

EFEITOS DE DESCOERÊNCIA EM ESTADOS QUÂNTICOS. APLICAÇÃO EM CAMINHADAS QUÂNTICAS

Lauro Mascarenhas¹; Fredson Braz²

1. Bolsista FAPESB, Graduando no Bacharelado em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: lauromascarenhaslm@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: braz.uefs@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Descoerência; Ambiente; Estados Quânticos

INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da computação atual, computação clássica, é o de continuar aumentando sua capacidade de processamento afim de resolver problemas cada vez mais complexos. As teorias da computação quântica mostram que, com o controle de estados quânticos, é possível aumentar exponencialmente a eficiência de algoritmos para a solução de problemas computacionais, quando comparados com os algoritmos da computação clássica. Existe, no entanto, uma grande dificuldade em se fazer uma implementação experimental de algoritmos quânticos devido a perda de coerência de um estado quântico, a *descoerência*, que é um processo que leva o estado quântico a perder gradativamente seu caráter quântico, tendendo a um comportamento clássico, e conseqüentemente, sua utilidade em computação quântica fica inviável. Uma forma de se desenvolver algoritmos mais simples e rápidos é por meio de *caminhadas aleatórias* que é, em outras palavras, a formalização matemática para descrever o caminho formado por um conjunto de passos dados em direções aleatórias. Um exemplo simples de uma caminhada aleatória é o do movimento discreto de uma partícula sobre uma rede unidimensional, cuja direção do movimento é determinado por uma moeda não viciada. Neste trabalho foi feita uma análise detalhada da literatura sobre caminhadas quânticas. Tal análise constituiu do estudos de características das caminhadas, como a distribuição de probabilidades e a variância na posição do caminhante, estudos feitos por meios de cálculos analíticos e de recursos computacionais. Após essa etapa, foi estudado como o efeito da descoerência atua no *grau de liberdade interno*, referente a moeda, e no *grau de liberdade externo*, referente a posição.

METODOLOGIA

Para a execução das atividades previstas, foi fundamental o entendimento da análise matemática e interpretativa da teoria quântica. Para tanto, foi feito um estudo detalhado das ferramentas matemáticas necessárias para esse tipo de estudo. Também foi feita uma investigação dos métodos matemáticos na descrição de caminhadas aleatórias sobre grafos unidimensionais, além de modelos de descoerência. As atividades foram realizadas tanto por meio de cálculos algébricos, como por meio de simulações computacionais. Os simuladores foram desenvolvidos em linguagem Fortran 90/95, pois lida de maneira mais simples com matrizes complexas de grandes dimensões.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em geral, quando se realiza uma medição sobre um sistema quântico ocorre uma alteração no estado do sistema e este passa a perder suas características quânticas. Tal efeito é conhecido como descoerência quântica que é, basicamente, o processo em que ocorre o colapso da função de onda que descreve o sistema fazendo com que suas propriedades quânticas sejam perdida, esse efeito pode ser representado matematicamente pela equação:

$$\rho(t + 1) = (1 - p)U(t)U^\dagger + p \sum_n P_n U(t)U^\dagger P_n^\dagger \quad (1)$$

onde, $\rho(t) := |\Psi(t)\rangle \langle \Psi(t)|$ é chamado de operador densidade e p é um parâmetro real que determina o grau de descoerência do sistema. Desta forma, se $p = 0$ significa que não foi realizado medição sobre o sistema, logo, as características quânticas são mantidas. Se $p = 1$ implica que o sistema perdeu completamente suas características quânticas e se comporta como um sistema clássico. Para qualquer valor de p entre zero e um implica que o sistema é quântico com características clássicas.

Quando a medição é realizada no grau de liberdade interno, moeda, temos, por simulação, que a distribuição de probabilidades se comporta de acordo com a figura 1.

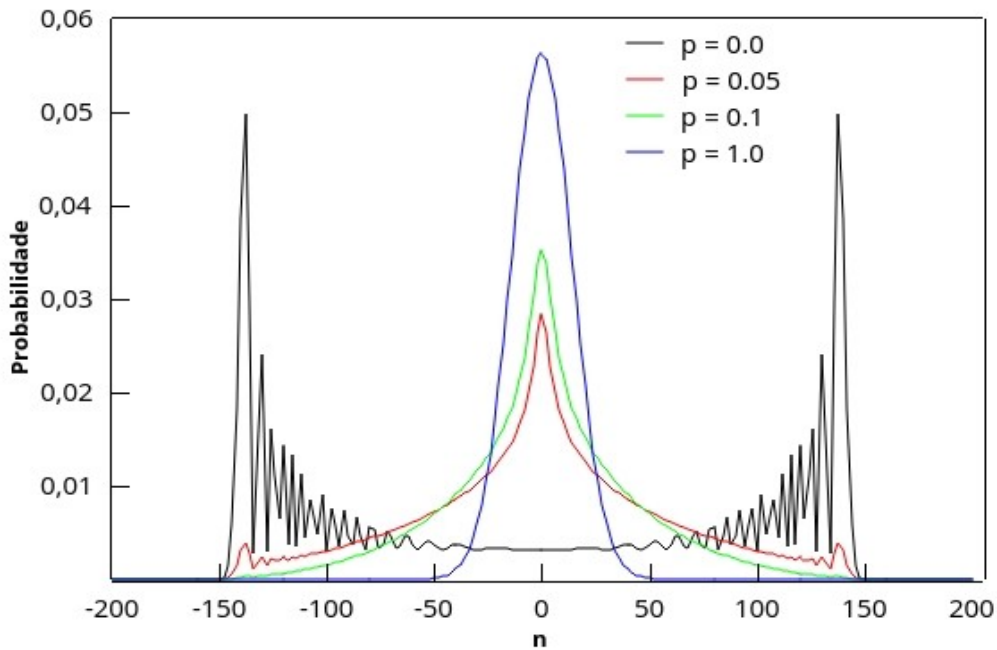


Figura 1: Distribuição de probabilidades para caminhadas com 200 passos e com diferentes graus de descoerência atuando no grau de liberdade interno.

Podemos analisar o quanto o caminhante se afastou da origem pela figura 2.

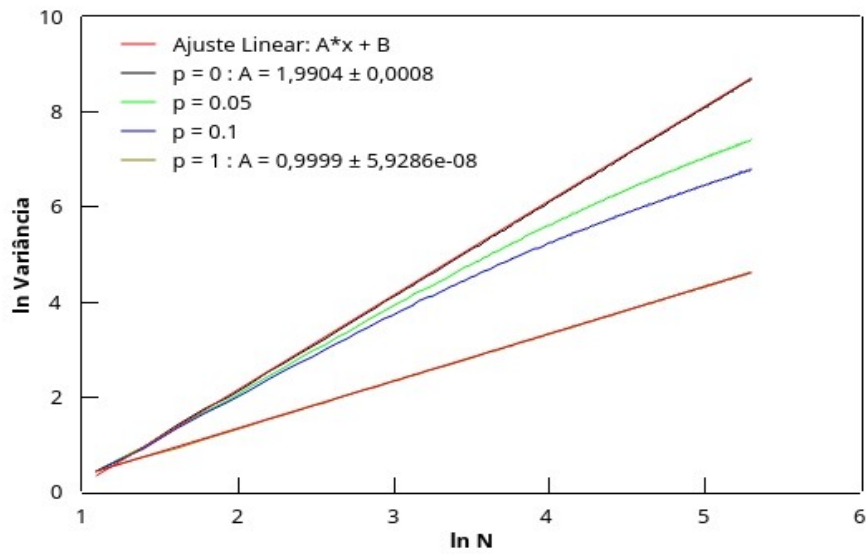


Figura 2: Análise da variância para caminhadas com 200 passos com descoerência no grau de liberdade interno.

Para a descoerência atuando no grau de liberdade externo, posição, temos que distribuição de probabilidades se comporta como na figura 3.

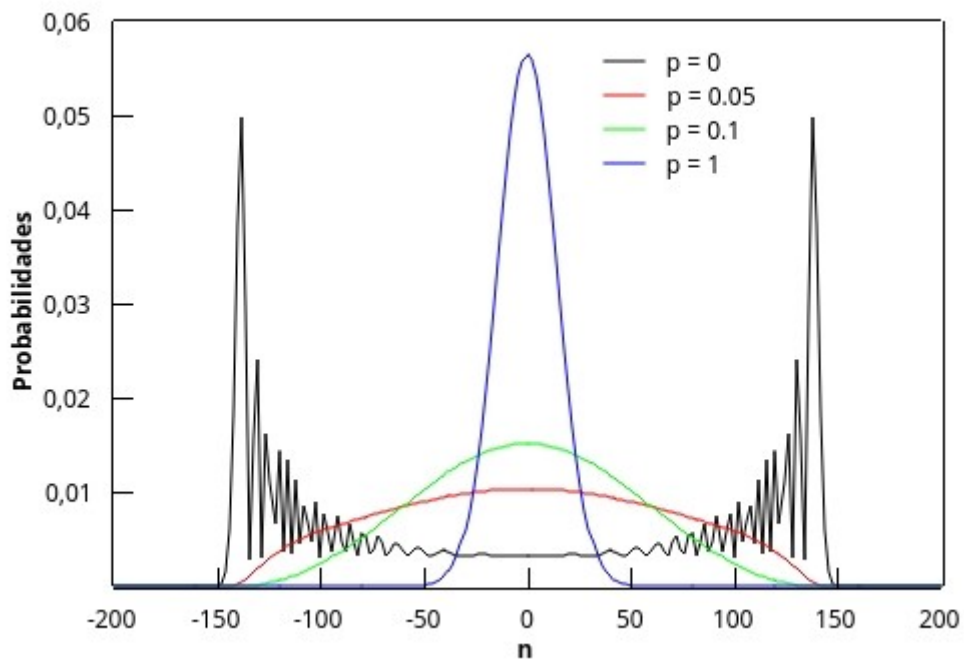


Figura 3: Distribuição de probabilidades para caminhadas com 200 passos e com diferentes graus de descoerência atuando no grau de liberdade externo.

Da mesma forma, a análise de como o caminhante se afasta da origem quando a descoerência atua no grau de liberdade externo pode ser verificada na figura 4.

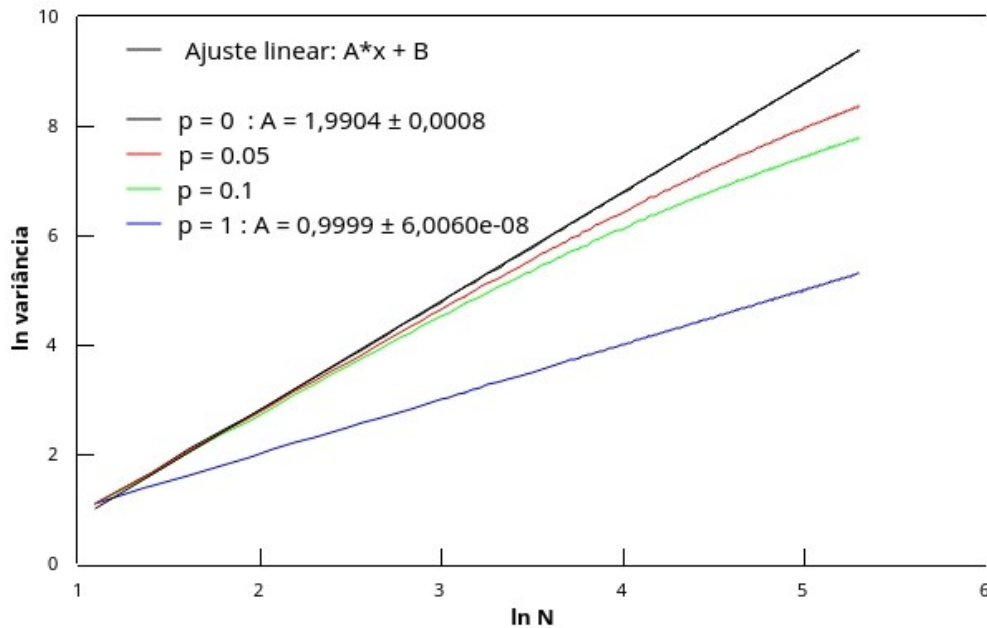


Figura 4: Análise da variância para caminhada com 200 passos e descoerência no grau de liberdade externo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de todas as caminhadas serem simétricas é possível observar que a flutuação em torno da média, variância, é muito maior na caminhada quântica comparada com a caminhada clássica. A notável diferença entre as caminhadas clássicas e quânticas fica evidente nas distribuições de probabilidades e o efeito da descoerência é claramente evidenciado pela análise das distribuições de probabilidade. Tais resultados são estimulantes no sentido de que preparam o terreno para futuros trabalhos, em que os métodos utilizados em algoritmos, possam ser aplicados em grafos mais complexos e em conexão direta entre eficiência de algoritmos quânticos e descoerência.

REFERÊNCIAS

NAYAK, A.; VISHWANATH, A., 2000. Quantum Walk on the Line. <Acesso> :

<http://arxiv.org/abs/quant-ph/0010117v1>

ÁVILA, G., 1989. Método da fase estacionária. Instituto de Matemática, UNICAMP

SOUZA, D. dos S., 2016. QUANDOOP: Um simulador para caminhadas quânticas com apoio de computação paralela e destruíbuída. Dissertação de mestrado. COPPE, UFRJ.