva nos processos naturais e já descritos pela ciência. Para Russel, a possibilidade da atividade de Deus na natureza estaria presente nos eventos quânticos, na determinação do resultado do colapso da função de onda, na materialização de uma das possíveis potências da onda. O que aparece até então como indeterminação, seria o reflexo da ação divina que, apesar de não violar as leis da física, também não se limita a elas. “God, then, acts objectively and directly in and through all quantum events to actualise one of several potential outcomes” (RUSSEL, 2006 apud SILVA). É importante ressaltar que, para Russel, esta ação transcendente se dá também de forma atemporal.

Na mesma tentativa de visualizar a ação divina na natureza de maneira a não violar as leis do mundo corpóreo, John Polkinghorne considera os fenômenos estocásticos, ou seja, aqueles nos quais apesar da determinação de condições iniciais essenciais o sistema se desenvolve com um alto grau de imprevisibilidade, como a possibilidade de atividade divina. Para tanto ele considera essa interação divina como não energética. Isso porque a troca de energia é característica das relações entre os objetos materiais, mas não de uma causa metafísica. Nesse sentido,

It does not matter which option the system follows, for the energy is the same: the different possibilities are not discriminated from each other by energetic considerations. This means that, given the principle of sufficient reason, new top-down organising causal principles must be at work in order to bring about the future by complementing and completing the energetic causality (POLKINGHORNE apud SILVA, 2012)

Ou seja, o resultado de um sistema de causalidade contendo certo grau de aleatoriedade não é determinado energeticamente, porque a energia não estabelece o padrão de comportamento. Este é definido por um princípio causal de outra ordem que interage e decide a direção do sistema sem, no entanto, alterar as trocas energéticas entre os entes envolvidos. Essa atualização do sistema é considerada por Polkinghorne como uma introdução de informação ativa, isto é, de formação de um comportamento padrão nos sistemas caóticos através de uma relação causal, importante ressaltar novamente, não energética. Assim, “God’s activity is conceived as pure information input and that it involves no exchange of energy between God and the universe” (SILVA, 2012).

É possível analisar os pontos de encontro entre Russell, Polkinghorne, Smith e Aristóteles em termos dos conceitos de forma e matéria e ato e potência. O primeiro seria claramente a atuação divina através de atualizações de potências já contidas na matéria. Enquanto Smith e Russel vêem uma causa metafísica, possivelmente divina, no colapso do vetor de onda, no qual esta se materializa particularmente em determinado ponto; Polkinghorne vê nos sistemas estocásticos e na formação de um padrão a atuação desse mesmo agente. Um segundo ponto de encontro seria a caracterização dessa atividade divina em termos que fogem das relações materiais descritas pelas leis da física. Se se considera a causa primeira como determinante no colapso da onda, essa atuação é atemporal, ou seja, instantânea. Se, por outro lado, se considera a atuação do princípio enquanto inserção de informação para formação de padrões nos sistemas caóticos, essa atuação é não-energética, ou seja, não altera a relação de troca, nem a quantidade, de energia envolvida.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ciência enquanto possibilidade de conhecimento baseado tanto na atividade racional quanto na observação de fenômenos, se ateve às explicações funcionalistas da natureza, mas não à causa de sua origem ou por que esses mesmos fenômenos se dão da maneira que observamos. Além disso, pelos próprios resultados da mecânica quântica, é possível concluir que nem mesmo o mundo corpóreo esgotou seus mistérios. Nesse sentido, é clara a distinção entre causa material e formal e/ou final. Descrever a matéria e seus comportamentos ainda não se mostrou suficiente para explicar sua origem ou sua finalidade. Para investigar a essência última do ser é necessário investigarmos sobre a natureza da causa eficiente primeira que é sobre a qual a metafísica se ocupa, causa sem a qual nada teria origem. Esta causa não está no mundo físico, está para além dele ou, pelo menos, para além de podermos experienciá-la como os fenômenos físicos.

Com isso, a mecânica quântica se abre como um dos campos da ciência cujas lacunas ainda parecem inspirar uma possível conexão desta realidade material com uma outra que, se ao menos não está para além do

mundo sensível, não está totalmente submetida às mesmas condições gerais. É importante ressaltar que a consideração de uma realidade imaterial, considerada enquanto fundamento da realidade em seu aspecto material, não precisa estar necessariamente ligada a uma concepção religiosa ou divina. Para Aristóteles essa causa primeira, digamos o ato que cria e atualiza todas as demais potências, seria deus, porém desvelando-se a aparência religiosa, é possível verificar uma questão genuína e que permanece sem repostas: o porquê da existência ou sua origem.

Além disso, nem todo discurso racional, mecanicista, científico é desvinculado da metafísica, mas o pensamento metafísico sempre esteve presente e é a base sobre a qual o conhecimento moderno foi construído. É por isso que, mesmo físicos como Newton e Einstein, citados neste trabalho, também possuíam uma metafísica de fundo e base para suas investigações. Isaac Newton encarava Deus enquanto um perfeito relojoeiro que criou e ordenou o mundo de forma mecânica, o que até então era comprovado devido ao desenvolvimento da ciência e o surgimento das leis universais. Albert Einstein, sem conseguir solucionar as indeterminações da física quântica, não conseguia conceber um Deus probabilístico e, portanto, uma física indeterminista.

REFERÊNCIAS

ANGIONI, L. Comentários ao Livro XII da 'Metafísica' de Aristóteles. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência (UNICAMP)**, Campinas, v. 16, n.2, p. 170-200, 2005.

ARISTÓTELES. **Metafísica**. Tradução, textos adicionais e notas: Edson Bini. 2. ed. São Paulo: Edipro, 2012.

BORGHI, G. Revisitando o início da racionalidade filosófico-científica. **Griot: Revista de Filosofia**, Bahia; v. 14, n. 2, p. 244-259, 2016.

CHAUÍ, M. **Convite à filosofia**. São Paulo: Ática, 2000. p. 2-67 e 261-312.

EINSTEIN, A. INFELD, L. (1935) **A evolução da física: de Newton até a teoria dos quanta**. Tradução: Monteiro Lobato. São Paulo: Livros do Brasil-Lisboa.

EINSTEIN, A. PODOLSKY, B. ROSEN, N. Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? **Physical Review**, 1935, p. 777-80. Tradução: Cláudio Weber Abramo. **Cadernos de história e filosofia da ciência**, 1981, p. 90-96.

ÉVORA, F. R. R. Natureza e movimento: um estudo da física e da cosmologia aristotélicas. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência (UNICAMP)**, v. 15, n. 1, p. 127-170, 2005.

GODOY, W. **Explorações filosóficas da não-localidade em física quântica: desdobramentos do argumento de EPR**. 2018. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

KRAUSE, D. ARENHART, R. B. Perspectivismo na filosofia da ciência: um estudo de caso na física quântica. **Scientiae studia**. São Paulo, v. 11, n. 1, p. 159-83, 2013.

PICKARD, W. A. **Os pensadores: Aristóteles**. Tradução de Leonel Vallandro e Gerd Bornheim. São Paulo: Nova Cultura, v. 1, 1987.

RIBEIRO, W. C. LOBATO, W. LIBERATO, R. C. Paradigma tradicional e paradigma emergente: algumas implicações na educação. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 2010.

ROSA, C. A. P. **História da ciência: da antiguidade ao renascimento científico**. 2. ed. Brasília: FUNAG, 2012. p. 31-96.

SILVA, I. **God as a natural cause: John Polkinghorne and the NIODA project**.

SILVA, I. John Polkinghorne on divine action: a coherent theological evolution. **Science and Christian belief**, 2012.

SMITH, W. **O enigma quântico**, 1998. Tradução: Raphael de Paola. 2. ed. Campinas: Vide Editorial, 2011.

SOUZA, J. C. **Os pensadores pré socráticos**. São Paulo: Nova Cultural Ltda, 1996, p. 5-42.

OLIVEIRA, R. J. **A escola e o ensino de ciências**. São Leopoldo: UNISINOS, 2000.