

1

Introdução

Nas áreas de Informação Quântica e Computação Quântica, trabalhamos sempre com a informação associada ao estado de um sistema quântico. Uma vez que esta é processada (através da aplicação de certa transformação ao estado inicial do sistema em questão), nosso objetivo fundamental é extrair do sistema toda a informação possível, ou seja, descrever seu estado. Entretanto, ao contrário do que ocorre no mundo clássico, em Mecânica Quântica o estado (desconhecido) do sistema não é observável e, mesmo que o conjunto (finito) de possíveis estados finais seja conhecido, a tarefa de prever qual deles de fato é o estado do sistema pós-processamento é uma tarefa em geral impossível de ser realizada caso não admitamos erros em nossas conclusões. De fato, somente estados ortogonais entre si podem ser distinguidos com certeza. Nos demais casos, quando os estados não são ortogonais entre si, a Teoria da Mecânica Quântica impõe severas restrições à nossa capacidade de distinção entre os estados, e é exatamente neste fato que se baseia, por exemplo, a segurança dos protocolos propostos para a transmissão de dados confidenciais através de canais quânticos. Aliás, é também por este fato que garante-se que duas partes, arbitrariamente distantes, não podem se comunicar instantaneamente.

Embora não haja distinção perfeita entre dois estados não-ortogonais, estimulados pelo rápido crescimento da Teoria de Informação Quântica na década de 90, vários autores concentraram-se no problema de *distinção ótima* de tais estados, sendo que o conceito de otimalidade pode ser definido segundo diversos critérios. As duas principais estratégias são as seguintes: na primeira, o objetivo é distinguir estados com erro mínimo. Na segunda, não admitimos erros, mas sim resultados inconclusivos, ou seja, ou estamos absolutamente certos em nossa previsão, ou simplesmente não fornecemos resposta alguma.

Em 2009, Brun, Harrington e Wilde propuseram um modelo de distinção perfeita de estados não-ortogonais, um resultado impossível na Mecânica Quântica usual, se não fosse por um motivo: ele foi baseado na teoria de David Deutsch para CTCs (*closed time-like curves*). Em sua teoria (proposta em 1991), Deutsch estabelece condições de consistência para eliminar possíveis

paradoxos que tais curvas poderiam criar, mas a questão problemática é a própria existência de CTCs, pois elas podem ser vistas como uma espécie de viagem no tempo. Além disso, não são fisicamente realizáveis em laboratório.

Bennett e Schumacher, em 2005, e Svetlichny, independentemente, em 2009, propuseram um método de simulação probabilística de CTCs, utilizando apenas a Mecânica Quântica usual. Sua principal vantagem sobre o método de Brun *et. al.* é o fato de ser fisicamente realizável em laboratório. Nesta tese, nos propomos a examinar certos aspectos da relação existente entre a teoria de Deutsch e os CTCs simulados (frequentemente chamadas CTCs pós-selecionadas na literatura recente), especialmente no que se refere à distinção de estados quânticos não-ortogonais. Enquanto os circuitos que utilizam CTCs podem distinguir estados perfeitamente, mostraremos que circuitos quânticos pós-selecionados análogos aos de Deutsch podem distinguir estados não-ortogonais com probabilidade ótima, sendo este valor aquele determinado pela estratégia em que não admitimos erros de identificação, mas sim resultados inconclusivos nas medições.

O trabalho está organizado da seguinte forma: no capítulo 2 estão os conceitos básicos de medições sobre sistemas quânticos, além de uma discussão sobre métodos de distinção de estados quânticos, com probabilidade ótima. No capítulo 3, apresentamos o método de Brun para a distinção de estados não-ortogonais, e também a teoria de simulação de CTCs. Concluimos este capítulo verificando que, enquanto o esquema de Brun *et. al.* distingue os estados $|0\rangle$ e $|-\rangle$, o circuito de CTCs pós-selecionadas análogo consegue distinguir os estados $|1\rangle$ e $|+\rangle$, sugerindo uma relação entre os métodos. No capítulo 4, estudamos as condições e probabilidade de que CTCs possam ser simuladas pelo método proposto por Bennett e Schumacher, e Svetlichny. Mostramos ainda a probabilidade de que dois estados não-ortogonais sejam distinguidos por este método, e verificamos as condições para que tal probabilidade seja ótima. No capítulo 5, mostramos que existe certo circuito de CTCs pós-selecionadas que consegue, probabilisticamente, distinguir otimamente quaisquer pares de estados não-ortogonais entre si, sendo este o principal resultado desta tese. No mesmo capítulo, analisamos ainda outros três tipos de circuitos que utilizam as CTCs simuladas: para um deles, mostramos que a distinção ótima também pode ser obtida, embora não para todos os pares de estados. No capítulo 6, coletamos todos os resultados sobre distinção de estados não-ortogonais que obtivemos. Para os circuitos de CTCs pós-selecionadas, tais resultados foram todos obtidos no capítulo anterior. Já para os circuitos de Deutsch, todos os cálculos e resultados finais encontram-se no Apêndice A. Sugerimos então al-

guma relação entre os métodos. A maneira mais óbvia de relacioná-los seria a seguinte: um circuito de Deutsch deveria ter poder de distinção análogo ao circuito de CTCs pós-selecionadas obtido através da substituição da CTC por uma CTC simulada. Entretanto, ainda neste capítulo, apresentamos um resultado que mostra outro tipo de relação entre os circuitos, diferente desta óbvia, nos levando a concluir que a correta identificação de circuitos nas duas teorias está longe de ser trivial.