TSUKiINO, Roberto César.; DANTAS, C. M. A. Mecânica Quântica no Espaço de Fase: A Função de Wigner In: CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO DA UFG - CONPEEX, 3., 2006 Goiânia. **Anais eletrônicos do XIV Seminário de Iniciação Cientifica** [CD-ROM], Goiânia: UFG, 2006. n.p.

MECÂNICA QUÂNTICA NO ESPAÇO DE FASE: A FUNÇÃO DE WIGNER

TSUKINO, Roberto César [1]; **DANTAS**, Célia Maria Alves[2]

Palavras-chave: Estados do Campo Eletromagnético, Função de Wigner

1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho faremos um estudo das propriedades de alguns dos vários estados da luz já definidos na literatura [1], utilizando para isso a função de Wigner, introduzida por E. P. Wigner em 1932 [2].

A função de Wigner será utilizada porque ela fornece um formalismo alternativo da Mecânica Quântica para a função de onda na representação de Schrödinger e Heisenberg, e é capaz de identificar importantes propriedades estatísticas de novos estados da luz, que é o nosso objeto de pesquisa. Também é um importante dado da relação entre as incertezas em um par de observáveis conjugados e fornece uma base para comparação com a mecânica clássica. A função de Wigner é definida como função dos observáveis conjugados posição e momento, e sua primeira aplicação estava conectada com a equação do estado do gás hélio [2]

Estas distribuições são corriqueiramente investigadas na literatura, não somente para certos estados do campo da luz, mas também para estados atômicos, sendo que este último caso já conta com vários experimentos em andamento, o que fortalece o interesse nesta linha de pesquisa. Entendendo muito bem o formalismo que define estas distribuições, poderemos trabalhar tanto com estados da luz como com estados atômicos. Entender bem estas distribuições consiste em dominar os seus fundamentos e as suas aplicações.

2 METODOLOGIA

Neste trabalho, calculamos analiticamente a função de Wigner para os estados da luz já definidos na literatura, a saber, o estado de número, o estado coerente, o estado de número deslocado, o estado coerente comprimido e o estado de número deslocado par e ímpar, em seguida, fizemos a simulação computacional destas funções, utilizando o Fortran 90, a fim de analisar suas propriedades através de gráficos, obtidos pelo programa Origin, ao mesmo tempo em que compreendemos seu significado físico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Passaremos a falar de alguns dos resultados por nós obtidos, referente aos cálculos da função de Wigner e sua simulação computacional para os seguintes estados do campo de radiação: o estado de número, estado coerente, estado de número deslocado, o estado coerente comprimido e o estado de número deslocado par e ímpar.

3.1 FUNÇÃO DE WIGNER DO ESTADO DE NÚMERO

Os estados de número $|n\rangle$ são estados que possuem o número de fótons bem definidos, eles são auto-estados do operador número de fótons

$$\hat{n}|n\rangle = n|n\rangle .$$

Sua função de Wigner é dada por

$$W_n(x,p) = \frac{(-1)^n e^{\frac{r^2}{2}} L_n(r^2)}{\pi} .$$

3.2 FUNÇÃO DE WIGNER DO ESTADO COERENTE

O estado coerente $|\alpha\rangle$ é definido como sendo auto-estado do operador de aniquilação de fótons $\hat{a}$

$$\hat{\alpha}|\alpha\rangle = \alpha|\alpha\rangle .$$

Sua função de Wigner é dada por

$$W(x,p) = \frac{1}{\pi} e^{-[(x-\sqrt{2}\,\mathrm{Re}(\alpha))^2 + (p-\sqrt{2}\,\mathrm{Im}(\alpha))^2]} .$$

3.3 FUNÇÃO DE WIGNER DO ESTADO DE NÚMERO DESLOCADO

O estado de número deslocado $|\alpha, n\rangle$ é definido por

$$|\alpha, n\rangle = \hat{D}(\alpha)|n\rangle .$$

Sua função de Wigner é dada por

$$W_{nd}(x,p) = \frac{(-1)^n e^{\frac{r^2}{2}} L_n(r^2)}{\pi} .$$

onde,

$$r^2 = -2[(x-\sqrt{2}\,\mathrm{Re}(\alpha))^2 + (p-\sqrt{2}\,\mathrm{Im}(\alpha))^2] .$$

3.4 FUNÇÃO DE WIGNER DO ESTADO COERENTE COMPRIMIDO

O estado coerente comprimido $|\alpha, z\rangle$ é definido como

$$|\alpha, z\rangle = \hat{D}(\alpha)\hat{S}(z)|0\rangle .$$

Sua função de Wigner é dada por

$$W_{cc}(x,p) = \frac{1}{\pi} e^{-(x-\sqrt{2}\,\mathrm{Re}(\alpha))^2 - \frac{p^2}{s}} .$$

3.5 FUNÇÃO DE WIGNER DO ESTADO DE NÚMERO DESLOCADO PAR

O estado de número deslocado par é definido por uma particularização da superposição de dois estado de número deslocado

$$|\pm\alpha, n\rangle = N(|\alpha_1, n_1\rangle \pm |\alpha_2, n_2\rangle) .$$

Sua função de Wigner é dada por

$$W(x,p) = \frac{(-1)^n |N'|}{\pi}\left(e^{\frac{r_1^2}{2}} L(r_1^{\,2}) + e^{\frac{r_2^2}{2}} L(r_2^{\,2}) + e^{\frac{r_3^2}{2}} L(r_3^{\,2}) 2\cos(2\sqrt{2}\alpha p) \right).$$

4 CONCLUSÃO

De todo o estudo que foi feito podemos concluir que é possível analisar eventos usando a teoria quântica, para obter informações que podem ser úteis para uma possível aplicação tecnológica, como por exemplo a detecção de ondas gravitacionais com o estado coerente comprimido [3].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]: G. C. de Oliveira, A. R. de Almeida, A. M. Moraes e Célia M. A. Dantas, Phys. Lett. A**339**, 275(2005).

[2]: E. P. Wigner, Phys. Rev. **40**, 749(1932)

[3]: C. M. Caves, Phys. Rev. D **23**, 1693(1981)

FONTE DE FINANCIAMENTO – CNPq/PIBIC

1 Bolsista de iniciação científica. Instituto de Física – Grupo de Óptica, robertotsukino@hotmail.com

2 Orientadora/Instituto de Física/UFG, cdantas@if.ufg.br