

# EXPERIÊNCIA DO ENSINO INTERDISCIPLINAR DE TEMAS DA FÍSICA QUÂNTICA EM SOCIOLOGIA E FILOSOFIA

Renan Dias Oliveira

## INTRODUÇÃO

**E**ste texto tem o objetivo de apresentar uma experiência de ensino e pesquisa de sociologia em relação com outras áreas, como física e filosofia. Durante o primeiro semestre de 2020 fui responsável, como professor de ciências sociais, em um projeto de extensão em cursinho popular no município de São Bernardo do Campo, por desenvolver a disciplina sociologia/filosofia em uma perspectiva interdisciplinar. Um dos eixos da disciplina foi tratar do ensino de temas da física quântica, o que nos conectou com todas as outras disciplinas, com destaque para física, matemática, atualidades e ensino religioso. Tais temas têm sido pesquisados por nosso grupo no âmbito da universidade e encontram nesse projeto de extensão uma via de mão dupla entre pesquisa e ensino de sociologia. A física quântica tem mexido profundamente com os alicerces da Física, da cultura e da ciência em geral desde o primeiro quartel do século XX. As controvérsias em torno de seus fundamentos permanecem mais vivas do que nunca. Hoje é possível se compreender melhor essa área da Física e suas reverberações em diversas disciplinas científicas justamente em decorrência dessas controvérsias, e também das diversas pesquisas científicas que ela alimentou ao longo das últimas décadas. Este trabalho partiu da investigação sobre a controvérsia científica em torno do “teorema de Bell”, em relação ao princípio de “não-localidade” e o relacionou a suas implicações em outras disciplinas, como as citadas anteriormente.

## DESENVOLVIMENTO (APORTE TEÓRICO- METODOLÓGICO, RESULTADOS E REFLEXÃO)

A física quântica tem mexido profundamente com os alicerces da Física, da ciência em geral, da cultura e da Filosofia desde o primeiro quartel do século XX:

Desde as primeiras aplicações tecnológicas, com a invenção do transistor e do *laser*, até as atuais promessas no campo da informação quântica, o seu manancial de aplicações parece inesgotável. Em que pese esse sucesso científico e tecnológico, persiste entre os cientistas incertezas sobre a interpretação dos próprios fundamentos dessa teoria científica. As incertezas derivam do fato de que ela desafia as nossas intuições não só de senso comum, mas mesmo aquelas enraizadas no desenvolvimento da Física nos últimos séculos. Não é de estranhar, portanto, que a segunda metade do século XX tenha presenciado um renascimento tanto da controvérsia, quanto das investigações sobre os fundamentos dessa teoria. (FREIRE JR. et. al., 2011, p.11):

Apesar das inúmeras aplicações tecnológicas da física quântica, as controvérsias em torno de seus fundamentos permanecem. Hoje é possível compreender melhor a física quântica justamente em decorrência dessas controvérsias, e também das diversas pesquisas científicas que ela alimentou ao longo das últimas décadas. Existe uma controvérsia científica em torno do “teorema de Bell”, em relação ao princípio de “não-localidade”, que está diretamente relacionada a suas implicações filosóficas, sociais e culturais, que podem ser também, em uma via de mão dupla, seus condicionantes. De forma geral, o teorema desfruta de aceitação na comunidade científica, mas há pesquisas e trabalhos publicados que o refutam, alimentando o debate e a produção acadêmica em relação ao tema.

O fenômeno sociocultural do “misticismo quântico”, que será apresentado adiante, considera o teorema de Bell a base de suas explicações e práticas. Constata-se que há uma influência da produção científica em diversas dinâmicas sociais. Em uma via de mão dupla, a ciência também é forjada em um contexto social. A produção

científica e as dinâmicas sociais estão intrinsecamente ligadas e se retroalimentam (LACEY, 2008). Houve condicionantes filosóficos fundamentais para a emergência da teoria quântica no início do século XX, como a atitude eminentemente filosófica do físico Werner Heisenberg (1983) de escolher só tratar de observáveis. Diversas foram também as influências sociais sofridas pela pesquisa em física quântica nesse período, já que a ciência sempre é, de alguma forma, expressão da sociedade. Esses condicionantes devem indicar uma perspectiva histórica nas relações entre física quântica e sociedade. Considera-se que o contexto sociocultural da emergência da física quântica, nos anos 1920 e 1930, principalmente na Alemanha, foi o momento mais decisivo para que essa teoria física ganhasse os contornos que ganhou até a década de 1960. Com a emergência do misticismo quântico nos anos 1960 essas relações ganharam novas feições.

Ideias como “complementaridade”, desenvolvida pelo físico Niels Bohr (1995), no início do século XX, e a natureza da fronteira entre o mundo microscópico, onde as leis não-intuitivas da mecânica quântica parecem governar, além das leis do mundo sensível, são dois exemplos de ideias advindas da Física, que ganharam um debate filosófico sólido ao longo do século XX. Grande parte desse debate teve um forte viés tecnológico, por conta dos diversos instrumentos desenvolvidos a partir de pesquisas na Mecânica Quântica na década de 1960. Bromberg (2011) destaca o caso do *micromaser*. A narrativa em torno do *micromaser* se deu a partir dos novos tipos de *laser* desenvolvidos na a partir de 1960, que permitiram estudar uma inédita classe de objetos, como os átomos de Rydberg, bem como as propriedades desses objetos, novas instrumentações e suas consequências filosóficas.

Os primeiros *masers* funcionavam com aproximadamente um bilhão de moléculas de amônia em uma cavidade de micro-ondas. Obter um fluxo grande o suficiente de moléculas foi um dos obstáculos que os construtores de tais *masers* tiveram que superar (BROMBERG, 1991). Nos anos 1980 esse obstáculo já estava superado e os teóricos começaram a realizar cálculos diretamente relacionados com o trabalho experimental. Nas teorias do novo instrumento (FILIPOWICZ et. al. 1986), físicos exploraram as diferenças entre os sistemas que eram compostos por muitos átomos e os que utilizavam átomos

únicos. Scully (1978) sugeriu que seria possível explicar justamente a “complementaridade” de Bohr a partir dos *micromasers*. Ele e o físico Druel elaboraram uma série de experimentos de pensamento na qual a informação sobre o caminho era registrada pelos detectores que não perturbavam a partícula cuja trajetória eles determinaram (SCULLY; DRUEL, 1982).

Dessa forma, os experimentos com o *micromaser* focalizaram a atenção nas relações entre ideias como “complementaridade” (BOHR, 1995), “incerteza” (HEISENBERG, 1983) e “correlações entre sistemas” e a tecnologia. Nesse período, as superposições macroscópicas tornaram-se um assunto com destaque nas pesquisas físicas, o que também viria a reforçar esse debate entre conceitos científicos e filosóficos e o desenvolvimento tecnológico. São os conhecidos estados do “gato de Schrödinger”, como destaca Bromberg (2011):

A questão é saber se, da mesma forma que os átomos podem estar em uma superposição de dois estados diferentes, um objeto macroscópico como um gato pode estar em uma superposição, por exemplo, o estado de estar morto ou o estado de estar vivo. O grupo da École Normale Supérieure passou a estudar as superposições macroscópicas no início da década de 1990. Inicialmente, eles analisaram como criar superposições coerentes de campos eletromagnéticos dentro de uma cavidade; depois, eles passaram a se perguntar como essas superposições decaíam. A descoerência está associada à relação entre o mundo quântico e o clássico. Ela também tem relações profundas com outros aspectos da filosofia da mecânica quântica, como as ideias sobre a complementaridade propostas por Scully e os seus colaboradores. Por outro lado, a descoerência também está relacionada à computação quântica e à questão de se esse projeto de tecnologia será viável ou não. O grupo de Paris examinava a questão tanto em termos científicos, quanto tecnológicos.

A descoerência chegou a ser considerada, por seus partidários, como uma possível solução para o problema da fronteira entre o mundo quântico e o mundo cotidiano observável, um problema que se fazia presente desde o advento da física quântica. Niels Bohr

mesmo insistiu que nós precisávamos de dois grupos separados de conceitos, o clássico e o quântico, para atribuir sentido aos diversos fenômenos que passavam a ser observáveis. Os teóricos da descoerência afirmam, desde então, que a teoria quântica é suficiente para tal intento (BROMBERG, 2011). A razão pela qual nós não vemos os efeitos estranhos das superposições quânticas no mundo macroscópico ocorreria porque as superposições macroscópicas perdem a coerência quase instantaneamente quando observadas. O tema da descoerência será retomado mais adiante quando for abordado o fenômeno sociocultural do misticismo quântico.

O que se pretende destacar é que, a partir dos anos 1960, foi aberto um debate sobre fundamentos da Física, que remete diretamente a concepções científicas e filosóficas e a mudanças tecnológicas presentes no contexto onde a Mecânica Quântica (MQ) foi reelaborada. Freire (2011, p.35) destaca que:

Vários são os fatores que podem ter desempenhado um papel na evolução da controvérsia sobre os fundamentos dessa teoria física. Entre esses fatores, devem ser considerados preconceitos profissionais, questões filosóficas e ideológicas, mudanças culturais e geracionais e a diversidade de ambientes sociais e profissionais nos quais a Física foi praticada ao longo do século.

Para entender porque o fenômeno do misticismo quântico considera o teorema de Bell, uma sólida construção científica, como base de suas práticas e ideias, trataremos o problema de fundamentos da física quântica a partir de dois polos. O primeiro polo se refere à pesquisa física propriamente, ao seu caráter experimental, básico, laboratorial. Nosso foco de análise será o teorema de Bell, que será exposto no item seguinte. Considera-se que esse teorema forneceu bases para fundamentar outros ramos do conhecimento e da tecnologia e incide sobre eles.

O outro polo de análise se refere à chamada “psicologia quântica”, uma abordagem de fenômenos psicológicos inserida num movimento maior, denominado “misticismo quântico”. Tal movimento tem facetas sociais, culturais, filosóficas e psicológicas, e procura fundamentar suas ideias a partir da física quântica. A física

quântica não implica, necessariamente, em misticismo, mas permite, outrossim, ao misticismo ancorar-se nela para exprimir suas teses (PESSOA JR., 2011, p. 294). A partir da década de 1960, o misticismo quântico emergiu como um fenômeno sociocultural relevante. Para representantes desse movimento, uma das fundamentações para sua prática advém do teorema de Bell, que fora formulado em 1964. É fundamental compreender em que medida tal teorema permite explicações que sustentam o misticismo quântico, em particular que sustentam a psicologia quântica.

Freire (2004) aponta que, a partir da década de 1970, os fundamentos da MQ foram retirados das margens das pesquisas físicas, deixaram de ser uma “controvérsia com a física majoritária” e passaram a habitar o território da “física normal”, que pressupõe contradições internas a qualquer teoria, ainda que, no caso da MQ, essas contradições tivessem um forte apelo filosófico, o que nem sempre é algo comum para os físicos. Naquele momento, a promessa era de que o teorema de Bell (que será apresentado logo adiante) seria a base para experimentos reais pioneiros, que seriam introduzidos no debate sobre controvérsias no interior da MQ.

Freire (2004) cita que o físico alemão Heinz-Dieter Zeh voltou sua atenção, em 1967, para o problema da medição, chegando à conclusão que as interações entre corpos macroscópicos e seu ambiente os impedem de serem descritos, do ponto de vista da MQ, conforme sistemas fechados. Daí se depreende que o sistema acoplado (objeto quântico mais o aparato de medição) não se comportava conforme a equação de Schrödinger que, naquele momento, gozava de ampla aceitação. Um problema de fundamento da Física, ou que poderia vir a ser de controvérsia no interior da teoria. Zeh não estava de acordo também com o próprio teorema de Bell, divulgado três anos antes, pois considerava que o princípio da superposição tinha validade universal, o qual estava na base da não-localidade quântica.

No início de novembro de 1964, o físico norte-irlandês John Stewart Bell (1928-1990) terminava um artigo que viria a ter um impacto incomparável na área de fundamentos da física quântica. Bell é responsável pela introdução de um efeito quântico intrigante no ambiente dos laboratórios de pesquisa: o emaranhamento entre sistemas espacialmente separados. Bell afirmou que o requisito da localidade adotado por Albert Einstein em suas pesquisas, nos anos



1930, implicava em uma desigualdade que seria violada pelas predições recentes da física quântica.

Bell também era crítico da “interpretação da complementaridade” de Bohr, o que o levou a um tipo de “realismo científico otimista”, que acreditava na possibilidade de violar fundamentos da MQ consolidados naquele período. Bell contrastou a localidade com a física quântica e contribuiu para estabelecer o “emaranhamento” como um novo efeito físico quântico. As expectativas de quebrar a mecânica quântica, por parte de uma tradição específica na pesquisa física, ou de revelar os seus limites não foram realizadas. Os fundamentos da mecânica quântica padrão entram no século XXI ainda mais corroborados experimentalmente, e a discussão em torno do “emaranhamento” permanece (FREIRE, 2011).

É fundamental recuperar que Albert Einstein, Boris Podolsky e Nathan Rosen publicaram um artigo, em 1935, que balançou os alicerces da física quântica daquele momento. Através de um experimento de pensamento, esse artigo, hoje conhecido como EPR, tinha o intento de mostrar que a MQ era uma teoria incompleta. Como apontam Bispo e David (2011, p. 97):

O argumento apresentado no EPR tinha como alicerce a seguinte premissa: considere duas partículas que interagiram e estão correlacionadas em suas posições e momentos lineares; se essas duas partículas forem afastadas por certa distância e efetuarmos a medida da posição ou momento em uma dessas partículas, isso não deve modificar o “elemento de realidade” associado à outra partícula (e muito menos o resultado de uma medição na outra). Esta premissa, também conhecida como “localidade” ou “separabilidade”, faz parte do que seriam denominadas teorias de variáveis ocultas locais (TVOL).

David Bohm, quando publicou seu livro *Quantum Theory*, em 1951, propôs uma mudança no experimento de pensamento apresentado no artigo EPR, a qual consistia em utilizar variáveis bivalentes como, por exemplo, componentes de *spin* de duas partículas correlacionadas, ao invés de posição e momento (BISPO; DAVID, 2011). O resultado obtido era uma desigualdade que, segundo a teoria quântica, poderia ser violada experimentalmente, mas que limitava

as previsões de toda uma classe de “teorias de variáveis ocultas locais” (TVOs locais). De um lado estava a mecânica quântica, neste momento já com certa ideia de “não localidade”; de outro, as TVOs, com a separabilidade (ou localidade).

Para Bell (1964), ficou claro que a TVO de Bohm (1951) tinha um traço curioso de ter um caráter, flagrantemente, não local. Fez então a pergunta que se mostraria correta: será que o traço não local da teoria realista de Bohm seria uma característica de qualquer interpretação realista da teoria quântica? Em poucas semanas de experimentos mostrou que sim, e derivou sua prova de impossibilidade para TVOs locais (BELL, 1964). Também com a teoria da relatividade, aceita-se que um efeito pode se propagar, no máximo, com a velocidade da luz, e não mais rapidamente do que isso. Assim, um evento na lua só pode ser percebido na Terra depois de 1,3 segundo, nunca instantaneamente (EINSTEIN, 1991).

Mas a TVO de Bohm envolve a propagação instantânea de efeitos, como fora salientado por Bell (1964). A situação experimental em que isso ocorre envolve pares de partículas que interagem e se separam espacialmente. Nessa situação, segundo a teoria quântica, as partículas podem se encontrar em um estado emaranhado, que apresenta simetrias que são impossíveis de reproduzir na física clássica, como foi destacado no item anterior. O que primeiro despertou o interesse dos físicos foi a possibilidade que se abriu para fazer um novo teste experimental no interior da teoria quântica. Cinco anos após a publicação do artigo de Bell (1964), dois grupos começaram a trabalhar na adaptação da chamada “desigualdade de Bell” para situações reais de laboratório (BISPO; DAVID, 2011).

De início, não ficou claro se a desigualdade poderia ser violada experimentalmente. O artigo publicado por Clauser, Horne, Shimony e Holt, em 1969, partiu da generalização das desigualdades de Bell e de algumas modificações de outro experimento, realizado por Kocher e Commins em 1967, a fim de propor um experimento realizável, que poderia testar as desigualdades de Bell. Em 1972, Freedman e Clauser realizaram um experimento que testou, empiricamente, as desigualdades de Bell. Tal experiência se deu com o forno de tântalo, que emitia um feixe de cálcio na forma de vapor, o qual era excitado, através do fenômeno da absorção por ressonância, pela luz de uma



lâmpada de arco de deutério (também chamada lâmpada de descarga). Como descrevem Bispo e David (2011, p. 100):

Houve também a necessidade de selecionar as polarizações (paralela ou perpendicular ao plano dos polarizadores) dos fótons correlacionados e, para tanto, foram usados polarizadores do tipo pilha de placas (*pile-of-plates*). Estes eram dez lâminas de vidro inclinadas, próximas ao ângulo de Brewster. Em cada lâmina ocorriam duas reflexões, uma em cada face, onde parte da luz que tinha certa polarização era refletida e a outra, com outra polarização, era transmitida. Um mecanismo com dois eixos paralelos interligados por uma cruz de Malta e por dois discos, chamado Mecanismo Geneva, girava os polarizadores num incremento de  $27,5^\circ$ , para evidenciar melhor uma violação das desigualdades de Bell, já que os ângulos de maior violação eram os de  $27,5^\circ$  e  $67,5^\circ$ .

Mas nos anos 1980, com os desenvolvimentos técnicos do grupo do físico Alain Aspect, na França, tornou-se indubitável que tal desigualdade poderia ser violada experimentalmente, dependendo apenas de algumas suposições consideradas bastante inócuas (chamadas em inglês de “loopholes”, ou seja, possíveis furos). Do lado teórico, havia um pequeno número de físicos, matemáticos e filósofos que já estudavam questões de fundamentos da física quântica e se interessaram pelo tema. O teorema de Bell tornou-se assim uma controvérsia científica no âmbito da mecânica quântica (MQ) (BISPO; DAVID, 2011).

Com a realização de vários testes experimentais, essa área de fundamentos da Física despertou o interesse de parte de uma nova geração de físicos, especialmente numa época em que muitos estavam desempregados, após os cortes de financiamento gerados pela crise mundial do petróleo de 1973. Físicos dessa nova geração passaram a buscar novas interpretações, que fugissem dos dogmas da visão ortodoxa clássica. Novas propostas realistas não locais foram buscadas, e novas versões do antirrealismo na Física foram também desenvolvidas.

É inegável que a física quântica tem inúmeras implicações filosóficas, sociais e culturais. Paty (2011, p.156) destaca que a MQ despertou problemas científico-filosóficos de várias ordens:

[...] problemas de interpretação, o da natureza da teoria e de seu objeto (este último sendo supostamente descrito por aquela); o problema das *propriedades* atribuíveis ou não a sistemas físicos, a eventualidade de completar a teoria por “variáveis ocultas” suscetíveis de restabelecer o determinismo clássico; a possibilidade de conceber ou de recusar a “não-localidade” (mais precisamente, a “não-separabilidade local”) para subsistemas correlatos; e, ainda, a reconciliação entre o domínio quântico e o domínio clássico, este último que corresponde a objetos e propriedades de objetos de concepção mais direta.

Já nos anos 1920, fenômenos da física atômica e da radiação revelaram características que escapavam à teoria física clássica disponível. Tais fenômenos foram o objeto de uma organização teórica sistemática, que viriam a formular as mecânicas ondulatória e quântica. Mudou-se, efetivamente, o quadro conceitual e teórico, além de seus prolongamentos, com a teoria da difusão e a teoria quântica dos campos que viriam na sequência. O sucesso dessas formulações teóricas deveu-se à sua coerência e à confirmação de suas primeiras previsões pela experiência. Era, então, o tipo de “descrição teórica” que aderiria, de forma mais próxima, das características não clássicas dos fenômenos que ela se propunha a descrever (PATY, 2011).

A relação epistemológica entre sujeito e objeto é um problema da ciência em geral, mas na MQ adquire um caráter preponderante, justamente no que tange à descrição teórica, como afirma Paty (2011, p.159):

As partículas quânticas são indiscerníveis de qualquer outra partícula idêntica a elas e obedecem (por esta mesma razão) à “estatística quântica”, elas são não-separáveis localmente, seu comportamento é governado pelo “princípio de superposição linear” de suas funções de estado etc., sendo todas estas características constatadas, mas que não poderiam ter sido

concebidas e pensadas sem a teoria que as comporta e a elas obriga.

Os objetos de investigação científica se mostram de maneira surpreendente na MQ. Na física clássica há uma previsibilidade entre a descrição e seu objeto, que é justamente o que ela vai descrever. Os físicos quânticos não têm nenhuma dúvida da “objetividade” dos objetos que pesquisam, não é este o problema. Pode mesmo ser uma objetividade diferente do modelo clássico, o problema é como os objetos se mostram ao pesquisador. Pode ser uma objetividade que remete a uma entidade possuidora de determinadas propriedades; ou ainda, mais precisamente, pelo fato de se tratar de uma questão física, uma objetividade sem objetos físicos, tais como os descrevem e os concebem as teorias clássicas. Por outro lado, a maior parte dos físicos não vê problema em qualificar como “construções” as elaborações conceituais e teóricas, como as da MQ. Como ocorrera, já no início do século XX, com o sentido estabelecido nas primeiras aproximações do domínio quântico e a ajuda das probabilidades concebidas como instrumento matemático (PATY, 2002).

Na célebre interpretação da Escola de Copenhague, objetos poderiam ser considerados apenas ao que se refere à observação que, por sua vez, resultavam das medidas matemáticas. Eram consideradas grandezas físicas somente as que poderiam ser postas em correspondência com os resultados da medida realizada. Grandezas do tipo clássico naquele momento. Não se poderia descrever os objetos quânticos propriamente, mas apenas os efeitos da medida sobre aquele novo sistema. Dessa forma, as grandezas matemáticas só remeteriam aos fenômenos e às grandezas físicas por meio da interpretação. Os conceitos científicos deveriam, assim, sua legitimidade a um processo de caracterização racional, fruto do contexto sociohistórico em que foi gerado, dos elementos cognitivos relacionados à sua inteligibilidade, bem como às representações conceituais e teóricas em questão. (PATY, 2011).

As investigações sobre as desigualdades de Bell e o conceito de não-localidade quântica, apesar de alguns de seus problemas conceituais, que despontariam em sistemas emaranhados de duas partículas correlacionadas, possibilitaram (não determinaram) o surgimento da ideia de que mentes humanas são como sistemas

quânticos, e poderiam se comunicar à distância. As correlações à distância de sistemas quânticos emaranhados têm sido identificadas pela psicologia quântica com o conceito de “sincronicidade”, cunhado pelo psicanalista Carl Jung, que procurou explicar correlações a causais por trás de coincidências significativas na dinâmica da vida (JUNG, 2011).

O físico Amit Goswami (2005) chega a afirmar que a “não localidade” entre mentes permitiria transmissão instantânea de pensamentos, o fenômeno da telepatia, e que isso poderia ser provado por uma série de experimentos realizados pelo neurofisiologista e psicólogo Jacobo Grinberg-Zylberbaum, o que contrariaria a relatividade restrita, que proíbe transmissão instantânea de informação (EINSTEIN et. al., 1958).

No mesmo contexto da formulação do teorema de Bell (1964), alguns físicos interessados em concepções esotéricas já passaram a explorar a hipótese de que o teorema forneceria a chave da explicação científica para a telepatia, fenômeno que é negado pela maior parte da comunidade científica, além de outras possíveis conexões entre consciência humana e física quântica. Essa ideia será fortemente absorvida pelo fenômeno sociocultural do misticismo quântico já naquele momento, e continua presente em formulações como a de Goswami (2005)

O movimento do misticismo quântico surgiu em um contexto específico, o da contracultura sociopolítica dos anos 1960 e 1970, e se manteve ativo nas décadas seguintes. O *ethos* do chamado “neoesoterismo”, um movimento amplo, presente em vários países, segundo Magnani (1999), envolve os seguintes aspectos, que estão intimamente ligados com os fundamentos do misticismo quântico:

- a) *Terapias corporais*. Após a difusão da psicanálise nos anos 70, dois desdobramentos podem ser notados: a prática do lacanismo, com sua postura intelectualizada e a ênfase na palavra, e o complexo alternativo, que privilegia a emoção, a sensação e a intuição, e enfatiza o trabalho terapêutico no corpo e a “mentalização”.
- b) *Cultivo da individualidade*. O resultado das terapias corporais é uma valorização da realidade interior e dos processos de transformação espiritual, de forma que essa nova espiritualidade é marcada pelo individualismo. O ideal dos anos 1960-1970, de igualitarismo

e socialização, é substituído, na era Reagan, pela valorização da individualidade, com aquilo que ela tem de singular e diferente. c) *Comunidade: circuito urbano*. O indivíduo da nova onda mística se insere numa comunidade, porém esta não é a comunidade rural alternativa da era *hippie*, mas geralmente uma comunidade urbana, de fim de semana, que permite “recarregar as baterias” para enfrentar o corre-corre da metrópole, com cursos, palestras, lançamentos de livros e outras vivências. d) *Noção de “energia”*. O conceito de energia (o *chi* do taoísmo) ou energia vital e central na visão de mundo e no *ethos* do neoesoterismo, assim como era nos anos 1960-1970. Com o misticismo quântico, essa energia se torna quântica e considerada a entidade que carrega o fluxo de espiritualidade dentro do corpo, entre os indivíduos e com a natureza. e) *Preocupação com ecologia e natureza*. Assim como nos anos 1960-1970, mantém-se a importância da natureza e da ecologia. Porém, no neoesoterismo, o indivíduo tira sua força da comunhão com a natureza e chega a se sentir capaz de curvar a sociedade a seus desejos e impulsos. f) *Redescoberta do feminino*. Um último aspecto que marca o neoesoterismo e o novo papel do feminino. Não se trata do feminismo dos anos 70, buscando a igualdade entre os gêneros, mas o reconhecimento da superioridade das qualidades femininas de intuição, sensibilidade, espontaneidade e senso comunitário, que de certa forma se cristalizam na figura da bruxa, com seus poderes mágicos. (apud PESSOA JR., 2011, p. 103-116).

O misticismo quântico também compartilha de uma atitude com relação à natureza, presente em longa tradição na história da ciência, que Pessoa Jr. (2011) chama de “naturalismo animista” ou romantismo, o qual considera que: “[...] a natureza é imbuída de uma espécie de alma semelhante à alma humana, ou uma espécie de sentido, finalidade ou racionalidade, semelhantes aos nossos” (p.282). Como seriam feitos da mesma substância fundamental, o ser humano e a natureza, teriam as mesmas leis (“princípio de identidade”) e fariam parte da mesma totalidade orgânica. Dessa forma, o cientista poderia atingir a verdade apenas através da intuição, não dando tanto valor ao método científico. A natureza toda seria

também permeada por polaridades de forças, que conduziriam as transformações biológicas a partir de arquétipos ou tipos ideais (HADA, 2007).

A epistemologia, de Descartes a Kant, tem forte ligação com a física newtoniana (CRUZ, 2011). Pensar qualquer objeto físico significa compreender a dinâmica de evolução espaço-temporal do mesmo. Para representar um fenômeno, é necessário ter equações de movimento. A própria realidade de um objeto passa pelo crivo de localizá-lo no espaço e no tempo. Quando Heisenberg (1983) formula sua mecânica matricial, há um rompimento com os modelos pictóricos de descrição de todos os fenômenos físicos no espaço-tempo. Também o princípio da complementaridade de Bohr (1995) foi proposto como uma “solução de compromisso”, que defende a completeza da teoria, incorporando, numa mesma representação, duas descrições diferentes e exclusivas sobre um mesmo objeto, o que não se enquadra dentro das noções cartesiana e kantiana de representação. Bohr mesmo afirmou que as formas tradicionais de percepção impunham limitações à linguagem que a nova produção científica queria usar (CRUZ, 2011). A complementaridade permitia, assim, uma unificação da descrição, dando significado e sentido ao fenômeno tratado.

A física quântica despontou então, para um grupo de físicos a partir dos anos 1960, como uma ruptura com a ciência cartesiana-kantiana preponderante. No aspecto social, essa ruptura se casaria com a ruptura proposta por movimentos sociais, culturais e políticos daquele período em diversos países. Um herdeiro desse período e dessa perspectiva de ruptura é Fritjof Capra que, em 1975, lançou um livro fazendo paralelos entre a física moderna e o pensamento oriental: *O Tao da física* (CAPRA, 2000). Capra é até hoje considerado por muitos como o físico que deu origem ao misticismo quântico moderno. Muitas assertivas místicas do livro dizem se apoiar em experimentos científicos reais. Mas muitas relações entre conceitos consolidados cientificamente e o que é publicado nos *best-sellers* são pura distorção.

Cruz (2011) aponta que no início da MQ (anos 1920) já houve muitas apropriações indevidas dos conceitos advindos da nova teoria, devido ao caráter irreverente e iconoclasta do clima intelectual da época, principalmente na Alemanha. E muitas dessas ligações



foram feitas justamente com abordagens da psicologia. Por outro lado, segundo o autor, o físico Wolfgang Pauli fez ligações da MQ com a ideia de “arquétipos” da psicologia junguiana de forma equilibrada e precavida:

Pauli é um exemplo desta abertura para outros tipos de conhecimento. Devido a suas ligações com a psicanálise de Jung, ele entende que matéria e mente são aspectos complementares de uma mesma realidade, governada por princípios de ordenamento comum, e que o entendimento do mundo extrapola a pura racionalidade. A percepção e a compreensão do fenômeno para Pauli passam pela mobilização do inconsciente e não apenas do consciente. No caso, ele se refere ao inconsciente coletivo e aos arquétipos que são formas simbólicas que aparecem em todas as culturas, linguagens, mitos etc. Segundo Pauli, a compreensão da realidade passa necessariamente pelas formas simbólicas, e os arquétipos funcionam como fatores de ordenação que auxiliam a criação de imagens fazendo a ponte entre a percepção e o entendimento. (CRUZ, 2011, p. 309)

Desde os anos 1960, baseado na visão naturalista animista, o misticismo quântico atribui uma conexão íntima entre a consciência humana (e também a espiritualidade) e os fenômenos quânticos. A física quântica seria então o fundamento de terapias alternativas às linhas clássicas da psicanálise. O livro “A cura quântica”, do médico Deepak Chopra (1989), lançado no Brasil em 1990, foi um *best-seller* de divulgação da psicologia quântica. Nele está a tese de que a consciência humana é essencialmente quântica, embora esta afirmação seja frágil do ponto de vista científico, por conta da falta de evidências consistentes, e devido ao ruído térmico presente no cérebro, que “borra” os efeitos quânticos quando medidos, a descoerência (PESSOA JR., 1998).

Mas, ainda assim, afirmar que a consciência é essencialmente quântica é uma hipótese empírica aceitável. Em 1986, o físico britânico Roger Penrose partiu da hipótese de que o cérebro humano seria capaz de computar funções não-recursivas, o que o tornaria mais poderoso do que qualquer computador. Embora a hipótese em si carregue alguns problemas, Penrose (1986) indicou que alguma

propriedade quântica poderia ser a responsável por essa grande capacidade intelectual do cérebro humano. Junto com o anestesíologista Stuart Hameroff apontou para a possibilidade de que microtúbulos, presentes em todas as células, teriam uma função cognitiva, além da clássica função estrutural de transporte.

Se a consciência é essencialmente quântica, por analogia a duas partículas quânticas, duas consciências poderiam se acoplar quanticamente à distância. Essa tese, porém, é pouco plausível, pois mesmo que haja efeitos essencialmente quânticos em locais restritos do cérebro, quando duas pessoas se encontram não há interação física direta entre essas partes de cada cérebro, o que é reconhecido por Penrose (1986). Mas é uma ideia também capturada pelo misticismo quântico, que se vê na necessidade de postular um “campo mental”, que extravasaria o crânio e permitiria o acoplamento entre mentes. Mas isso foge a um postulado científico aceitável atualmente.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

No polo dos cientistas, é possível que se receba a psicologia quântica a partir de uma perspectiva pluralista. Nesta, admite-se que há várias interpretações possíveis para a física quântica, e que todas que não sejam refutáveis e autocontraditórias, devem ser admitidas, honestamente, como possibilidades. O cientista pode então colocar um dilema para a psicologia quântica, cuja solução envolverá uma reflexão sobre o estatuto da explicação científica predominante sobre o mundo atualmente. O dilema consiste em o místico quântico aceitar a existência de fenômenos que vão contra o que prevê a ciência estabelecida, ou aceitar apenas a existência de entidades e processos que não entram em contradição com a ciência

Na primeira opção, o misticismo quântico desafiaria os cânones científicos atuais, como na tese citada anteriormente de Goswami (2005), de que existe transmissão instantânea de pensamentos. Nesse caso, que contrapõe cânones da relatividade restrita, e em outros casos deste tipo, ou se faz a ciência (e o conhecimento de forma geral) avançar, conseguindo provar que a tese contradita estava errada; ou se fundam as explicações em evidências fracas ou até na mais pura imaginação e vaidade. Na segunda opção, o misticismo quântico assume uma posição conciliadora com a ciência,

como no debate entre criacionistas e evolucionistas. Nesse caso, o místico quântico pode crer na existência de mistérios e de um ser superior que cria o ser humano, mas admite que a narrativa da “criação do mundo” é literária e figurada; o ser humano mesmo deve ter chegado ao estágio atual pelo processo evolutivo, o que é aceito pela comunidade científica, e não se choca com uma mera narrativa.

Procuramos apresentar, ao longo do texto, conceitos e ideias advindos da física quântica, ensinados a partir dos olhares sociológico e filosófico. Ema uma via de mão dupla, a pesquisa no Laboratório de História das Ciências (USP-UFBA) alimentou muito de nossa prática pedagógica, ao passo que a experiência de ensino despertou temas para a pesquisa no âmbito acadêmico. No âmbito da pesquisa, o intento foi tratar temas da física quântica a partir de uma pesquisa sociológica e filosófica. No âmbito do ensino, valorizou-se a interdisciplinariedade em temas pouco tratados de forma interdisciplinar. Consideramos que essa rica experiência interdisciplinar permitiu o crescimento tanto no âmbito da pesquisa como no do ensino.

O Cursinho EduPovo, do município de São Bernardo do Campo, tem uma proposta interdisciplinar por excelência. Sempre há atividades que prezam pela interdisciplinaridade, mas quando tratamos de temas novos é um desafio que se apresenta. As ideias que trabalhamos, no âmbito da física quântica, são frutos de pesquisa e não gozam de aceitação irrestrita na pesquisa e no ensino de Física. Mas são ideias que permitem aprofundar a interdisciplinaridade, destacando fatores sociais, culturais, filosóficos, psicológicos e religiosos que têm relação com a física quântica.

## REFERÊNCIAS

ASPECT, A. Bell's inequality test: more ideal than never. **Nature**, U.K., v. 398, p. 189-233, mar.1999.

BELL, J. On the Einstein Podolsky Rosen paradox. **Physics**, S.l. v. 1, n. 3, p. 195-200, 1964.

\_\_\_\_\_. On the problem of hidden variables in quantum mechanics. **Reviews of Modern Physics**, College Park, MD, v. 38, n. 3, p. 447-452, 1966.

\_\_\_\_\_. **Speakable and unspeakable in quantum mechanics - collected papers on quantum philosophy**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

BISPO, W; DAVID, D. Sobre a cultura material dos primeiros testes experimentais do teorema de Bell: uma análise das técnicas e dos instrumentos (1972-1976). In: FREIRE, JR., O.; PESSOA JR., O.; BROMBERG, J. (Org.). **Teoria quântica: estudos históricos e implicações culturais**. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

BOHM, D. **Quantum theory**. New York: Prentice Hall, 1951.

\_\_\_\_\_. A suggested interpretation of the quantum theory in terms of *hidden* variables, I and II - **Physical Review**, S.I., v.85, n.2, p.166-179 e 180-193, 1952.

BOHR, N. **Física atômica e conhecimento humano: ensaios 1932 - 1957**. Trad. V. Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995

BROMBERG, J. Problemas de pesquisa na história da Mecânica Quântica. In: FREIRE, JR., O.; PESSOA JR., O.; BROMBERG, J. (Org.). **Teoria quântica: estudos históricos e implicações culturais**. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

\_\_\_\_\_. **The Laser in America: 1950-1970**. Cambridge: The MIT Press, 1991

BRUNE, M. Observing the progressive decoherence of the 'meter' in a quantum Measurement. **Physical Review Letters**, S.I., v. 77, n. 24, p. 4887-4890, 1996.

BRUNE, M.; RAIMOND, J. M.; HAROCHE, S. Theory of the Rydberg-atom two-photon 'micromaser'. **Physical Review Letters**, S.I., v. 35, n. 1, p. 154-163, 1987.

CANTRELL, C. D.; SCULLY, M. O. The EPR paradox revisited. **Phys. Reports**, Tucson, v.43, n. 13, p. 499–508, 1978.

CAPRA, F. **The tao of physics: an exploration of the parallels between modern physics and eastern mysticism**. 4th ed. Berkeley: Shambhala, 2000.

CHOPRA, D. **A cura quântica**. São Paulo: Best Seller, 1990. Original em inglês: **Quantum healing**. New York: Bantam, 1989.

CLAUSER, J.; HORNE, M. Experimental consequences of objective local theories. **Physical Review**, S.I., v.10, n.2, p. 526–534, jul.1974.

COLLINS, R. **The sociology of philosophies: global theory of intellectual change**. Cambridge and London: The Belknap Press of Harvard University, 1998.

CRUZ, 2011. Mecânica Quântica e a cultura em dois momentos. In: FREIRE, JR., O.; PESSOA JR., O.; BROMBERG, J. (Org.). **Teoria quântica: estudos históricos e implicações culturais**. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

DAVIDOVICH, L.; RAIMOND, J.; BRUNE, M.; HAROCHE, S. Quantum theory of a two-photon ‘micromaser’. **Physical Review A**, S.I., v. 36, n. 8, p. 371–387, oct.1987.

EINSTEIN, A.; PODOLSKY, B.; ROSEN, N. Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? **Physical Review**, S.I., v.47, p.777–790, may. 1935.

EINSTEIN, A.; LORENTZ, H.; MINKOWSKI, H. **Textos fundamentais da Física moderna**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1958.

EINSTEIN, A. **A teoria da relatividade especial e geral**. São Paulo: Atlas, 1991.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1988.

FILIPOWICZ, F.; JAVANAINEN, J.; MEYSTRE, P. Theory of a microscopic maser. **Physical Review**, S.l., v. 34, n. 4, p. 3077-3087, oct. 1986.

FREEDMAN, S. J.; CLAUSER, J. F. Experimental tests of local hidden-variable theories. **Physical Review Letters**, U.S., v.28, n. 14, p. 938-941, apr.1972.

FREIRE, JR., O.; PESSOA JR., O.; BROMBERG, J. (Org.) **Teoria quântica: estudos históricos e implicações culturais**. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

FREIRE JR., O. Dissidentes quânticos: pesquisa em fundamentos da Teoria Quântica em torno de 1970 In: FREIRE, JR., O.; PESSOA JR., O.; BROMBERG, J. (Org.). **Teoria quântica: estudos históricos e implicações culturais**. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

\_\_\_\_\_. The historical roots of “foundations of quantum mechanics” as a field of research (1950-1970). **Foundations of Physics**, S.l., v. 34, n. 11, p. 1741-1760, 2004.

GOSWAMI, A. **A física da alma**. São Paulo: Aleph, 2005. Original em inglês: **Physics of the soul**. Charlottesville (VA): Hampton Roads, 2001.

HACKING, I. **Representar e intervir**. Trad. P. Rocha. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 2012.

HADA, K. **O ideal de ordem natural de Toulmin aplicado à biologia teleomecanicista do século XIX**. 2007. 61f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2007.

HEISENBERG, W. The physical content of quantum kinematics and mechanics. Trad. J.A. Wheeler e W.H. Zurek, in: WHEELER, J. and ZUREK, W. (ed.), **Quantum Theory and Measurement**, Princeton University Press, Princeton, 1983, p. 62-84.

JUNG, C. **A dinâmica do inconsciente - sincronicidade**. In: Car Jung. *Obra Completa*, Parte 3, V. 8, Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2011.



KOCHER, C.; COMMINS, E. Polarization correlation of photons emitted in an atomic cascade. **Physical Review Letters**, U.S., v. 18, n. 15, p. 575-577, 1967.

PATY, M. La physique quantique ou l'entraînement de la forme mathématique sur la pensée physique. In: MATAIX, C.; RIVADULLA, A. (Org.). **Física cuántica y realidad: quantum physics and reality**. Madrid: Complutense, 2002.

\_\_\_\_\_. 'Construção do objeto' e objetividade na Física Quântica. In: FREIRE, JR., O.; PESSOA JR., O.; BROMBERG, J. (Org.). **Teoria quântica: estudos históricos e implicações culturais**. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

PENROSE, R. **A nova mente do rei**. Trad. W. Dutra. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

Original em inglês: **The emperor's new mind**. Oxford: Oxford University Press, 1989.

PESSOA JR., O. O fenômeno cultural do misticismo quântico. In: FREIRE, JR., O.;

PESSOA JR., O.; BROMBERG, J. (Org.). **Teoria quântica: estudos históricos e implicações culturais**. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

\_\_\_\_\_. Can the decoherence approach help to solve the measurement problem? **Synthese**, Switzerland AG, v. 113, n.3, p. 323-346, 1998.

\_\_\_\_\_. **Conceitos de física quântica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

TRIMMER, J. The present situation in Quantum Mechanics: a translation of Schrödinger's "cat paradox". **Proceedings of the American Philosophical Society**, S.I., v. 124, p. 323-38, 1980.

SCHRÖDINGER; E. An undulatory theory of the mechanics of atoms and molecules. **The Physical Review**, v.28, n.6, p.1049-1070, dec. 1926.

SCULLY, M. O.; DRUEHL, K. Quantum eraser: a proposed photon correlation experiment concerning observation and 'delayed choice' in quantum mechanics. **Physical Review A**, S.l., v. 25, n. 4, p. 2208-2212, 1982.