

## **Evidenciando as Diferenças e Benesses do uso do Quantum em Relação ao Sistema Binário**

**Rodrigo Tugores de Campos**

Fatec Americana, rodrigo.tugores01@gmail.com

**Estela Lina Hirai**

Fatec Americana, lina.hirai@hotmail.com

**Leandro Henrique Marini**

Fatec Americana, leandro.marini@live.com

**João Emmanuel D Alkmin Neves**

Fatec Americana, jeneves@gmail.com

### **RESUMO**

Este artigo visa apresentar como funciona a computação clássica e sua origem, assim como a ideia da mecânica e computação quântica e seus eventuais problemas, e a comparação entre ambas as teorias. Foi utilizado o método de pesquisa bibliográfica.

**Palavras Chave:** Computação Clássica, Computação Quântica, Superposição

**Data do recebimento do artigo:** 27/07/2020

**Data do aceite de publicação:** 03/03/2023

**Data da publicação:** 30/06/2023

## **Evidencing the Differences and Benefist of the use of Quantum in Relation to the Binary System**

### **ABSTRACT**

This article aims to present how classical computing work and its origin, as well as the idea of quantum mechanics and computation and its possible problems, and the comparison between both theories. The bibliographic search method was used.

**Key Words:** Classic computation, quantum computation, superposition

### **1 INTRODUÇÃO**

Numa era onde tecnologia e informação é poder, a busca por inovações é incessante. A computação tradicional serviu e ainda serve para a solução de muitos problemas, porém algumas questões exigem tamanha capacidade operacional devido à sua complexidade que não existem computadores com memória ou processamento suficientes para se alcançar a solução. Desse modo, faz parecer que a computação atual está ultrapassada e apresenta dificuldades em adaptar-se aos problemas do mundo moderno; é nesse cenário que surgiu a aplicação da computação quântica.

### **2 COMPUTAÇÃO CLÁSSICA**

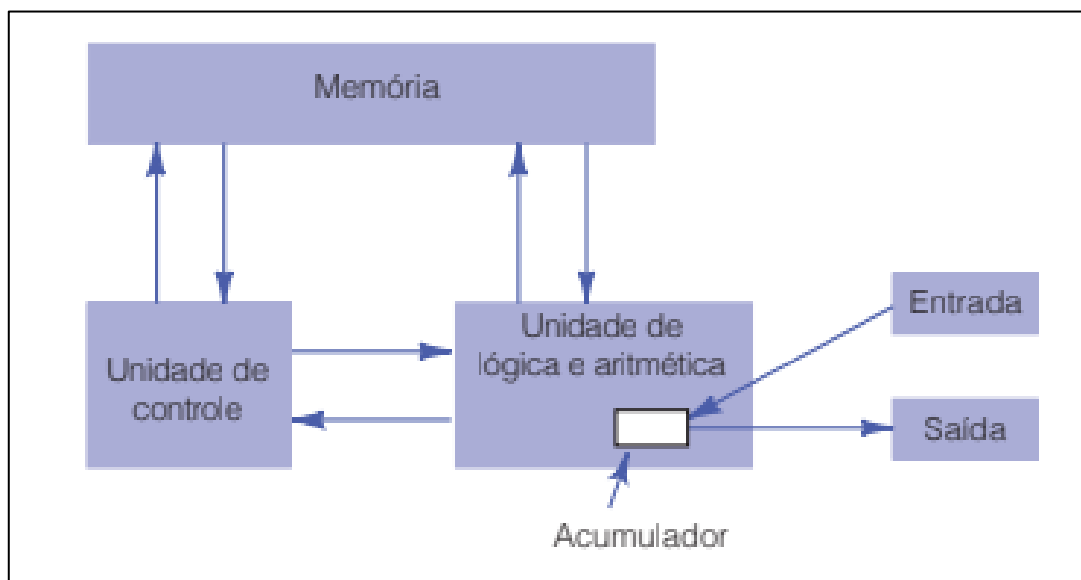
#### **2.1 A Arquitetura de John Von Neumann**

Os computadores atuais são capazes de realizar diversas tarefas complexas através de um simples clique, isso devido ao fato da evolução do hardware e principalmente na forma eficaz em que ele é organizado. Entretanto, na origem da computação, os computadores, que na época eram mecânicos, quando criados, tinham propósitos específicos, e era necessário operá-los de forma manual através de interruptores e cabos, um processo demorado e cansativo.

De acordo com Tanenbaum e Austin (2013a p.14), em 1946, John Von Neumann acreditava que aquela forma de operar era inflexível, e após perceber que era possível representar programas e dados na memória do computador de forma digital utilizando o

sistema binário, Neumann desenvolveu a arquitetura para um computador de programa armazenado.

**Figura 1 - Arquitetura de Neumann**



Fonte: TANENBAUM; AUSTIN, 2013b, p.14

A máquina de Von Neumann contava com uma Unidade Central de Processamento (CPU), que é composta pela Unidade de Controle (CU) em conjunto com a Unidade Lógica e Aritmética (ALU) e Registradores, estes componentes executavam o processamento dos dados, a Memória era a responsável por armazenar os dados e instruções de forma digital, enquanto os dispositivos de Entrada e Saída serviam para a inserção e visualização de dados, estes por sua vez que eram transportados por barramentos.

O funcionamento desses componentes em conjunto eram os responsáveis por realizar as operações necessárias para que um computador fosse capaz de executar programas salvos na memória.

A arquitetura de Neumann serviu de base para a computação moderna influenciando até hoje a arquitetura utilizada pelos computadores atuais, a CPU se tornou um dos componentes do processador, que em conjunto com os barramentos agora presentes na placa mãe, se comunicam com as memórias RAM, Cache, Registradores e Disco.

## 2.2 Transistores e a Lei de Moore

Em 1947 com o surgimento dos transistores, de acordo com Helerbrock (s.d.), um material feito de silício capaz de amplificar ou barrar a corrente elétrica em circuitos eletrônicos os computadores sofreram um grande avanço tecnológico, pois o mesmo substituiu o uso de válvulas.

Os transistores estão presentes nos processadores desde o lançamento do 4004, o primeiro microprocessador do mundo, que foi fabricado pela Intel.

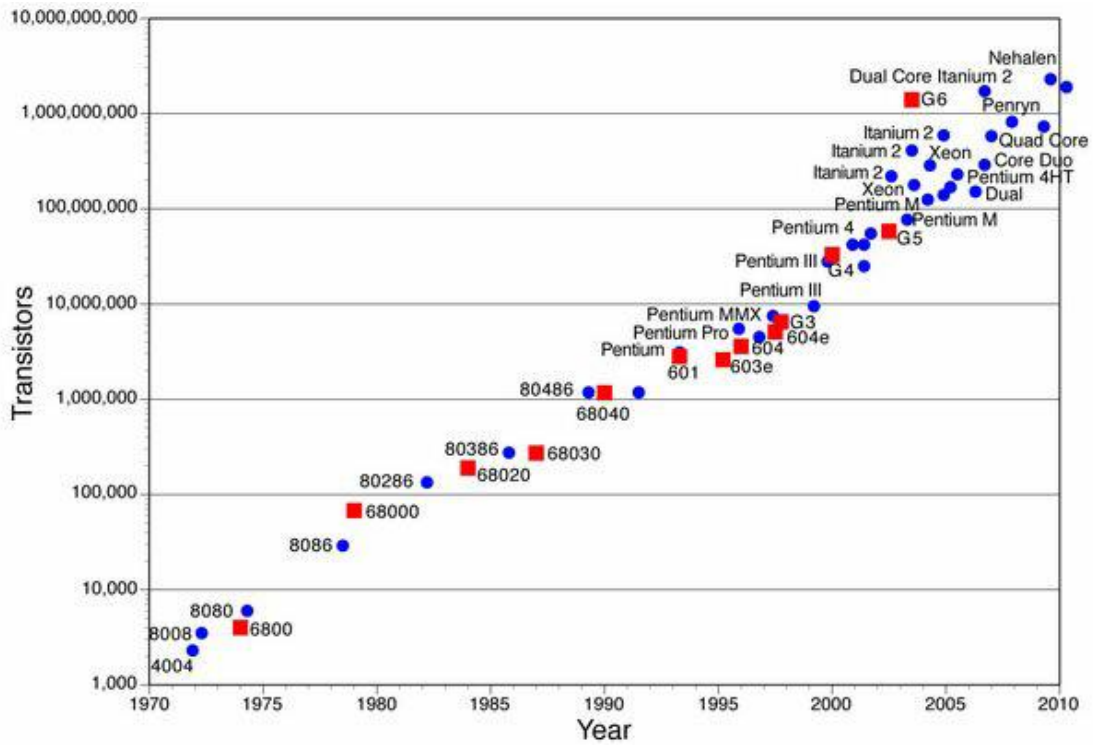
Os transistores funcionam de forma simples, por possuir apenas dois estados, carregado, e, não carregado, é possível utilizá-los em conjunto com o sistema binário e energia elétrica para a representação de dados de forma computacional. Se o transistor está carregado, ele é entendido como 1, e se não está carregado, 0.

Este 0 ou 1 é denominado como bit e um conjunto de oito bits é chamado de byte e estes constituem as informações como textos, imagens, áudios e vídeos em um computador.

Desde a primeira aparição dos transistores nos microprocessadores, cientistas tentam descobrir formas de diminuir seu tamanho fisicamente para aumentar o poder de processamento dos processadores. Os processadores atuais contam com bilhões de transistores, e o tamanho deles continua diminuindo ano a ano, o maior problema disso tudo segundo Tanenbaum e Austin (2013 p.23), é que, em algum momento, os transistores serão tão pequenos, que deixarão de ser confiáveis para a passagem de energia.

Em 1965, Gordon Earl Moore co-fundador da Intel fez um artigo relatando que, o número de transistores em uma mesma área de um processador dobraria a cada 18 meses, conseqüentemente dobrando seu poder, essa afirmação se mostrou verdadeira até hoje e foi chamada de Lei de Moore, porém essa lei não durará para sempre, segundo Mayer (2017), a Lei de Moore está desacelerando e chegando perto de seu fim, e, por volta da década de 2020, alcançará seu limite

Figura 2 - Lei de Moore



Fonte: KERBER, 2015

### 3 MECÂNICA QUÂNTICA

O mundo que conhecemos é regido por leis muito bem conhecidas e consolidadas, a física clássica, o que nos permite ter uma compreensão das coisas que aqui ocorrem, podendo até prever e estudar eventos futuros. Porém, existe um mundo onde quase nada do que conhecemos é aplicado e observado consistentemente, sendo esse o mundo subatômico. Neste caso, será discorrido o que difere a física clássica da física quântica e no que podemos implicar essa diferença em relação às máquinas e processos possíveis com essa nova tecnologia.

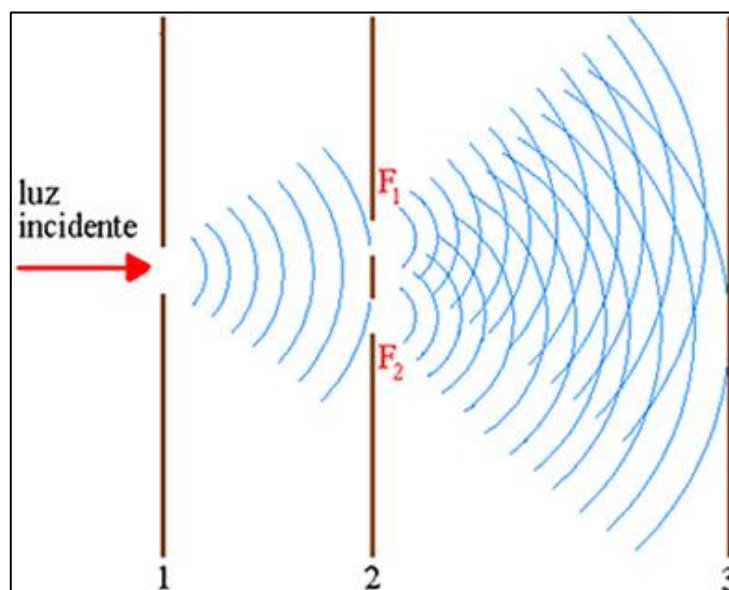
A tecnologia se encontra num delicado processo de encontro com um limite físico para dar prosseguimento à sua evolução. A computação clássica, sendo baseada em bits, esses que por sua vez, são manipulados por peças minúsculas e essenciais: os transistores. Essas pequenas peças tem a importante função de determinar se o que o nosso processador vai enxergar é um bit de valor 0 ou 1 (bloqueando ou liberando a passagem de elétrons para isso, respectivamente). O problema é que, esses componentes estão chegando numa

escala tão pequena (próximo ao tamanho de átomos volumosos), que os elétrons podem acabar encontrando uma saída para a barragem do transistor através do tunelamento quântico, não podendo mais ser controlada a corrente elétrica.

Nesse momento, métodos quânticos entram em ação, apresentando novas formas de energia “binária”, porém com uma característica que muda toda a situação: a superposição. Se o objeto quântico superposto interagir com seu ambiente, perderá seu estado de superposição após um curto período de tempo, essa fase é chamada de decoerência. Sobre o entendimento das interações quânticas do ponto de vista da física clássica Dirac (1974, p.12) afirma que a “natureza das relações que o princípio da superposição requer para existir entre os estados de qualquer sistema é de um tipo que não pode ser explicado em termos dos conceitos familiares da física”.

Utilizando-se de propriedades de partículas subatômicas como o spin de um elétron ou a polarização de um fóton (ambos se categorizam em dois estados de energia), pode-se tirar proveito do fato de que, quando se trata de subpartículas, não podemos garantir de forma alguma o estado ou a posição do mesmo até testarmos, observando-as. Isso nos dá uma nova forma de bit, o qubit (bit quântico), que basicamente pode estar no valor 0 e 1, em diferentes proporções, ao mesmo tempo.

**Figura 3 - Fenda Dupla**



Fonte: MARQUES, s.d.

Há também uma importante propriedade entre as partículas já mencionadas, que é o entrelaçamento (ou emaranhamento) quântico. Esse fenômeno se caracteriza pela ligação que dois elétrons podem ter, formando um único sistema entre eles. O que de fato demonstra a estranheza desse evento é que, a informação de um depende obrigatoriamente do outro, pelo princípio da exclusão de Pauli. Isso faz com que o número quântico de subpartículas entrelaçadas não possa ter o mesmo valor quântico, nesse caso, o spin. Então, mesmo que o spin deles seja indeterminado pela superposição, a partir do momento que você observa o valor de um deles, automaticamente já se sabe o valor do outro.

#### **4 COMPUTAÇÃO QUÂNTICA**

Como discorrido, tendo a ideia do qubit, pode-se assim aproveitar de novas regras e mecânicas para se ter um desempenho melhor em certos processos computacionais. Isso ocorre de forma natural, seguindo a ideia da superposição. Sendo os estados lógicos possíveis em um dado momento não mais 0 ou 1, mas sim, 0 e 1, novos caminhos se abrem.

O processamento de uma chave de 10 bits, por exemplo, pode ser testada uma a uma em todas as 1024 possibilidades, no caso de um computador clássico; já na computação quântica, todas as possibilidades são reduzidas à sua raiz quadrada, no caso, 32 possibilidades. Vale ressaltar que, da mesma forma que a entrada dos dados é indeterminada, a saída também é, sendo assim pode ser que a saída desejada não seja a que de fato foi gerada; porém, esse “problema” pode ser diminuído pelo emaranhamento quântico, sendo possível de verificar diferentes saídas de uma só vez pela exclusão através do conhecimento de parte do sistema, além, claro, de também ser necessário algumas diferentes tentativas e checagens. O processo inverso, a criptografia, também pode ser executada por uma máquina de mesma natureza, e da mesma forma que pode quebrar chaves extremamente complexas, também pode criá-las, tornando essas informações quase impossíveis de serem invadidas ou acessadas, mesmo por outras máquinas quânticas.

Outros usos expressivos que se pode ter com essa tecnologia é o acesso à informação e material relacionado à microssistemas, como a projeção de uma simulação

da interação entre moléculas., células, enzimas ou até átomos. Compreender esse mundo de forma mais visual e experimental levaria a ciência à diversas novas soluções modernas, ou até mesmo para antigos questionamentos ainda não resolvidos; a vacina de uma doença, a previsão da evolução de uma bactéria, um novo meio para uma fonte de energia, ou um novo material com características apropriadas que permitissem uma progressão tecnológica, como um tecido com propriedades isolantes ou um novo metal supercondutor.

Computadores que manipulam propriedades quânticas já existem e não são mais fruto de um filme de ficção científica, como muitos pensam. Já existem experimentos limitados à um processamento específico comprovadamente funcionais, embora não sejam perfeitos. Apesar de ser uma realidade, no momento não é o maior avanço tecnológico que já se viu, tendo em conta suas grandes limitações funcionais, como não serem dinamicamente programáveis, e inviáveis em condições de um ambiente comum, como calor, vibrações e ruídos constantes. Mesmo levando tudo isso em conta, o termo cunhado pelo físico teórico John Preskill, a “supremacia quântica” (que configura a capacidade de um computador quântico de realizar tarefas em um tempo praticável e mais razoável, enquanto que um computador clássico não seria capaz de realizar o mesmo processamento no tempo de uma ou várias gerações humanas) se tornou muito mais relevante em meados de 2019 quando a Google superou a sua concorrente IBM, que tem em sua posse o supercomputador mais rápido do mundo, o Summit, com seu computador quântico Sycamore, realizando a tarefa de descrever prováveis resultados de um gerador de números em 200 segundos, coisa que o Summit só seria capaz de fazer em 2 dias e meio, e uma máquina mais “comum”, milhares de anos.



**Figura 4 - Google Sycamore**



Fonte: (SOUSA, 2019)

#### 4.1 COMPUTAÇÃO CLÁSSICA X COMPUTAÇÃO QUÂNTICA

O processador de um computador quântico é formado por átomos que interagem entre si para assim poder interpretar informações e realizar cálculos. Já em um computador tradicional todos os dados são convertidos e interpretados por bits, que são seqüências de 0 e 1. Essa leitura é feita pelos transistores, que compõem os chips do processador e das memórias. Eles funcionam controlando o fluxo de energia que passará nos circuitos, assumindo o estado de desligado e ligado. Porém, cada transistor consegue ler apenas um bit por vez.

Quadro 1 - Diferenças entre a computação clássica e quântica

Computação Clássica	Computação Quântica
É baseada nos fenômeno clássicos de circuitos elétricos de assumirem apenas	É baseada no fenômeno da mecânica quântica, como superposição e

um estado em um determinado momento, ligado ou desligado.	entrelaçamento, na qual é possível assumir dois estados ao mesmo tempo.
O armazenamento de informações e a manipulação é baseada no bit, que tem como base a voltagem ou carga; baixo é 0 e alto é 1.	O armazenamento de informações e a manipulação é baseada no bit quântico ou “qubit”, que tem como base o spin do elétron ou a polarização de um único fóton,
O comportamento do circuito é governado pela física clássica.	O comportamento do circuito é governado pela física quântica ou mecânica quântica.
Os transistores CMOS são os componentes básicos dos computadores convencionais.	O dispositivo de interferência quântica supercondutora ou SQUID ou transistores quânticos são os componentes básicos dos computadores quânticos.
Em computadores convencionais, o processamento de dados é feito na Unidade Central de Processamento ou CPU, que consiste em Unidade Aritmética e Lógica (ULA), registros do processador e uma unidade de controle.	Em computadores quânticos, o processamento de dados é feito na Unidade Quântica de Processamento ou QPU, que consiste em números interconectados de qubit.

Fonte: (ROY, s.d.)

**SQUID:** O SQUID é um transistor quântico. Nele as ondas de elétrons conseguem se comportar como qubit. Diferente dos transistores convencionais que são feito de silício, sua composição é de nióbio, o que faz com que ao ser resfriado ele se torne um supercondutor, exibindo assim efeitos mecânicos quânticos.

A estrutura supercondutora codifica dois estados como minúsculos campos magnéticos que apontam para cima ou para baixo. Esses estados são chamados de +1 e -1. e o qubit pode escolher entre eles. Assim usando a mecânica quântica é possível

controlar o squid para que possamos colocar o qubit em uma sobreposição desses dois estados.

**QPU:** Para que um computador quântico funcione, é necessário uma unidade de processamento quântico. Ela é uma unidade que possui vários qubits interconectados e utiliza-se os princípios da computação quântica para poder performar uma tarefa.

O espaço disponível para um registro quântico escala exponencialmente com seu tamanho. Um registrador de  $n$  qubit além de poder representar todos os 2 estados computacionais assim como um registrador convencional de  $n$  bits, também é capaz de representar superposições desses estados simultaneamente.

Assim, dependendo da quantidade de qubits entrelaçados, a computação quântica pode atingir valores extraordinários ao ser comparada com a tradicional.

1 qubit = 2 bits

2 qubits = 4 bits

3 qubits = 8 bits (1 byte)

13 qubits = 8.192 bits (1kb)

23 qubits = 8.388.608 bits (1mb)

33 qubits = 8.589.934.592 bits (1gb)

43 qubits = 8.796.093.022.208 bits (1 terabyte)

$n$  qubits =  $2^n$  bits

## 4.2 BENEFÍCIOS

Visto que a computação quântica possibilita a soluções de cálculos de maneira extremamente rápida, setores farmacêuticos, médicos e de segurança de informação podem se beneficiar.

Por exemplo, no setor farmacêutico é necessário o mapeamento das interações entre um medicamento e seu alvo e simulações de como ele agiria no metabolismo. Algoritmos de química computacional atuais conseguem fazer essas simulações, porém, elas são geralmente limitadas a estruturas moleculares simples.

Assim, os computadores quânticos teriam uma vantagem sobre os computadores clássicos na solução desses problemas. Enquanto a modelagem da penicilina em um

computador clássico precisaria de 1086 bits, ela poderia precisar de apenas 286 qubits em um computador quântico.

Tabela 1 - Tempo de fatoração de números em bits

Tamanho do número a ser fatorado (em bits)	Tempo de fatoração por algoritmo clássico	Tempo de fatoração por algoritmo quântico
512	4 dias	34 segundos
1024	100 mil anos	4.5 minutos
2048	100 mil bilhões de anos	36 minutos
4096	100 bilhões de quatrilhões de anos	4.8 horas

Fonte: Revista Ciência Hoje, Vol. 33, n. 193, Maio de 2003.

A computação quântica terá um impacto revolucionário em nossa compreensão dos sistemas quânticos e será boa em resolver problemas quânticos intrinsecamente. Por exemplo, ele pode nos ajudar a resolver problemas de física em que a mecânica quântica e a inter-relação de materiais ou propriedades são importantes. Em nível atômico, a computação quântica simula a natureza e, portanto, pode nos ajudar a encontrar novos materiais ou identificar novos compostos químicos para a descoberta de drogas. Ela tem a promessa de ser capaz de enfrentar problemas que podem levar bilhões de anos em um computador normal para serem resolvidos em segundos. (POTTER, 2019).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notável que, de fato, estamos subindo um nível no avanço tecnológico que diz respeito à toda a humanidade. Contudo, por ainda estar engatinhando, seus usos não são os mais expressivos no momento, porém muito promissores para o futuro. A parte animadora é que não se trata apenas de uma promessa ou uma ideia muito distante, mas sim, de eventos realizados nos dias de hoje. Por ser de uso de nicho completamente estrito, pode-se sentir que não há um progresso, mas será visto aos poucos sendo implementado na sociedade, e quem sabe daqui algum tempo, no nosso dia-a-dia.

No momento podemos não estar aptos a recebê-la e usufruir 100% de sua capacidade, ainda há muito a ser desenvolvido, além da necessidade das outras áreas acompanharem e evoluírem juntas conforme o necessário para a criação e prática dessas novas máquinas, tais como o conhecimento de hardware e o próprio estudo da física, mais especificamente, quântica. Quando houver uma estabilidade, quem sabe, poderemos extrair o máximo do valor do mundo quântico e evoluirmos como sociedade.

## REFERÊNCIAS

*A beginner's guide to quantum computing* | Shohini Ghose. TED. **Youtube**. 1 fev. 2019. 10min04s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=QuR969uMICM>>. Acesso em: 21 jun. 2020.

Arquitetura de VON NEUMANN de MANEIRA DESCOMPLICADA. Canal TI. **Youtube**. 14 Dez. 2017. 6min03s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=V5qE-u6jGo4>>. Acesso em 20 Jun. 2020.

AUSTIN, Todd; TANENBAUM, Andrew. **Organização Estruturada de Computadores**. In: ORGANIZAÇÃO Estruturada de Computadores. 6. ed. [S. l.: s. n.], 2013. cap. 1, p. 14-23.

BOEIRA, Juan Pablo D. **A nova era da computação quântica**. Época Negócios. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/colunas/noticia/2019/11/nova-era-da-computacao-quantica.html>>. Acesso em: 20 Jun.2020.

BOIXO, Sergio; MARTINIS, John. *Quantum supremacy using a programmable superconducting processor*. Google AI Blog. 23 out. 2019. Disponível em: <<https://ai.googleblog.com/2019/10/quantum-supremacy-using-programmable.html>>. Acesso em: 21 jun. 2020.

BROSSO, Ines; FALBRIARD, Claude. **Computação Quântica: A Realidade de uma Nova era**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Alta Books, 2020. 352p.

Computador Quânticos Explicados. Ciência Todo Dia. **Youtube**. 11 set. 2018. 14min36s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=92eSz2X0AlU>>. Acesso em: 21 jun. 2020.

ERNESTO, Renan; PASSOS, Júlia. **Computação Quântica: Fundamentos e perspectivas**. Coruja Informa. Disponível em: <<http://www.each.usp.br/petsi/jornal/?p=2641>>. Acesso em 21 Jun. 2020.

FISZMAN, Gabriella. **Entenda qual a importância do transistor para seu computador**. Techtudo. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2015/06/entenda-qual-importancia-do-transistor-para-seu-computador.html#:~:text=Como%20funcionam%20os%20transistores&text=Cada%20transistor%20tem%20tr%C3%AAs%20terminais,outro%20envia%20o%20sinal%20amplificado.>>. Acesso em 20 Jun. 2020.

GATTO, Elaine. **Arquitetura de John Von Neumann**. Embarcados. 2016. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/arquitetura-de-john-von-neumann/>>. Acesso em 18 Jun. 2020.

HELERBROCK, Rafael. **Transistor**. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/transistor.htm>>. Acesso em 20 Jun. 2020.

HUI, Jonathan. **Quantum Supremacy — Google Sycamore Processor**. *Medium*. 24 out. 2019. Disponível em: <[https://medium.com/@jonathan\\_hui/quantum-supremacy-google-sycamore-processor-6f30073a17fa](https://medium.com/@jonathan_hui/quantum-supremacy-google-sycamore-processor-6f30073a17fa)>. Acesso em: 21 jun. 2020.

KARAKINSKI, Vinicius. **Litografia: como é feito um processador [infográfico]**. Tecmundo. 2014. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/processadores/59510-litografia-feito-processador-infografico.htm>>. Acesso em 20 Jun. 2020.

KERBER, Diego. **Lei de Moore completa 50 anos:** veja infográficos sobre a principal profecia do mundo da tecnologia. Adrenaline. 2015. Disponível em: <<https://adrenaline.com.br/noticias/v/33973/lei-de-moore-completa-50-anos-veja-infograficos-sobre-a-principal-profecia-do-mundo-da-tecnologia>>. Acesso em 20 Jun. 2020.

LU, Donna. **What is a quantum computer?**. NewScientist. Disponível em: <<https://www.newscientist.com/question/what-is-a-quantum-computer/>>. Acesso em 20 Jun. 2020.

LUCAS, Márcio. **A arquitetura de Von Neumann**. Medium. 2019. Disponível em: <<https://medium.com/trainingcenter/a-arquitetura-de-von-neumann-121489873fd4>>. Acesso em 18 Jun. 2020.

MCMAHON, David. **Quantum computing explained**. 1. ed. Nova Jersey. *John Wiley & Sons*. 2008.

MEYER, Maximiliano. **O que é a lei de Moore**. Oficina da Net. 2017. Disponível em: <<https://www.oficinadanet.com.br/ciencia/19681-o-que-e-a-lei-de-moore>>. Acesso em 20 Jun. 2020.

NOVAES, Marcel; STUDART, Nelson. **Mecânica Quântica Básica**. 1. ed. São Paulo. Editora Livraria da Física. 2016.

NUNEZ, Christina. **How Do Quantum Computers Work?**. Science Alert. Disponível em: <<https://www.sciencealert.com/quantum-computers>>. Acesso em 20 Jun. 2020.

*Quantum Computers Explained – Limits of Human Technology*. Kursgesagt – In a Nutshell. **Youtube**. 8 dez. 2015. 7min16s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=JhHMJCUMq28>>. Acesso em: 21 jun. 2020.

SILVA, Domiciano. **Experimento das duas fendas**. Brasil Escola. Disponível em: < <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/experimento-das-duas-fendas.htm>>. Acesso em 29 Jun. 2020.

SOUSA, Fernando. **Google Sycamore é o supercomputador mais rápido do mundo**. TechTudo. Disponível em: < <https://www.techtudo.com.br/noticias/2019/11/google-sycamore-e-o-supercomputador-mais-rapido-do-mundo-veja-fotos-do-modelo.ghtml>>. Acesso em 29 Jun. 2020.

SUMARES, Gustavo. **Computação quântica: entenda o que é e veja os processadores**. Olhar Digital. Disponível em: < <https://olhardigital.com.br/noticia/computacao-quantica-entenda-o-que-e-e-veja-os-processadores/51722>>. Acesso em 20 Jun. 2020.