

A FÍSICA QUÂNTICA PARA TODOS

Anderson Lupo Nunes^a [alupo@if.ufrj.br]

^a CEFET-Química (Unidade de Nilópolis, RJ)

RESUMO - É feita uma introdução sobre o surgimento da física quântica e os seus princípios básicos. São apresentadas as idéias da dualidade onda-partícula, do princípio da incerteza, da não-localidade quântica e principalmente da interpretação probabilística da função de onda. Também é mostrada toda a cronologia do desenvolvimento da física quântica a partir da idéia de quantização apresentada por Max Planck em 1900, passando pelo modelo proposto por Albert Einstein para explicar o chamado efeito foto-elétrico, até chegar na construção da mecânica quântica por grandes nomes da ciência do século XX, como Bohr, Heisenberg, Schroedinger, Pauli e tantos outros. Foi possível relacionar aspectos importantes da teoria quântica com outras áreas do conhecimento humano. Há uma constatação de contribuições na ciência em geral, como, por exemplo, a descoberta da estrutura do DNA, no desenvolvimento tecnológico e econômico, principalmente alicerçado na descoberta e no desenvolvimento dos materiais e dispositivos semicondutores e o seu conseqüente impacto na indústria, nas formas de expressão artística que podem ser representadas pelo movimento surrealista e até mesmo em áreas como psicologia, filosofia e sociologia. Nota-se que a física quântica possui uma capacidade de relacionar aspectos que em nada são constituintes da experiência cotidiana, com elementos subjetivos dessa mesma experiência cotidiana. Conclui-se verificando a grande importância do estudo da física quântica em diversos níveis devido a sua profunda interdisciplinaridade. Isso pode ser aproveitado como um elemento motivador para que o aluno possa despertar um interesse maior na física, apesar de não haver uma aparente relação com as áreas de seu maior interesse, mas que acaba surgindo no escopo mais abrangente da física quântica.

1. INTRODUÇÃO

A física quântica é a transformação mais profunda pela qual a física passou desde a época de Newton. Pode-se considerar que a relatividade marca o apogeu da chamada física clássica, mas a física quântica representa uma alteração muito mais radical das idéias fundamentais da física¹.

A chamada física newtoniana trouxe uma profunda transformação que se iniciou no campo da ciência e se espalhou por diversas ordens do pensamento humano. Na filosofia surgiu o iluminismo, na sociologia houve Marx, a sombria psique de Freud, etc. A física de Newton interferiu e ainda interfere em muito do que é a humanidade de hoje².

A física quântica também tem influenciado diversas áreas desde que surgiu no início do século XX. O seu surgimento foi gradual da mesma forma que a sua influência, mas será demonstrado que ela é absolutamente relevante.

Os fenômenos que ocorrem em escala atômica e as suas repercussões ao nível macroscópico são plenamente explicados pela física quântica. Como não conseguimos perceber com nossos sentidos, o que ocorre em escala atômica, não é possível descrever esse “novo” mundo com os conceitos da física clássica. Foi necessário desenvolver uma teoria completamente nova e diferente do que existia até então. Segundo as palavras de Hawking³:

Na verdade, foi uma teoria extremamente bem-sucedida e sustenta quase toda a ciência e a tecnologia modernas.

Tudo começou quando Max Planck postulou em 1900 que a troca de energia entre a radiação emitida por um corpo aquecido e os átomos da parede ocorria de forma quantizada, ou seja, através de múltiplos inteiros de um “quantum” de energia. Era como se a energia, até então considerada como algo contínuo, se apresente em escala atômica, como pequenos “pacotes” indivisíveis. Esse postulado conseguiu explicar os resultados experimentais da distribuição espectral da radiação térmica. Cada “quantum” de energia foi definido como: $E = h f$ onde f é a frequência da radiação e h é uma constante universal que ficou conhecida como constante de Planck.

O postulado de quantização de Planck é inteiramente incompreensível na física clássica, onde a energia de uma oscilação não tem qualquer relação com a sua frequência. O próprio Planck trabalhou durante anos em busca de uma explicação que pudesse reconciliar o seu postulado com a física clássica. Foi um trabalho árduo, mas infrutífero, porque o seu postulado era na verdade o início de uma verdadeira revolução na física.

Albert Einstein, em um trabalho publicado em 1905, propôs uma teoria que explicava satisfatoriamente o efeito fotoelétrico, baseada em uma extensão bastante audaciosa das idéias de Planck sobre a quantização. Sua idéia era de que a radiação eletromagnética de uma determinada frequência consiste em um quantum de energia e que cada quantum transfere toda a sua energia a um único elétron. Esse quantum de energia da luz foi posteriormente chamado de fóton. O prêmio Nobel dado a Einstein, em 1921, foi pela teoria do efeito fotoelétrico e não pela teoria da relatividade que o notabilizou.

Experimentos a seguir caracterizaram de forma bastante inequívoca as propriedades corpusculares da luz, como os realizados por Millikan em 1915 e Compton em 1919 e 1923. Em 1909 com um dos mais importantes experimentos da história da ciência, Rutherford descobriu que o átomo era constituído por um reduzidíssimo núcleo positivo com diversos elétrons ao redor, de modo similar a um sistema planetário. Ele pode chegar a esta conclusão observando o espalhamento de partículas alfa por uma fina lâmina de ouro. Segundo os relatos de Rutherford em 1910 sobre os resultados do experimento:

Era quase tão incrível como se você disparasse um obus de 15 polegadas contra um lenço de papel e ele fosse defletido para trás atingindo você¹.

O físico dinamarquês Niels Bohr elaborou um modelo para o átomo de hidrogênio levando em conta regras de quantização e aspectos da física clássica. Esse modelo, porém, não funcionou bem para os outros átomos, mas serviu para indicar que a física quântica era o caminho para explicar os átomos.

Considerando os postulados de Bohr e de Einstein, o físico francês Louis de Broglie formulou a hipótese de que se luz, que é uma onda, tem um comportamento corpuscular então o elétron teria um comportamento ondulatório. Assim surgiu a idéia da dualidade onda-partícula. Experimento realizado por Davisson detectou a difração de elétrons e confirmou a hipótese de Louis de Broglie.

Na busca por uma teoria capaz de explicar satisfatoriamente a existência dos átomos e todos esses estranhos fenômenos que envolvem o comportamento dos elétrons e da luz, Bohr reuniu em torno de si em Copenhague dois talentosos jovens físicos, Heisenberg e Pauli. De modo independente, Schroedinger buscava a equação de onda das ondas de matéria propostas por de Broglie. Ambos chegaram ao que hoje é conhecido como Mecânica Quântica, em formulações independentes, mas totalmente compatíveis. Em conversa com Einstein⁴, Heisenberg disse:

(...) não temos idéia da linguagem que devemos usar para falar dos processos no interior do átomo. É fato que temos uma linguagem matemática, ou seja, um esquema matemático para determinar os estados estacionários do átomo ou as probabilidades de transição de um estado para outro, (...)

Os elétrons e outras entidades subatômicas não são nem totalmente ondas e nem totalmente partículas, são uma espécie de mistura de ambas as coisas que em um momento apresentam o aspecto onda e em outro apresentam o aspecto de partícula. Heisenberg argumenta que a realidade fundamental em si é indeterminada. Tudo da realidade é e continua sendo uma questão de probabilidades. No seu princípio da Incerteza é estabelecido que nunca é possível saber exatamente a posição e o momentum de uma dessas “entidades” subatômicas. A física determinista de Newton dá lugar a uma física de probabilidades. Essas probabilidades são calculadas de modo exato e conseguem descrever com extrema precisão o comportamento da Natureza. Experimentos foram exaustivamente realizados e comprovaram a validade da teoria.

Antes de se medir a posição de um elétron, existe uma nuvem de possibilidades de se encontrar o elétron, cada uma com a sua probabilidade calculada através da física quântica. Mas ao se efetuar a medida apenas uma possibilidade se confirma. Repetindo-se a medida diversas vezes os resultados experimentais coincidem com as probabilidades calculadas.

Note que o comportamento ondulatório ou corpuscular depende do experimento que é realizado (o observador). Amplitudes de probabilidade associadas a duas possibilidades diferentes interferem quando não é possível saber qual das duas foi seguida, e não interferem quando é possível distingui-las. Caminhos indistinguíveis interferem. Assim, o processo de observação influencia de forma decisiva o resultado observado¹.

Na mecânica quântica, podemos correlacionar objetos, de tal modo que eles permanecem conectados, mesmo se separados por grandes distâncias. Quando observados, os objetos quânticos correlacionados tornam-se realidades, separam-se, mas a natureza interligada de seu colapso mostra, sem dúvida, que eles estavam interligados.

No decorrer deste trabalho será verificado como a física quântica tem contribuído para a ciência, a tecnologia, economia, artes (pintura, música e teatro/cinema), psicologia, filosofia e sociologia.

2. A CONTRIBUIÇÃO DA FÍSICA QUÂNTICA PARA A CIÊNCIA

Através do desenvolvimento da física quântica houve um grande impulso em todas as áreas da ciência. O desenvolvimento tecnológico gerado por aplicações da física quântica permitiu o desenvolvimento de instrumentos de medida mais eficazes que por sua vez contribuíram em diversas descobertas científicas.

No dia 7 de março de 1953, no laboratório Cavendish, na Inglaterra, Francis Crick e James Watson concluíram que a molécula do DNA tem a estrutura de uma dupla hélice, uma descoberta que daria novos rumos à ciência. A partir de então, a biologia molecular tornou-se, de fato, uma ciência que hoje, com meio século de avanços, traz à cena a transgênese, a genômica e a possibilidade da clonagem reprodutiva. Essa descoberta foi viabilizada pelo uso da técnica de difração de raios X, que não deixa de ser um resultado de aplicações da física quântica.

O desenvolvimento da química e da ciência de materiais foi viabilizado pela descoberta da física quântica, capaz de descrever de modo satisfatório as estruturas moleculares. O uso do laser e da ressonância paramagnética de spin tem enormes aplicações na área da medicina, tanto diagnóstica, quanto corretiva.

Vale lembrar que tanto a matemática, quanto a informática, que tem fornecido ferramentas úteis no desenvolvimento da física quântica e de seus desdobramentos, também se aprimora com esse intercâmbio. Novas técnicas acabam sendo desenvolvidas com a intenção de ser empregadas na física quântica, como, por exemplo, o método de Hartree-Fock usado para se calcular a estrutura atômica⁵.

No campo da arqueologia a física quântica oferece uma contribuição inestimável com diversas técnicas experimentais, que inicialmente foram destinadas aos estudos de estruturas atômicas e subatômicas, mas são destinadas a caracterizar objetos encontrados em sítios arqueológicos e a datação desses objetos. Como exemplo, pode-se destacar o teste do carbono 14, onde é feita a descoberta da idade através do decaimento radioativo do C^{14} que está presente nos seres vivos.

A perfeita compreensão da física do estado sólido e das propriedades dos condutores elétricos só foi possível através da construção de modelos baseados na física quântica. Isso também se aplica as propriedades magnéticas dos materiais (como os ferromagnéticos e diamagnéticos)⁶.

Buscamos traçar apenas um panorama mais amplo de como a física quântica colaborou e ainda tem colaborado de forma decisiva no desenvolvimento da ciência em geral. Mas essa contribuição se torna ainda mais crucial se levarmos em conta o aspecto tecnológico em geral.

3. A CONTRIBUIÇÃO DA FÍSICA QUÂNTICA PARA A TECNOLOGIA

Os impactos da física quântica são extremamente dramáticos. O mundo não seria o que é hoje sem o enorme impulso que a física quântica deu ao campo do desenvolvimento tecnológico. A eletrônica pode ser considerada como a filha mais promissora da física quântica. É difícil pensar em um mundo sem a eletrônica. Ela se faz presente na vida de praticamente todas as pessoas. Nos computadores, satélites, televisores, sistemas bancários, semáforos, alarmes, telefonia, elevadores, aviões, etc. Onde quer que se olhe. Por outro lado, as telecomunicações por fibras ópticas estão associadas à descoberta do laser.

A origem dos aparelhos eletrônicos remonta às pesquisas de Thomas Alva Edison, que em 1883 descobriu o que chamamos hoje de "Efeito Edison", ou efeito termiônico. Ele demonstrou a formação de uma corrente elétrica fraca no vácuo parcial entre um filamento aquecido e uma placa metálica. A corrente era unidirecional e cessava se a polaridade do potencial entre o filamento e a chapa fosse invertida. Ficou comprovado que os transmissores da eletricidade estavam eletrizados. Mais tarde, estes transmissores receberam o nome de elétrons. A partir daí foi possível o desenvolvimento das válvulas eletrônicas por J.A. Fleming em 1897. Apesar delas permitirem o início da eletrônica, havia diversas desvantagens em seu uso, a saber: tamanho extremamente grande dos aparelhos eletrônicos, necessidade de manutenção constante, alto consumo de energia, etc.

Os primeiros computadores começaram a surgir durante a década de 40, naturalmente com propósitos militares. Os principais usos eram a codificação e decodificação de mensagens e cálculos de artilharia. O computador mais famoso daquela época foi o ENIAC (Electronic Numerical Integrator Analyzer and Computer), construído em 1945. O ENIAC era composto por nada menos do que 17,468 válvulas, ocupando um galpão imenso. Porém, apesar do tamanho, o poder de processamento do ENIAC é ridículo para os padrões atuais,

suficiente para processar apenas 5.000 adições, 357 multiplicações e 38 divisões por segundo, bem menos até do que uma calculadora de bolso atual, das mais simples.

Aplicando os conhecimentos de física quântica foi possível se descobrir e desenvolver os materiais semicondutores. Esse desenvolvimento dos materiais semicondutores permitiu a substituição das válvulas por dispositivos menores e mais eficientes, como o transistor. Ele foi inventado nos Laboratórios da Beel Telephone em dezembro de 1947 (e não em 1948 como é frequentemente dito) por Bardeen e Brattain. Shochley reorientou suas idéias e desenvolveu a teoria do transistor de junção. Em julho de 1951, a Bell anuncia a criação desse dispositivo. Em 1956 os três ganham o prêmio Nobel de Física pela descoberta do transistor. Até hoje, Bardeen foi a única pessoa que ganhou dois prêmios Nobel de Física. O segundo em 1972 foi pelo desenvolvimento da teoria da supercondutividade⁷.

Todas essas inovações representavam um grande avanço na indústria de semicondutores. Chegava-se a um época promissora. O silício, o semicondutor escolhido, podia ser produzido com pureza e perfeição cristalina mais do que adequadas para seu uso. As dimensões críticas em todas as direções podiam ser controladas com grande precisão. Os contatos elétricos podiam ser feitos com facilidade, sem a necessidade de precisão microscópica. Os dispositivos resultantes mostravam grande confiabilidade. E tudo podia ser feito em larga escala. Passados apenas treze anos de sua invenção, o transistor já podia abrir caminho para outro grande salto tecnológico: a invenção do circuito integrado (popularizado mais tarde como “microchip”), em 1958, por Jack S. Kilby, da Texas Instruments, e Robert N. Noyce, da Fairchild Semiconductor.

Kilby pensava em maneiras de miniaturizar os componentes e simplificar sua fabricação, possivelmente construindo todos eles sobre uma mesma lâmina de silício. Em julho de 1958, ele escreveu em seu caderno de pesquisa: “A miniaturização extrema de muitos circuitos elétricos pode ser alcançada fazendo-se resistores, capacitores, transistores e diodos em uma única lâmina de silício”. Em seguida ele ocupou-se em mostrar nas cinco páginas seguintes como isso poderia ser feito. No final de agosto, uma versão simplificada de seu circuito já estava disponível, demonstrando que era possível produzir transistores, diodos, capacitores e resistores em um único bloco de semicondutor e interconectá-los para criar circuitos funcionais. A partir daí houve um salto no desenvolvimento tecnológico, onde a base de tudo é uma simples aplicação da física quântica.

Outra importante aplicação tecnológica dos princípios da física quântica foi o desenvolvimento da engenharia nuclear. Bombardeando urânio com nêutrons, os cientistas Hahn e Strassmann, na Alemanha, tentavam obter elementos transurânicos. Foi desta forma que eles, em 1938, acabaram por fissionar o urânio pela primeira vez. Frisck e Lise Meitner interpretaram as experiências de Hahn afirmando que, se um núcleo pesado sofre fissão, obtêm-se átomos de massa mediana e enorme quantidade de energia. Os principais experimentos foram realizados com U^{235} e Pu^{239} . A fissão nuclear é o mecanismo que possibilita a construção dos reatores nucleares e da bomba atômica. De fato, uma bomba nuclear e um reator nuclear são aparatos totalmente diversos⁸. As bombas de Hiroshima e Nagasaki fazem parte do passado. Mas elas ensinam umas das lições mais importantes da humanidade: existe a possibilidade de sermos exterminados como espécie, não simplesmente mortes individuais, mas o fim dos seres humanos, o que torna de grande relevância a ética no desenvolvimento das descobertas científicas.

4. A CONTRIBUIÇÃO DA FÍSICA QUÂNTICA PARA A ECONOMIA

A indústria que tem como finalidade a produção de equipamentos eletrônicos ou seus subprodutos (como os softwares) está na liderança da economia mundial. Hoje, uma fração significativa do Produto Interno Bruto (PIB) dos países avançados está associada a tecnologias baseadas na física quântica. O físico Leon Lederman (vencedor do Nobel de 1988) afirmou que um terço do PIB norte-americano em 2001 era proveniente dessas tecnologias⁹.

No entanto, a contribuição da mecânica quântica e de seus desdobramentos na área da física, não tem contribuído na economia apenas pela criação de objetos. Analistas de grandes centros financeiros usam cotidianamente métodos de simulação que envolve conhecimentos de física e estatística para prever a evolução dos preços de ações e outros ativos financeiros.

Os países mais bem sucedidos no campo social e econômico são exatamente aqueles que mais tem estimulado os avanços científicos e as pesquisas de base. Há uma correlação direta entre a rapidez do crescimento econômico e a ação sólida e consistente de governos que estimulam o avanço científico.

5. A CONTRIBUIÇÃO DA FÍSICA QUÂNTICA PARA AS ARTES

A ciência e as artes sempre foram bastante entrelaçadas e com a física quântica não poderia haver uma relação diferente. Aspectos conceituais da física quântica aparecem na arte moderna como uma demonstração de que a arte tem o poder de absorver um novo conhecimento, reprocessá-lo e gerar uma nova forma de expressão artística.

O movimento artístico do século XX que mais se auriu dos revolucionários conceitos da física quântica parece ter sido o Surrealismo. Ele surgiu em 1924 com o “Manifesto Surrealista” que foi escrito por André Breton e Philippe Soupault. Pode-se considerar o Surrealismo como uma aventura coletiva iniciada nos anos 20 e que abarcava diversos campos da arte: literatura, pintura, escultura, fotografia e cinema. A sua base estava na busca pelo inconsciente e pelo que fugisse ao racional. O racionalismo de Newton, espelhado pelo determinismo clássico de se supor que o universo obedecia a leis mecanicistas teve a perfeita oposição na física quântica que considerava que a matéria se comportava de acordo com uma física de possibilidades e que fugia completamente a experiência dos sentidos. No campo da arte, o Surrealismo cumpriu o mesmo papel da física quântica, rompendo com a experiência dos sentidos e apresentando uma nova forma de expressão artística ilimitada de possibilidades. Isso pode ser observado em algumas pinturas apresentadas a seguir.

Na figura 1 a pintura de Miró retrata uma grande quantidade de possibilidades. Se você foca em uma das possibilidades, as outras são excluídas. Na figura 2 de Magritte a uma referência bastante clara do conceito da física quântica de que a representação que se faça de um objeto, um cachimbo ou um elétron, é apenas uma representação. A pintura de um cachimbo não é o cachimbo e o resultado de um experimento que descreve o elétron não é o elétron. Na figura 3 há uma representação muito clara da dualidade onda-partícula. Não se consegue distinguir onde começam as ondas e onde começa a casa.



Figura 2: autor René Magritte



Figura 1: autor Joan Miró



Figura 3: autor René Magritte



Figura 4: autor Salvador Dalí

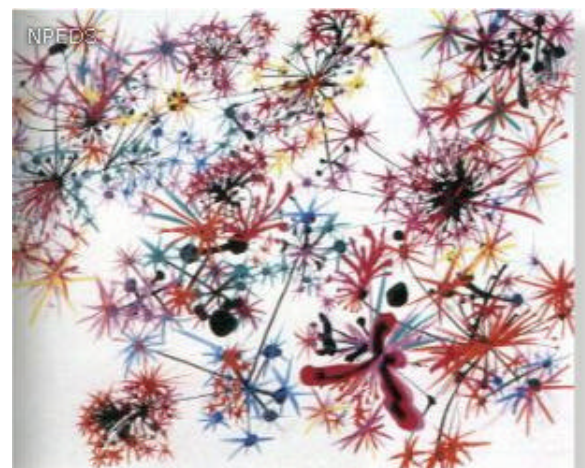


Figura 5: autor Salvador Dalí

Na figura 4 a pintura de Salvador Dalí retrata com bastante clareza a idéia de quantização da energia. A mulher formada por planetas passa a idéia do átomo como um microcosmo quantizado. Na figura 5 a pintura de Salvador Dalí retrata flores explosivas. Há um conceito de dualidade onde não é possível distinguir se são flores ou raios luminosos. Mais uma vez é passada a idéia da dualidade onda-partícula.

Diversas outras obras parecem ter inspiração na física quântica, onde os seus princípios são apresentados de forma simbólica, o que costuma caracterizar as expressões artísticas. Muitas outras obras, nos diversos campos da arte, tem uma influência mais ou menos direta da física quântica.

6. A CONTRIBUIÇÃO DA FÍSICA QUÂNTICA PARA A PSICOLOGIA

Um dos grandes mistérios que desafia o ser humano é a compreensão de como funciona a mente humana. O pensamento que algumas vezes é puramente lógico e racional, capaz de ser imitado pela lógica computacional, outras tantas vezes é imprevisível e incontrollável. Há momentos em que nosso pensamento divaga entre diversas possibilidades, mas se tentamos focar em algum ponto perde-se totalmente conexão. Como pode a mente humana ser ao mesmo tempo racional e dispersa, mecânica e criativa? Segundo as palavras de David Bohm¹⁰:

Já é o momento de nos perguntarmos se a estreita analogia entre os processos quânticos e nossas experiências interiores e processo de pensamento é mera coincidência (...) a impressionante analogia ponto por ponto entre processo de pensamento e processo quântico sugeriria que uma hipótese ligando esses dois pode muito bem resultar frutífera. Se tal hipótese puder algum dia ser comprovada, explicaria de forma natural muitos aspectos de nosso pensar.

Para que seja possível fazer uma conexão da consciência com a física quântica é necessário algum resultado experimental que indique para este caminho. De fato esses resultados existem e serão apresentados a seguir.

A primeira evidência substancial de que existe ao menos um canal de comunicação entre o mundo da física quântica e nossa percepção da realidade foi encontrada a cerca de cinquenta anos. Naquela época, biofísicos que trabalhavam com a retina descobriram que as células nervosas do cérebro humano são sensíveis o suficiente para registrar a absorção de um único fóton e, portanto, suficientemente sensíveis para serem influenciadas pelo seu comportamento mecânico-quântico¹¹.

Foi verificado que cerca de 10 milhões de neurônios dos 10 bilhões existentes no cérebro são sensíveis o suficiente para registrar fenômenos do nível quântico a qualquer momento. No entanto o disparo de neurônios isolados não é suficiente para explicar os complexos processos associados às atividades conscientes do cérebro.

Muitos sugeriram que a consciência talvez dependa do fato de o cérebro assumir, de algum modo, as características de um superfluido ou supercondutor. Se a física das fases condensadas for realmente relevante para a consciência, então deveria existir um mecanismo desse tipo que funcionasse à temperatura normal do corpo. O sistema descrito pela primeira vez pelo prof. Herbert Fröhlich há cerca de vinte anos, e sabidamente encontrado em tecidos biológicos, parece satisfazer todos os critérios necessários.

O sistema de Fröhlich é simplesmente um sistema de moléculas eletricamente carregadas e que vibram, ao qual se acrescenta energia. Os dipolos vibráteis (moléculas nas paredes celulares de tecido vivo) emitem vibrações eletromagnéticas, exatamente como radiotransmissores em miniatura. Fröhlich demonstrou que, além de certo limite, qualquer energia a mais introduzida no sistema faz com que as moléculas daquele tipo vibrem em uníssono. Elas o fazem cada vez mais até chegarem à forma mais ordenada possível de fase condensada: um condensado de Bose-Einstein¹².

Esse modelo quântico da consciência, uma vez que esteja efetivamente comprovado, pode abrir um grande leque de possibilidades de aperfeiçoamento da psicologia. A perfeita compreensão do cérebro deixa de ser um sonho inatingível e passa a se tornar possível com a contribuição da física quântica. As diversas nuances do comportamento humano passam a ter uma possibilidade de ser compreendidas como um reflexo dos processos quânticos que ocorrem nos neurônios.

7. A CONTRIBUIÇÃO DA FÍSICA QUÂNTICA PARA A FILOSOFIA

Os paradigmas da modernidade sustentam-se na filosofia de Descartes e na física de Newton. Racionalismo e determinismo seriam as chaves para se chegar ao conhecimento científico, livre de interferências subjetivas, preconceitos e superstições.

A filosofia de Descartes influenciou todo o modo de pensar ocidental. Seu “penso, logo existo”, levou à separação mente/corpo e à tendência do homem ocidental a identificar-se apenas com a mente. “Em consequência da divisão cartesiana, indivíduos, na sua maioria, têm consciência de si mesmos como egos isolados existindo dentro de seus corpos”¹³.

Todavia, é inegável que tanto a divisão cartesiana quanto a visão mecanicista do mundo mostraram-se muito úteis para o desenvolvimento da física clássica e da tecnologia. O modelo newtoniano continua válido para objetos que possuem grande número de átomos e, exclusivamente, para eventos com velocidades pequenas se comparadas à da luz.

A física quântica afirma que não é possível separar cartesianamente, de um lado, a natureza e, de outro, a informação que se tem sobre ela. Em última instância, predomina a interação entre o observado e o observador. É dessa interação sujeito-objeto que trata o princípio da incerteza. E, sobre ele, ergue-se a visão holística do Universo: há uma íntima e indestrutível conexão entre tudo o que existe - das estrelas ao sorvete saboreado por uma criança, dos neurônios de nosso cérebro aos neutrinos no interior do Sol.

Para as abordagens clássicas da filosofia, da psicologia e da psicanálise, é impossível compreender a transmissão de aspectos internos de uma pessoa para outra. Para um físico quântico, as relações interpessoais são vistas do mesmo modo como se reconhece a dualidade onda-partícula do átomo¹⁴. A física quântica abre novas possibilidades dentro do âmbito da filosofia, da mesma forma que a física clássica foi a base do pensamento filosófico até então.

8. A CONTRIBUIÇÃO DA FÍSICA QUÂNTICA PARA A SOCIOLOGIA

Levada ao paroxismo, a mecânica clássica - que descreve as leis determinísticas que regem o macrocosmo - sugeriu ao pensamento marxista a idéia, tida como inelutável e científica, de que o determinismo histórico regeria as sociedades para formas mais perfeitas de convivência humana. Assim, o materialismo histórico explicaria o avanço do feudalismo ao capitalismo e, deste, ao socialismo, sem indícios de retrocessos substanciais. Ora, o Muro

de Berlim caiu também sobre essa transposição da mecânica clássica às ciências sociais, soterrando o determinismo histórico e, com ele, os paradigmas que davam uma aparente consistência à modernidade. Para salvar-nos das hipotéticas teorias do caos e do acaso, a formulação de novos paradigmas deve levar em conta dois parâmetros fundamentais, derivados da física quântica: o princípio da indeterminação ou da incerteza, de Heisenberg, e o princípio da complementaridade, de Niels Bohr.

A física quântica nos prova que todos nós somos em essência iguais. Os átomos que estão em mim são indistinguíveis dos que estão em você. Se existe de fato uma base quântica para a nossa consciência, como sugere Zohar¹⁴, a física quântica pode servir de base para uma filosofia capaz de servir de base para um novo conceito de sociedade. Uma sociedade sem divisões, sem partidarismos, onde as diversidades não sejam mais justificativas para os conflitos.

9. CONCLUSÃO

Diante de uma física quântica capaz influenciar tão diversas áreas do conhecimento humano, gerar idéias e controvérsias tão grandes, o ensino da física quântica pode ser um elemento motivador e esclarecedor das consciências. Através da física quântica, o aluno que pouco tem interesse na física, pode acabar percebendo que a física quântica pode ter alguma relação bem mais estreita com a sua área de conhecimento mais simpática do que ele poderia supor. Assim através do interesse despertado pela profunda interdisciplinaridade da física quântica, o interesse pela física em geral acaba crescendo também.

10. REFERÊNCIAS

- [1] Nussenzveig, H. Moysés. Curso de Física Básica. Ed. Edgard Blücher Ltda. 1998.
- [2] Russell, Bertrand. *Mysticism and Logic*. P. 45
- [3] Hawking, S. *Uma Breve história do tempo*. Ed. Gradiva, 1988.
- [4] Heisenberg, W. *A Parte e o Todo*. Ed. Contraponto. 1996.
- [5] Bransden, B.H. and Joachain, C.J. *Physics of Atoms and Molecules*. Ed Longman. 1983.
- [6] Kittel, Charles. *Introdução à Física do Estado Sólido*. Ed. Guanabara Dois. 1978.
- [7] Scott, D. E. *An Introduction to Electronic* Wesley Inc. 1990.
- [8] Nunes, Anderson L. *Aperfeiçoamento do Método de Confinamento da Rigidez para a Solução das Equações da Cinética Pontual*. Dissertação de Mestrado, COPPE-UFRJ. 2006.
- [9] Chaves, A. e Shellard, R. C. *Física para o Brasil: pensando o futuro*. SBF. 2005.
- [10] Bohm, David. *Quantum Theory*. P. 169.
- [11] Penrose, Roger. In *Mindwaves*. P. 274
- [12] Fröhlich, H. *Long-Range Coherence and Energy Storage in Biological Systems*. Ed. Gutman. *Modern Bioelectrochemistry*.
- [13] Capra, Fritjof. *O Tao da física*. Ed. Cultrix, 1975.
- [14] Zohar, Danah. *O Ser Quântico*. Ed. Best Seller. 1990.