

PECULIARIDADES E EVOLUÇÃO DO ESTADO COERENTE

TSUKINO, Roberto César¹; DANTAS, Célia Maria Alves²

Palavras-chave: Estados do Campo Eletromagnético, Efeitos de Não Linearidade

1. INTRODUÇÃO

Sabendo que a compreensão dos fenômenos naturais nos proporciona a possibilidade de poder intervir em eventos que nos rodeia, o estudo da luz torna-se algo indispensável, devido à sua função peculiar na vida. Até o século XIX todos os fenômenos relacionados a luz eram explicados pelas equações de Maxwell, que mostrou ser a luz uma onda composta por campos elétricos e magnéticos. Até o início do século XX o tratamento dado a luz era considerado semi-clássico, mesmo após a quantização do campo eletromagnético feito por Dirac em 1927.

Antes da descoberta dos fenômenos puramente quânticos da luz, os trabalhos na óptica eram direcionados para estados semi-clássicos, onde podemos citar como exemplo o Estado Coerente, objeto de nosso interesse neste trabalho. Este estado tornou-se popular a partir de 1963 com o trabalho pioneiro de Glauber e a partir daí vastamente investigado pela literatura.

2. METODOLOGIA

No cotidiano podemos encontrar vários tipos de luz, por exemplo, a luz do sol, fluorescente, laser e etc. Sabe-se que todos os tipos de luz, ou radiação eletromagnética, são constituídas de quantum de energia, denominadas fótons, cada um com energia $E=hf$, onde h é a constante de Planck e f é a frequência da luz. O que diferencia estas diferentes formas de luz, é a maneira como os fótons estão distribuídos nelas, denominada de estatística de fótons, ou distribuição do número de fótons.

Estes estados quânticos ou funções de onda, podem ser obtidos de várias maneiras. Por exemplo, o chamado Estado de Número $|m\rangle$ são os auto-estados do Oscilador Harmônico, obtidos pela resolução da equação de Schrödinger. De fato, em 1927 Dirac quantizou o campo de radiação, associando um único modo do campo a um Oscilador Harmônico e associando o nível de excitação do oscilador ao número de fótons no modo do campo. Os estados de número são considerados como uma importante ferramenta matemática na Óptica Quântica.

Outro importante estado da luz, que é o interesse central deste nosso trabalho, é o chamado Estado Coerente $|\alpha\rangle$. Eles recebem este nome devido a sua propriedade de coerência, que vem do fato de que seus feixes procedem da mesma fonte e estão em fase. Ele

foi proposto teoricamente por Glauber em 1963 e um exemplo de luz que pode ser descrita pelo Estado Coerente é a luz do laser, que, atualmente, é utilizado na medicina, na odontologia, nas forças armadas, nas pesquisas científicas de diversas áreas, entre outros.

Vários estados da luz podem ser obtidos a partir do Estado Coerente. Neste trabalho utilizamos os Estados Coerentes como fonte geradora do chamado Estado Coerente Não Linear.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estado Coerente Não linear

O Estado Coerente Não Linear (ECNL) $|f, \alpha\rangle$ é definido como auto-estado do operador $\hat{A} = f(\hat{m})\hat{a}$,

$$f(\hat{m})\hat{a}|f, \alpha\rangle = \alpha|f, \alpha\rangle, \quad (01)$$

onde $f(\hat{m})$ é um operador que é uma função genérica do operador número de fótons \hat{m} , sendo este definido em termos de \hat{a} e \hat{a}^+ (operadores de aniquilação e de criação de fótons, respectivamente). Este operador é Hermitiano, já que $\hat{m}^+ = \hat{m}$.

Assim como os Estados Coerentes, os ECNL também podem ser expandidos numa base de número, expandindo estes numa base de número

$$|\alpha, f\rangle = \sum_{m=0}^{\infty} C(m)|m\rangle, \quad (02)$$

onde $C(m) = \langle m|\alpha, f\rangle$ são os coeficientes da representação de número, dados por

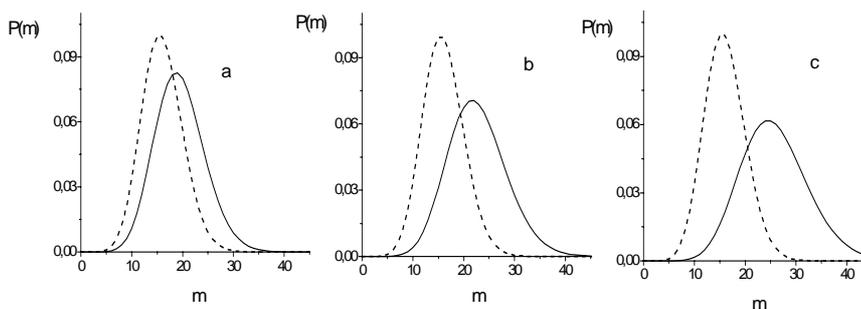
$$\text{onde } \boxed{} \text{ e } \boxed{}, \quad (03)$$

Obtidos os coeficientes α do ECNL, podemos investigar algumas de suas propriedades estatísticas. Dentre estas propriedades estudadas, descreveremos a sua distribuição de número de fótons, que é dada por

$$P(m) = \frac{1}{m!} \left(\frac{\alpha}{2} \right)^m e^{-\alpha/2} \left(1 + \frac{\alpha}{2} \right)^m \quad (04)$$

Na figura (1) mostramos o gráfico da distribuição de número de fótons do ECNL, para o parâmetro de deslocamento α e considerando a seguinte função não linear $\chi^{(2)}$, para vários valores de β , fator de não-linearidade.

Figura (01): Distribuição do número de fótons do Estado Coerente Não Linear, com



parâmetro de deslocamento e fator de não linearidade dado por:

a) ; b) e c) . Para comparação, mostramos também o Estado Coerente.

4. CONCLUSÃO

Como podemos ver, aumentando-se o fator de não-linearidade , a curva do Estado Coerente, mostrada em linha pontilhada para comparação, vai se deslocando para a direita, o que significa em um aumento no número médio fótons, ou seja, o ECNL para o mesmo parâmetro de deslocamento do Estado Coerente, é um estado com maior intensidade, mostrando que a não-linearidade torna o Estado Coerente mais intenso.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. J. Glauber, Phys. Rev. 131, 2766(1963).
- [2] Arthur M. Moraes, Marta J. F. S. Souza e Célia M. A. Dantas, Physica A291, 467(2001).
- [3] M. A. Marchioli, Luciano F. da Silva, Paulo S. Melo e Célia M. A. Dantas, Physica A291, 449(2001).

FONTE DE FINANCIAMENTO – CNPq/PIBIC

Bolsista de iniciação científica. Instituto de Física – Grupo de Óptica, [HYPERLINK "mailto:chemistryana@hotmail.com"](#) [HYPERLINK "mailto:robertotsukino@hotmail.com"](#)
robertotsukino@hotmail.com
Orientadora/Instituto de Física/UFG, [HYPERLINK "mailto:nelson@quimica.ufg.br"](#) [cdantas@if.ufg.br](#)