
Computação Quântica no PESC: Teoria e Prática

Semana PESC 2022

Franklin de Lima Marquezino
franklin@cos.ufrj.br

Muitas oportunidades

- Na academia

Muitos problemas teóricos em aberto

Interação com muitas outras áreas da computação

- Na indústria

Muitas aplicações de interesse comercial

Hardware está avançando mais rápido do que se previa

Área Importante na Academia

The Nobel Prize in Physics 2022



III, Niklas Elmehed © Nobel Prize Outreach

Alain Aspect

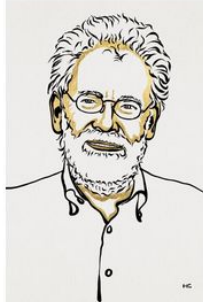
Prize share: 1/3



III, Niklas Elmehed © Nobel Prize Outreach

John F. Clauser

Prize share: 1/3



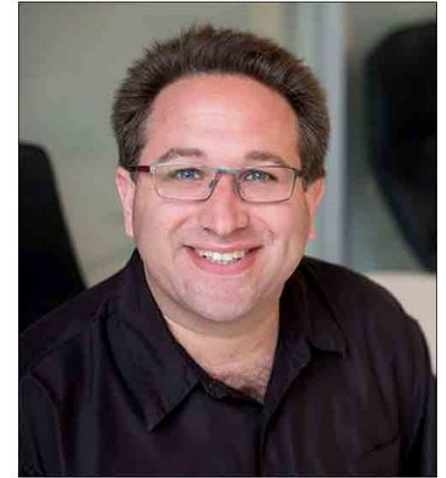
III, Niklas Elmehed © Nobel Prize Outreach

Anton Zeilinger

Prize share: 1/3

The Nobel Prize in Physics 2022 was awarded jointly to Alain Aspect, John F. Clauser and Anton Zeilinger "for experiments with entangled photons, establishing the violation of Bell inequalities and pioneering quantum information science"

2020 ACM Prize in Computing Laureate



[Scott Aaronson](#) is the David J. Bruton Jr. Centennial Professor of Computer Science at the University of Texas at Austin. His primary area of research is theoretical computer science, and his research interests center around the capabilities and limits of quantum computers, and computational complexity theory more generally.

ACM Prize Awarded to Pioneer in Quantum Computing

Scott Aaronson Recognized for Far-Reaching Theoretical, Technical and Educational Contributions

Área Importante na Academia

The Nobel Prize in Physics 2022



III. Niklas Elmehed © Nobel Prize Outreach

Alain Aspect

Prize share: 1/3



III. Niklas Elmehed © Nobel Prize Outreach

John F. Clauser

Prize share: 1/3



III. Niklas Elmehed © Nobel Prize Outreach

Anton Zeilinger

Prize share: 1/3

The Nobel Prize in Physics 2022 was awarded jointly to Alain Aspect, John F. Clauser and Anton Zeilinger "for experiments with entangled photons, establishing the violation of Bell inequalities and pioneering quantum information science"

2020 ACM Prize in Computing
Laureate

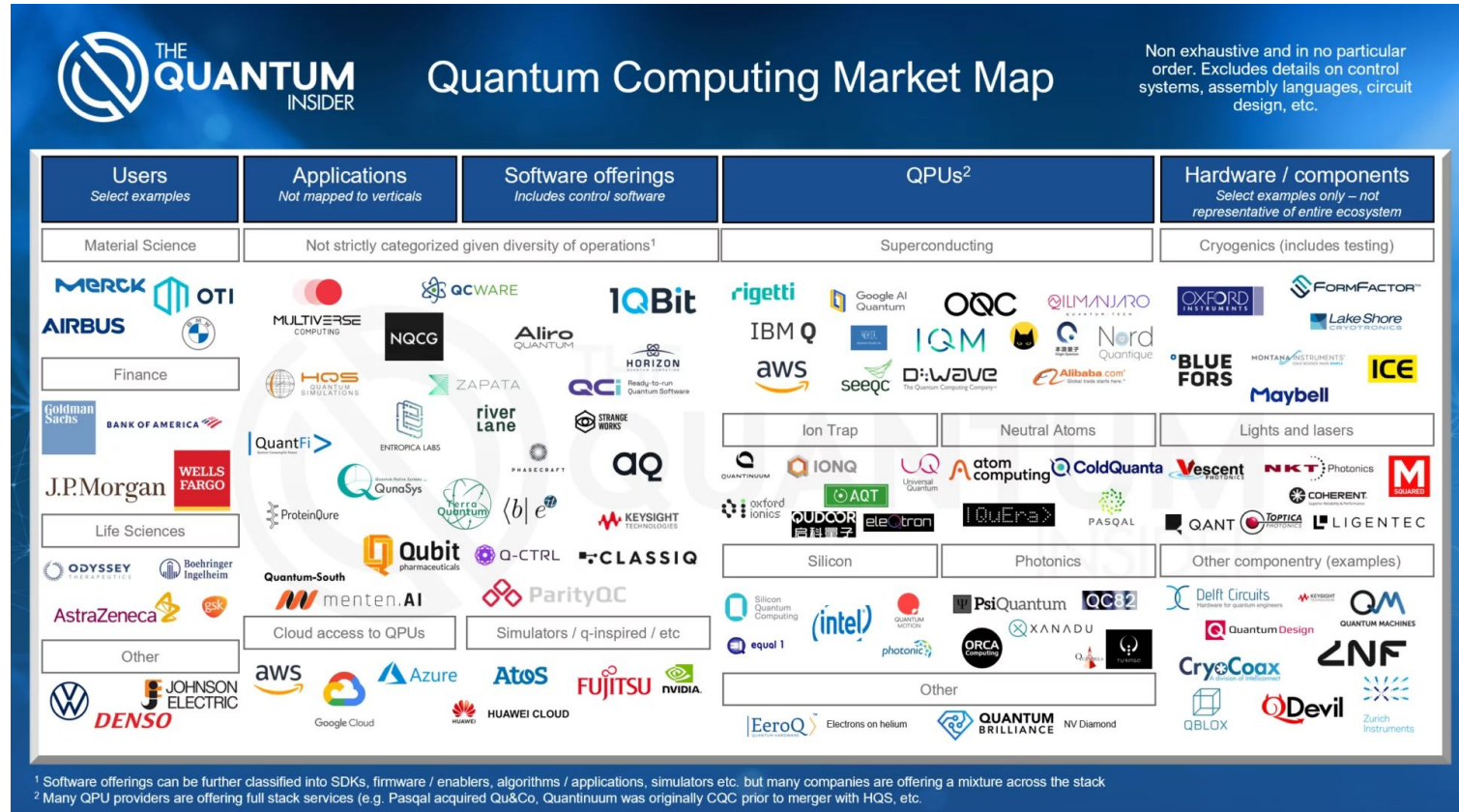


Scott Aaronson is the David J. Bruton Jr. Centennial Professor of Computer Science at the University of Texas at Austin. His primary area of research is theoretical computer science, and his research interests center around the capabilities and limits of quantum computers, and computational complexity theory more generally.

Vejam minha palestra no
Seminário PESC:
[www.youtube.com/watch?
v=MXovwCMx3uA](https://www.youtube.com/watch?v=MXovwCMx3uA)

ACM Prize Awarded to Pioneer in Quantum Computing
Scott Aaronson Recognized for Far-Reaching Theoretical, Technical and
Educational Contributions

Área Importante na Indústria



Missão de pesquisadores brasileiros em CQ na Alemanha, Maio/2022

Jülich Forschungszentrum
Inst. Fraunhofer
Univ. de Colônia
Volkswagen DataLab
Inst. Max Planck
IQM



Uma área em crescimento!

The New York Times

The Next Tech Talent Shortage: Quantum Computing Researchers

By Cade Metz

Oct. 21, 2018

Christopher Savoie, founder and chief executive of a start-up called Zapata, offered jobs this year to three scientists who specialize in an increasingly important technology called quantum computing. They accepted.

Several months later, the Cambridge, Mass., company was still waiting for the State

MIT News

ON CAMPUS AND AROUND THE WORLD

 [SUBSCRIBE](#)

▼ BR

Q&A: The talent shortage in quantum computing

William Oliver says a lack of available quantum scientists and engineers may be an inhibitor of the technology's growth.

Chuck Leddy | MIT Open Learning

January 23, 2019

 ZDNet

[Trending](#) [Innovation](#) [Security](#) [Business](#) [Finance](#) [Education](#) [Home & Office](#) [More](#)

[Home](#) | [Innovation](#) | [Hardware](#)

Quantum computing skills are hard to find. Here's how companies are tackling the shortage

There's a lot of promise in quantum computing, but companies first need to figure out how they can attract more people into the industry.



Written by Owen Hughes, Senior Editor on Nov. 12, 2021

 FIERCE
Electronics

[Electronics](#) [IoT & Wireless](#) [Sensors](#) [Embedded](#)



EMBEDDED

Software firms race to address users' quantum talent shortage

By Dan O'Shea • Jan 13, 2022 01:34pm

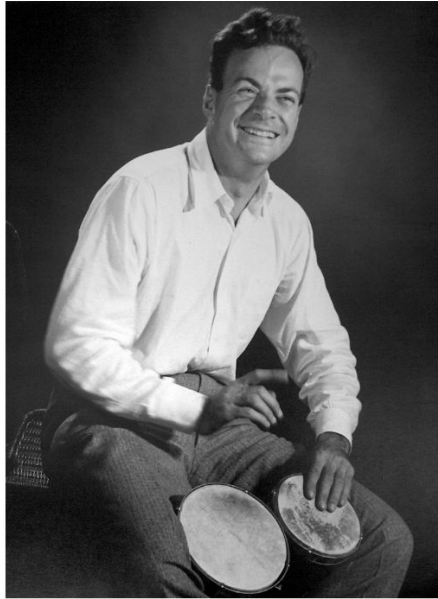
Quantum software companies are racing to fill that need. Yuval Boger, CMO of software firm Classiq, recently told Fierce Electronics that some forecasts have shown that there could be a demand for as many as 10,000 quantum-related jobs by 2025, but not enough quantum-skilled workers to fill even half those jobs.

Como ter acesso a essas vagas?

Precisa fazer pós-graduação
(mestrado e doutorado)!

O que é a mecânica quântica?

- Cuidado: as pessoas abusam do termo!
 - MQ é teoria muito bem sucedida para descrever o comportamento de coisas muito pequenas
 - “MQ é o sistema operacional onde todas as outras teorias (exceto relatividade geral) rodam como aplicações”
-



Richard Feynman

O que a física tem a ver com computação?

- “Simulating physics with computers”, 1982
 - Os nossos computadores são eficientes para simular Mecânica Quântica?
 - E se o computador for construído usando a própria Mecânica Quântica?
 - Até aí, área puramente teórica, até que...

 - Algoritmo de Shor, 1994
 - IBM Quantum Experience, 2016
-

Não sou físico! E agora?

- Existem duas formas de ensinar MQ: abordagem mais comum nos livros de Física segue ordem cronológica das descobertas; outra abordagem é matemática e vai direto ao núcleo conceitual
 - MQ resumida a poucas regras, como no xadrez
 - Para quem quer iniciar: base sólida em Álgebra Linear é mais importante do que em Física
-

Como representar os estados?

Pense em “generalização” das leis das probabilidades para permitir números negativos (ou até complexos)

- Bit clássico (probabilístico):
 $\mathbf{b} = (p, 1-p)$ tal que $0 \leq p \leq 1$
 - Bit quântico (qubit):
 $\mathbf{q} = (\alpha, \beta)$ tal que $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$
-

Como o estado evolui?

- Estado representados por vetor, logo evolução representada por matriz
- Norma do vetor deve ser preservada
- Classicamente: matrizes estocásticas

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p \\ 1-p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1-p \\ p \end{pmatrix}$$

- Quanticamente: matrizes unitárias

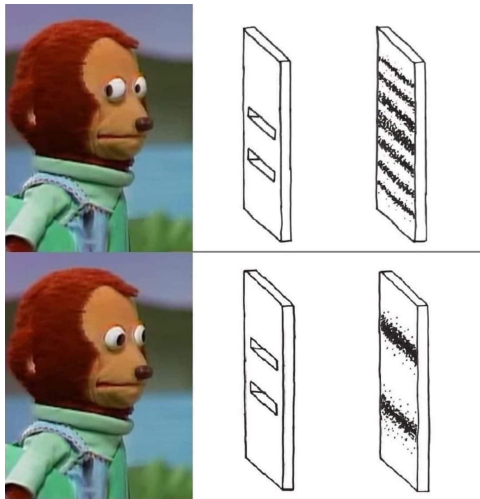
$$\begin{pmatrix} 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{2} \end{pmatrix}$$

O que acontece se eu olhar?

Se você medir o valor de um bit (probabilístico ou quântico), o resultado só pode ser 0 ou 1!

- Bit probabilístico, $\mathbf{b} = (p, 1-p)$ tal que $0 \leq p \leq 1$:
0 com probabilidade p ,
1 com probabilidade $1-p$
 - Bit quântico, $\mathbf{q} = (\alpha, \beta)$ tal que $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$:
0 com probabilidade $|\alpha|^2$,
1 com probabilidade $|\beta|^2$
-

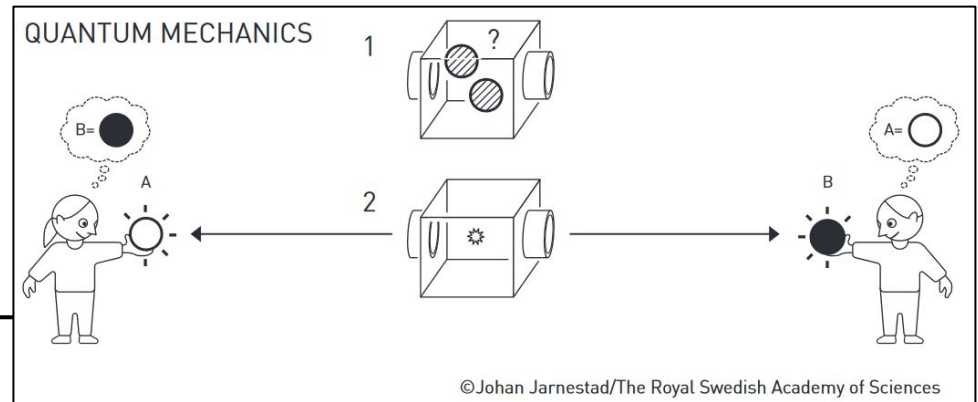
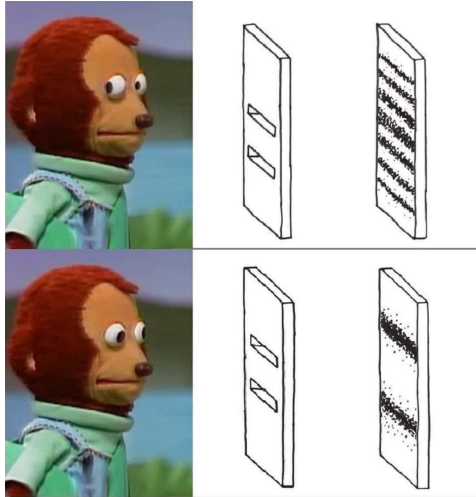
O que acontece se eu não olhar?



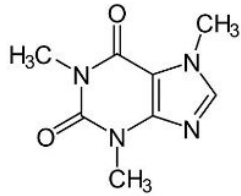
- Generalização que fizemos das probabilidades não foi mero capricho
 - Emaranhamento, interferência etc
 - Interpretações da MQ
 - Einstein: “Deus não joga dados” (mas o problema dele não era com as probabilidades)
-

O que acontece se eu não olhar?

- Generalização que fizemos das probabilidades não foi mero capricho
- Emaranhamento, interferência etc
- Interpretações da MQ
- Einstein: “Deus não joga dados” (mas o problema dele não era com as probabilidades)



Certo... mas o que eu faço com isso?



Simulação clássica, 10^{48} bits
(Mais que o número de átomos de nosso planeta!)

Simulação quântica, 160 qubits

- Simulação
 - Química quântica
 - Design de materiais
 - Design de fármacos
- Otimização
 - Finanças
 - Oil&gas
 - Logística, etc
- Machine learning
- Buscas
- Fatoração, logaritmo discreto
- etc



(*) minutephysics, Youtube

Requer muitos qubits e tolerância a falhas

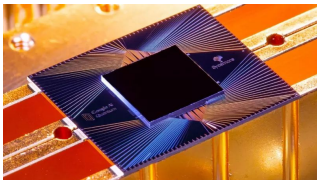
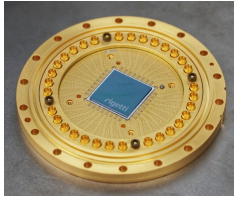
mais cedo

mais tarde



Onde executar esses algoritmos?

- Já existem vários computadores quânticos, inclusive alguns disponíveis para compra ou para uso pela nuvem:
 - IBM
 - DWave
 - Rigetti
 - IonQ
 - Honeywell
 - Xanadu
 - IQM
 - etc
- Ruidosos e com poucos qubits (NISQ)



Como programar um computador quântico real?

- Cada fabricante costuma fornecer também seu kit de desenvolvimento
 - IBM: Qiskit, em Python
 - Google: Cirq, em Python
 - Rigetti: Forest, em Python
 - DWave: Ocean, Python, Matlab etc
 - Xanadu: PennyLane, em Python
 - Microsoft: Q#
 - etc
 - Alguns desses ambientes possuem “plugins” que permitem executar em hardware diferente
 - Qiskit permite executar na IonQ, Rigetti etc
 - PennyLane permite executar em IBM, IonQ etc
 - etc
-

Alunos atuais do PESCC em CQ

Doutorado



Mestrado

