



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76

Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2020**

O estudo do Movimento considerando aspectos matemáticos e históricos visando as compreensões das concepções da ação local, da ação à distância e da não localidade.

Jonathan Cedraz Rios¹ e Milton Souza Ribeiro Miltão²

¹Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:

jonathanrioo13@gmail.com

²Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: miltaaa@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Não Localidade; Física de Campos; Paradoxo EPR .

INTRODUÇÃO

Os processos de interação nos sistemas físicos podem ser tidos através de dois mecanismos antagônicos: a ação à distância e a ação local. Inicialmente nos trabalhos de Newton da Gravitação a interpretação dos processos interativos a partir da ação à distância, onde as interações entre os corpos ou partículas, dependiam apenas da distância que os separavam. A visão newtoniana inicialmente exerceu influência sobre os fenômenos elétricos e magnéticos de Coulomb e Oersted. Essa visão perdeu até que Faraday questiona justamente esse aspecto de interação entre as partículas, onde ele aproveitando os experimentos realizados por Oersted, introduz o conceito de linhas de forças, o qual, logo depois foi aproveitado por Maxwell na interpretação da teoria eletromagnética onde para ele a interação é mediada pelo campo eletromagnético sendo tida como uma ação local (ASSIS, 2006) .

A partir da teoria eletromagnética de Maxwell passou-se a acreditar que todos os processos interativos eram mediados por campos, ou seja, uma ação local, onde a informação era transmitida por tal entidade física. Por seu turno, na tentativa de descrever o processo de interação de um par de partículas emaranhadas surgiu a necessidade do estabelecimento da não-localidade da interação, retomando a discussão do aspecto não local na física a partir dos resultados obtidos neste experimento, que permitiu a Bell chegar em suas conclusões de seu teorema onde ele afirma que nenhum modelo de aspecto local pode dar suporte aos fatos quânticos (ANDRADE, 2009).

É possível ver que o aspecto da não localidade, teve um papel de destaque dentro de uma teoria que quando surgiu criou uma ruptura na física usual da época. De modo que esse aspecto fez com que muitos dos físicos colocassem a prova a validade da mesma. A Mecânica Quântica,

revolucionou o método de pensar sobre os aspectos físicos nos processos de interação, principalmente no processo de emissão e absorção de energia (CARUSO F.;OGURI,V.,2006). A aceitação da não localidade dentro dessa teoria, seria mais um fato que teria uma implicação direta nos processos interativos.Onde haveria uma possível violação de um dos postulados básicos da teoria da relatividade de Einstein (GRIFFITHS, 2011).

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

A primeira etapa do projeto consistiu de um programa de estudos de revisão dos conceitos básicos que dão suporte para a compreensão da teoria quântica, a partir de livros e textos clássicos que abordam o assunto, nesse período se faz necessário à discussão de problemas básicos para uma perfeita assimilação de tais conteúdos, resolução de exercícios, discussão na forma de seminários, textos produzidos pelo bolsista, isso ao fim de cada bloco de conteúdo. Concomitantemente a essa fase, foram realizados estudos de artigos científicos que abordam essas problemáticas: o ponto de vista de Einstein as questões ligadas a incompletude e a teoria de David Bohm que resultaram no teorema de Bell do aspecto não local teoria quântica, além artigos que resultaram no surgimento do modelo padrão de partículas. E assim, o estado da arte de tal problema fica bem delimitado. Para a segunda etapa o candidato estará apto a compreender conceitos da teoria quântica a partir da abordagem histórica e matemática, possibilitando o aprofundamento dos estudos em Mecânica Quântica.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

A teoria quântica surgiu de inconsistências apresentadas na descrição de processos de emissão e absorção de energia pela matéria. No decorrer do seu desenvolver se fez necessário a inclusões de aspectos que distanciariam ainda mais da física clássica. A formulação usual da teoria está ligada a interpretação ortodoxa, onde por meio de correlações entre o aparelho de medida e o ente a ser medido, tem implicações diretas nos resultados obtidos. E também a estatística de Born, onde podemos ter como conceito central o *colapso da função de onda*.

A figura 1 é uma representação da função de onda que na mecânica quântica podemos associar a partícula, pois a mesma admite a dualidade onda e partícula. A função de onda desempenha o papel de buscar a maior descrição possível do sistema. Através dela juntamente com a equação de Schrödinger, podemos obter a dinâmica quântica dos sistemas. O módulo quadrado da função de onda, representa uma densidade de probabilidade de encontrar a partícula em um determinado intervalo, no caso da figura 1, vemos que a partícula tem maior probabilidade de ser encontrada no ponto A. A figura 2 , retrata a situação do colapso da função de onda, segundo a interpretação ortodoxa, a função inicial de uma partícula encontra-se espalhada dentro do intervalo que a cerca. Mas, ao tentarmos realizar qualquer medida sobre o sistema logo ela irá colapsar, como o caso retradado pela figura 2, que foi realizada uma medida de encontrar a partícula no ponto C.

A as figuras 1 e 2, retratam uma função de onda, e que a ela está associada a possibilidade de medida da posição da partícula. Quando desejamos medir outras grandezas físicas, como por exemplo, momento e energia(GRIFFITHS,2011). A função de onda em questão admite ser

escrita como uma combinação linear de auto estados de um possível operador, que tem a ele associado um auto valor. Esse operador dentro da teoria quântica está associado a observáveis físicos como: energia, momento e posição da partícula. E devem obedecer a uma álgebra comutativa. O *princípio de incerteza* de Heisenberg, associa uma incerteza mínima a operadores não-comutantes como por exemplo, posição e momento. Onde a ele podemos associar a incapacidade de medida simultânea dessas grandezas não-comutantes, que são conhecidos como observáveis incompatíveis (NORSEN, 2017).

No ano de 1935, Einstein juntamente com Podolsky e Rosen publica o artigo que é tido como origem das discussões dos aspecto não local da teoria quântica, onde numa tentativa de mostrar que a teoria quântica usual apresentava fragilidades, ligadas aos aspectos como: descrição de uma realidade objetiva dada pela função de onda e os aspectos que deveriam preservar a localidade na teoria (EINSTEIN;PODOLSKY;ROSEN,1935). O desfecho sobre esse aspecto é dado com a comprovação do teorema de Bell, onde com base na teoria do Físico David Bohm, busca incluir variáveis tidas como ocultas, pois estariam ligadas a incapacidade de uma determinação completa por parte do experimento com base numa interpretação realista da teoria quântica. O teorema de Bell, permitiu concluir que para sistemas emaranhados, como o representado na figura 3, que consiste de sistemas quânticos que uma vez emaranhados, permite determinar propriedades de um sistema com base em medidas realizadas no outro (MOKROSS, 1997). Essa determinação das propriedades está associada ao aspecto não local da teoria quântica, que nos permite correlaciona-lo com a visão newtoniana de ação à distância.

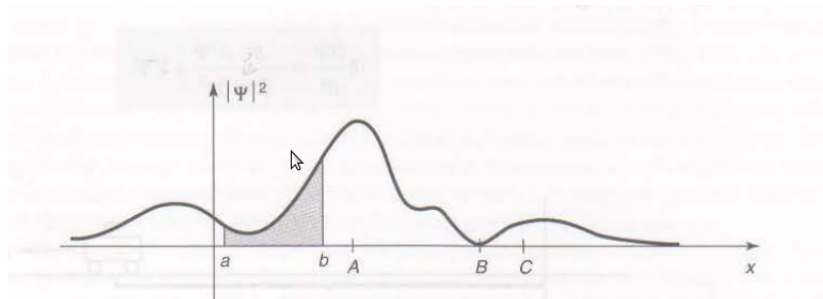


Figura 1: Função de onda típica, onde temos representado a probabilidade de encontrar a partícula nesses intervalos (GRIFFITHS, 2011)

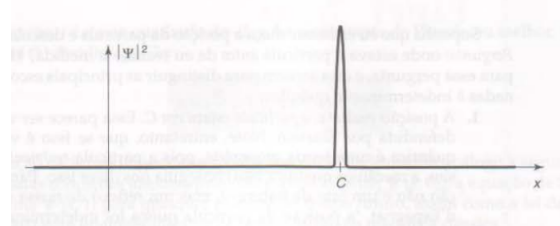


Figura 2: Colapso da função de onda, após a medida que busca encontrar a partícula no ponto C (GRIFFITHS,2011).

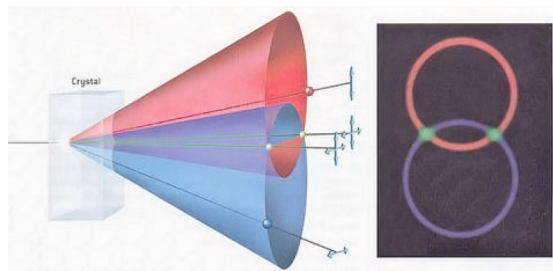


Figura 3: Emaranhamento quântico de pares de fótons, que são criados quando um feixe de laser passa por um cristal que vai converter um único feixe em dois (ANDRADE,2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

A comprovação dos aspectos não locais na Mecânica Quântica aparece a partir do emaranhamento, que deixa uma grande margem para discussões quantitativas sobre os fundamentos da física. Possibilitando retomar discussões a respeito dos processos interativos dentro da física onde é possível realizar uma conexão com a ação à distância, pensada inicialmente no contexto da gravitação newtoniana. Onde no contexto quântico o processo de determinação de estados físicos composto por duas partículas, deve ser descrito de maneira global, uma vez que elas estejam emaranhadas, o estado individual não é tido como totalmente definido, quando isolado do sistema global, como no caso do par de fótons polarizados ilustrado na figura 3.

Ainda que exista uma diferença semântica entre conceito de ação a distância em Newton e na Mecânica Quântica, neste trabalho aprofundamos, do ponto de vista matemático, a compreensão das concepções de ação local do movimento, que está associada ao conceito de campo, e da ação à distância, que está associada ao conceito de não localidade.

Referências

- 1 ASSIS, A. K. Interações na física-ação à distância versus ação por contato. *SILVA, CC Estudos de História e Filosofia das Ciências. São Paulo: Livraria da Física*, p. 87–102, 2006.
- 2 ANDRADE, E. M. P. D. Ação a distância e não-localidade.
- 3 CARUSO, F.; OGURI, V. Física moderna: Origens clássicas e fundamentos quânticos. 2006. *Elsevier: Rio de Janeiro*, p. 145–171.
- 4 GRIFFITHS, D.; QUÂNTICA, M. 2ª Edição. [S.l.]: Editora Pearson Education, 2011. 312-320 p.
- 5 NORSEN, T. *Foundations of Quantum Mechanics: An Exploration of the Physical Meaning of Quantum Theory*. [S.l.]: Editora Springer, 2017.
- 6 EINSTEIN ALBERT; PODOLSKY, B.; ROSEN, N. Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? *Physical Review*, v. 47, n. 10, 1935.
- 7 MOKROSS, B. Não-localidade na mecânica quântica. *RBEF*, v. 19, n. 1, 1997.