



# UM GANSO QUÂNTICO NA GARAGEM!

| Lucas Gigante | Felipe Casarin | Jucelio Quentino |  
Luiz Felipe Richeto | Rafael Calil |

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
<b>ACELERADORES DE PARTÍCULAS..</b>	<b>6</b>
<b>ENERGIA NUCLEAR.....</b>	<b>10</b>
<b>TRANSISTORES.....</b>	<b>13</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>17</b>

# INTRODUÇÃO

Um dia um amigo te encontra na saída da escola e diz para acompanhá-lo até sua casa, afirmando que tem um ganso quântico com olhos laser vivendo em sua garagem. Bom, por que não? A tarefa de física é só para semana que vem você tem a tarde livre hoje. Chegando lá, ele abre o portão e aponta para um canto da garagem, afirmando que o ganso está ali. "Ué, eu posso não ver o ganso, mas o ganso SEMPRE me vê. Se tivesse um ganso aqui, com certeza eu já estaria sem um dedo", você diz para ele. Sua intuição te diz que algo está errado, mas você não copia a tarefa de ciências igual seus amigos e está disposto a ir até o final para encontrar o ganso quântico.

- Bom, esse ganso é do bem, ele não vai te atacar  
- Hm... tá aí algo que eu nunca vi, mas ok. Pode ser um ganso doméstico, mas onde ele está? Não consigo ver.  
-Esse ganso é quântico, já te disse. Ele é invisível.

Nesse momento você se arrepende das suas escolhas e pensa que poderia estar em casa jogando videogame com amigos mais normais, mas você já está lá e sua casa é longe.

- Tá, um ganso quântico doméstico e invisível, mas ele ainda é um ganso. Vamos espalhar um monte de pão no chão e esperar as marcas brancas aparecerem. Só que vamos fazer isso longe daqui, um passarinho já me acertou hoje e não quero ser batizado novamente.  
- Esse ganso é alérgico a glúten, ele não come pão. Além disso, o cocô dele também é invisível.  
- Mas você não disse que ele tem olho a laser? Por que a gente não instala uma câmera e liga o fumacê do seu irmão?

- Poderia até funcionar, mas o laser do ganso não é visível.

- Como que não é visível? É infravermelho? Ultravioleta?

- Mano, tu é muito chato. O ganso tá aqui, ele só é invisível, incorpóreo, imortal, não emite nenhum tipo de som, muito menos luz, mas ele tá aqui e chama Cláudio.

Você passa a tarde toda sugerindo maneiras de detectar Cláudio, o ganso quântico, mas nada funciona. Será mesmo que seu amigo está te dizendo a verdade? Qual a diferença de um Ganso quântico, invisível, intocável, que só ele vê para um pato quântico, invisível, intocável que só outra pessoa vê? Tá, o ganso deveria ser maior e mais violento, mas se os dois não são detectáveis, qual a diferença deles para nada?

Talvez seu amigo seja lunático, talvez só mentiroso, mas e se diversas outras pessoas começassem a reportar gansos quânticos em suas garagens? A coisa mais sensata a se fazer é rejeitar as afirmações até que uma medida possa ser realizada. Ok, você faz isso, mas como você vai dormir de noite? Como você vai explicar pra si o fato de pessoas, aparentemente sensatas e normais, partilharem uma alucinação dessas.

Seja bem-vindo(a) ao complicado mundo das ciências em que se tem que lidar com experimentos desafiadores, desinformação, mentirosos! (PS: tem que fazer tudo isso com 50 centavos, porque não teve repasse de verba para detectar Gansos invisíveis esse ano).



Com o passar do tempo, umas pegadas estranhas aparecem nas garagens, mas nunca quando um cético está presente. Algumas pessoas aparecem com os dedos queimados e dizem que foi o laser, mas existem diversas formas de se queimar o dedo! Bom, o trabalho de cientista não é fácil, mas você gosta.

Descobrir se, de fato, o ganso Cláudio invade garagens é trabalho árduo, talvez impossível. Substitua ganso quântico Cláudio por Deus e entre em discussões metafísicas intermináveis.

É nesse contexto que a revista QUARK - Um Ganso Quântico Na Garagem entra em ação! Talvez nunca encontremos o ganso quântico, mas podemos utilizar o ceticismo e o método científico para tratar de outras questões importantes na nossa sociedade, afinal de contas, gansos invisíveis, indetectáveis e incorpóreos não evitam aquecimento global, não descobrem sub-partículas e muito menos processam dados em um piscar de olhos (boatos dizem que Cláudio sempre foi um ganso das artes, não da matemática). Esse é o trabalho das Usinas Nucleares, dos Aceleradores de Partículas e dos Transistores, que não são gansos indetectáveis, mas são um elefante no meio da sala: ninguém sabe o que ele está fazendo lá ou como ele passou pela porta, mas muita gente tem medo dele ficar maluco e quebrar o vaso da vó.

A vida copia a arte ou a arte copia a vida? Filmes, livros e histórias são uma mistura de realidade e fantasia (às vezes entorpecentes), e elas moldam o jeito de pensar das pessoas: seus medos, seus sonhos, as crenças e ideologias. Até mesmo formas de expressões "ino-fensivas" como os memes servem como disseminadores e formadores de opinião, mesmo que inconscientemente. Tome como exemplo o meme abaixo:



Muito bom, né? Eu também gostei, mas tem muita coisa oculta nele. Por que física nuclear é colocada como o motivo do vazio existencial do Sr. Incrível? A principal forma de expressão dos memes é tirar sarro das coisas, é assim que eles funcionam, e não tem nada de errado nisso. Ainda assim, eles têm uma capacidade inigualável de difundir ideias, e por isso são tão geniais. Eles podem ser usados, também, de forma didática

### Guia dos simpsons para radiação



**Bequerel [Bq]**  
Quanto brilha o Césio



**Gray [Gy]**  
Quanto o Césio faz você brilhar



**Sieverts [Sv]**  
Quanto olhos extras você vai ter depois de brilhar

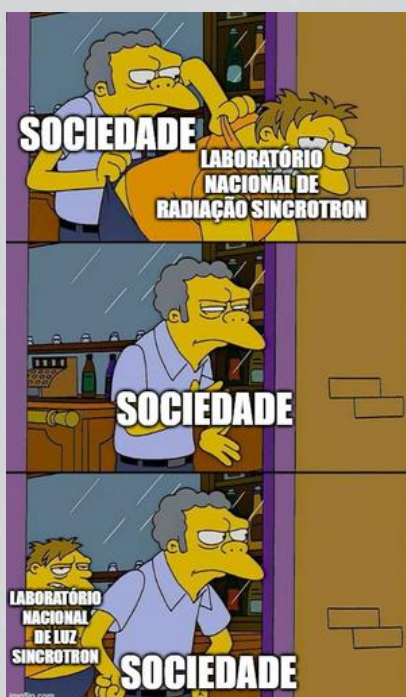
Por sinal, Os Simpsons é outro exemplo de produção cultural de alta qualidade que colabora com a disseminação da desconfiança a respeito da energia nuclear, retratando o Homer como um funcionário incompetente de uma usina e o Sr. Burns, o dono, como um empresário ganancioso, corrupto e com zero preocupação ambiental. Os processos rigorosos, legislação pesada, inspeções frequentes e treinamentos exigentes não produzem humor, então não atraem audiência. Simpsons seria muito chato se o Homer fosse um funcionário exemplar de uma empresa correta. Imagine só que insuportável seria um episódio de quarenta minutos sobre o dia de treinamento de segurança em que tudo ocorre bem.



Mas todo mito nasce por um motivo, o desastre na Usina Nuclear de Chernobyl no final dos anos 80 gerou um movimento cultural contra o uso de energia proveniente de fontes nucleares. Uma rápida pesquisa no Google sobre a tragédia e encontramos centenas de vídeos sobre o caso, além de um filme, uma série e a celebrada mini-série da HBO, que conta com detalhes as sequências de erros técnicos cometidos pelas autoridades responsáveis, as falhas no projeto ultrapassado da usina nuclear e os empecilhos impostos pelo ambiente de degradação política e econômica dos últimos anos de União Soviética.

De fato, foi um evento que moldou o imaginário cultural do mundo inteiro, e que transbordou para outros setores além da energia nuclear, um exemplo disso é a mudança do nome do laboratório brasileiro de luz síncrotron.

Em 1984 foi criado o Laboratório Nacional de Radiação Síncrotron, destinado à realizar os estudos iniciais que iriam preceder a construção do primeiro acelerador de partículas brasileiro, destino a produção de radiação síncrotron, o UVX, porém, em 1986 a instituição teve seu nome alterado para Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, porque a palavra Radiação no antigo nome causava espanto na sociedade.



Entretanto, vivemos em um cenário cada vez mais sério de ameaças climáticas, causadas pelo avanço do efeito estufa na atmosfera da Terra, causado em maior parcela pela emissão de gases gerados na combustão de combustíveis fósseis. A energia nuclear se apresenta como uma forte candidata à ser o componente principal de um novo paradigma sustentável de geração de energia, por não haver a emissão de gases do efeito estufa, muitos podem argumentar que os riscos envolvidos e o lixo nuclear gerado tornam essa ideia inaplicável, esse debate será explorado no segundo texto dessa revista, onde iremos discutir se o horror cultural a energia nuclear se sustenta em evidências e se os riscos são de fatos relevantes quando falamos dos projetos e protocolos modernos envolvidos na operação da tecnologia Nuclear.

Mas antes, em nosso primeiro texto iremos destacar o funcionamento e as aplicações de uma tecnologia que causa curiosidade na maioria das pessoas, mas ninguém ao certo tem ideia do que se trata: aceleradores de partículas.

E para finalizar, o terceiro e último texto se trata de uma coluna sobre transistores e a importância das pesquisas nessa área no avanço da tecnologia, sem os transistores não teríamos computadores, celulares, internet e todo o tipo de tecnologia que depende do uso de chips de processamento.

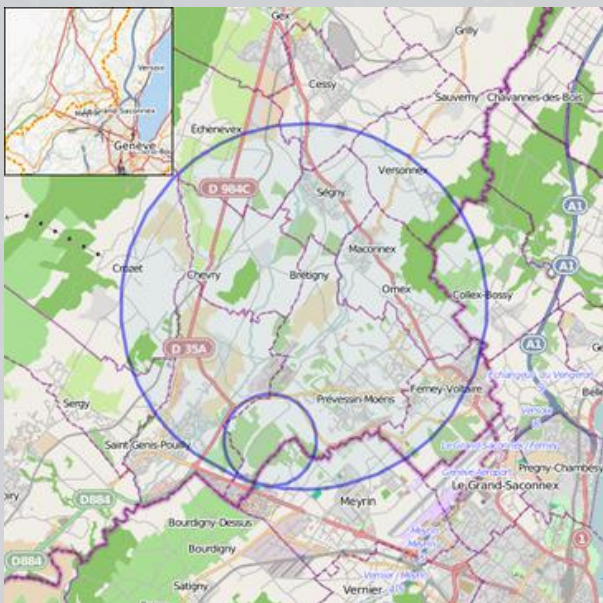
Tudo regado por uma mistura maluca de memes, brisas aleatórias e ciência. Esperamos que aproveitem essa primeira edição, boa leitura!



# ACELERADORES DE PARTICULAS

Qual a primeira coisa que vem à sua mente quando lê as palavras do título desse texto? Muitos, eu suponho, não fazem ideia do que seja. Já alguns, talvez tenham ouvido falar algo sobre mas não possuem nenhum exemplo em mente.

Entretanto, é provável que uma parcela significativa dos leitores tenham pensando imediatamente no LHC, ou mais precisamente, The Large Hadron Collider (O grande colisor de hádrons, em tradução livre), e o nome não é à toa, a máquina em questão, construída e mantida pelo renomado laboratório CERN (Centro Europeu de Pesquisa Nuclear), possui uma estrutura de 27 QUILOMETROS de circunferência (você não leu errado, são 27 km de circunferência, o que seria equivalente a mais de 380 estádios do Maracanã).



Mapa do LHC na fronteira entre a França e a Suíça.

O LHC ficou relativamente famoso fora da bolha científica em meados de 2012, quando experimentos no acelerador conseguiram provar a existência do bóson de Higgs, na época apelidada pela mídia de “a partícula de Deus”, que a grosso modo, nada mais é do que uma partícula subatômica responsável por atribuir massa aos corpos mas completamente irrelevante para o desenrolar do meu e do seu dia-a-dia. A descoberta rendeu o prêmio Nobel de Física a Peter Higgs em 2013, físico teórico que postulou a sua existência e por isso, o bóson leva seu nome.

Entretanto, a construção do LHC levou cerca de 10 anos (de 1998 à 2008) e teve um custo total de aproximadamente 4.75 bilhões de dólares. Você pode questionar: será que vale a pena investir todo esse tempo, dinheiro e esforço de milhares de cientistas na construção de uma máquina para estudar partículas menores que um átomo de hidrogênio, as quais até a pouco vivíamos tranquilamente sem saber da sua existência?

Para responder essa pergunta, vamos voltar um pouco no tempo e contar uma história.

Em 1897, o físico J. J. Thomson, em um experimento brilhante, descobriu a existência dos elétrons, partículas de carga negativa que estão presentes em toda a matéria que nos cerca e são responsáveis, dentre muitos fenômenos físicos, pela existência da energia elétrica. Naquela época, o próprio Thomson desacreditava da relevância prática da sua descoberta, imaginando ser apenas uma peculiaridade teórica dos físicos, o que fica claro em uma de suas possíveis declarações:

“Sobre o elétron: nunca terá utilidade para ninguém!”

- Frase atribuída a J.J. Thomson, citado em Proceedings of the Royal Institution of Great Britain, Volume 35 (1951), p. 251.

Porém, um século depois, a descoberta do elétron permitiu com que pudéssemos manipular todo tipo de tecnologia avançada que envolva eletricidade, desde as antigas TVs de tubo, que utilizavam um canhão de elétrons para criar imagens na tela de vidro, aos smartphones, computadores e qualquer outro dispositivo eletrônico que você possa imaginar.

Retornando à pergunta proposta anteriormente: será que vale a pena investir todo esse tempo, dinheiro e esforço de milhares de cientistas na construção de uma máquina para estudar partículas menores que um átomo de hidrogênio, as quais até a pouco vivíamos tranquilamente sem saber da sua existência?

Bom, a resposta é: não sabemos! Não dá para saber as implicações das descobertas nas áreas fundamentais da física, justamente por se tratarem de temas fundamentais. Vejam o exemplo de Thomson, e o quanto o próprio pesquisador estava errado sobre sua própria pesquisa. Mas uma coisa é certa, quanto mais soubermos, em detalhes, sobre o funcionamento dos mecanismos de ação da natureza, maior será nosso potencial de inovação tecnológica no futuro, os frutos podem ser colhidos daqui a 10 anos, 50 ou depois de séculos.

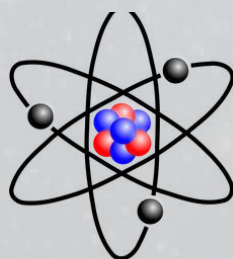
Contudo, o LHC é apenas um pequeno recorte da importância dos aceleradores de partículas na sociedade, pois se trata de um tipo específico de acelerador: anel de armazenamento colisor. Na realidade, existem mais de 30 mil aceleradores de partículas espalhados pelo mundo, de diferentes tipos (aceleradores lineares, ciclotrons, fontes de luz síncrotron, boosters, etc.) e aplicações diversas (medicina, indústria, estudo de materiais, biotecnologia, dentre outros), inclusive, poucos sabem, mas o Brasil possui o maior acelerador de partículas da América Latina, se trata do Sirius, o qual possui um circunferência de

aproximadamente 518 m e é utilizado para a produção de radiação síncrotron, de grande utilidade para pesquisas biológicas e em materiais, falaremos mais dele na última seção.

E para que possamos compreender as diversas importantes aplicações e utilidades dos aceleradores de partículas na sociedade, é importante compreender os princípios básicos de funcionamento dos aceleradores modernos.

### **Como funcionam os aceleradores de partículas e suas aplicações:**

De maneira direta, aceleradores de partículas servem para produzir um intenso feixe de partículas carregadas, dependendo da aplicação, essas partículas podem ser elétrons, prótons ou até mesmo átomos inteiros, mas o que todas essas coisas significam?



**Próton**  
partícula subatômica de carga positiva.

**Elétron**  
partícula subatômica de carga negativa, é considerada a unidade básica de carga elétrica.

**Nêutron**  
partícula subatômica neutra, ou seja, sem carga elétrica.

**Átomo**  
É o "menor pedaço" que a matéria pode ser dividida, sem perder suas características

Toda matéria ao seu redor é composta por átomos, inclusive você, os átomos são a menor parcela da matéria que pode ser dividida sem perder as propriedades químicas. Existem ao todo 118 átomos diferentes, e cada um deles define um elemento químico na tabela periódica. Mas o que diferencia todos esses átomos?

É simplesmente as partículas subatômicas que o constituem. Cada átomo é constituído por um núcleo, composto por prótons e nêutrons, e elétrons que orbitam esse núcleo. Prótons possuem carga elétrica positiva, elétrons possuem carga negativa e nêutrons não possuem carga. Para que o átomo seja eletricamente estável, ele deve possuir o mesmo número de prótons e elétrons.

Já em relação aos aceleradores, existem dois tipos, os aceleradores lineares, que propulsionam o feixe de partículas ao longo de uma linha reta, e os aceleradores circulares, que aceleram as partículas em uma órbita circular. Os principais elementos que constituem os modelos mais modernos de aceleradores estão descritos na figura a seguir:

#### 1 - Fonte de Partículas:

Gera as partículas, como prótons ou elétrons, que serão utilizadas no acelerador.

#### 2 - Câmara de Vácuo

É como chamamos o tubo com vácuo quase perfeito onde as partículas viajam. É importante a ausência de ar ou poeira para que as partículas possam viajar livremente.

#### 3 - Ímãs

Os ímãs geram um campo magnético, conhecido como campo guia, que conduz e focaliza o feixe de partículas.

#### 4 - Cavidades de Rádio Frequência

As cavidades de rádio frequência geram campos elétricos que alternam entre positivo e negativo em uma dada frequência, acelerando as partículas em pacotes.

#### 5 - Alvo

Em aceleradores do tipos colisores, o feixe de partículas pode ser direcionado para um alvo fixo, como um fina folha de metal, ou dois feixes diferentes podem ser colididos um contra o outro.

#### 6 - Detectores

Detectores de colisão captam informações sobre as partículas e a radiação emitida durante a colisão. Entretanto, existem outros diversos tipos de detectores espalhados pelo acelerador que revelam informações sobre a dinâmica do feixe de partículas.



A fonte de partículas introduz o feixe de partículas no acelerador por uma câmara de vácuo, que continua ao longo de todo o acelerador. Esse feixe é mantido na órbita desejada e focalizado através de uma rede de ímãs, que criam uma espécie de **campo magnético guia**. Porém, conforme o feixe viaja ao longo do acelerador circular, como consequência da aceleração centrípeta ele vai perdendo energia na forma de **radiação síncrotron**, para atenuar essa perda e/ou ceder mais energia ao feixe, utiliza-se uma cavidade de rádio frequência, responsável por gerar ondas de rádio a uma dada frequência, que aceleram o feixe em forma de pacotes.

Em aceleradores colisores, como o LHC mencionado na introdução, as partículas são forçadas a realizar colisões de altas energias, com o objetivo de realizar estudos de física de partículas e responder questões fundamentais sobre o universo e o comportamento de partículas subatômicas. Nesses casos, faz-se uso do conceito de alvo, que pode ser um alvo fixo, como um fina folha de algum metal, no qual as partículas se chocam ao atingir uma dada energia, ou o alvo da colisão pode ser também outro feixe de partículas, que está percorrendo o acelerador em sentido oposto. Além disso, nos colisores faz-se o uso de partículas mais pesadas, como prótons ou íons, pois a colisão dessas partículas emitem bem menos radiação síncrotron (o que permite aproveitar melhor a energia que será destinada para gerar a colisão) e trazem mais informações sobre o mundo subatômico.

Já as fontes luz síncrotron, são aceleradores que recolhem a radiação síncrotron emitida durante a trajetória das partículas no anel, por isso, nesses aceleradores faz-se o uso de elétrons, pois essas partículas emitem uma grande quantidade de energia na forma de radiação síncrotron. Essa radiação é utilizada para gerar luz de alto brilho e com uma grande variedade de frequências, que por sua vez, pode ser utilizada para diversos fins, desde o estudo da estrutura da matéria à realização de tratamentos médicos.





## ***Aplicações na Indústria***

As fontes de luz síncrotron permitem a geração de raio-X de alta qualidade, o que possibilita a caracterização a nível molecular de diversos materiais avançados, esse tipo de estudo possibilita a implementação desses materiais em novos produtos da indústria.

Além disso, feixes de elétrons produzidos em aceleradores lineares permitem a modificação das propriedades dos materiais, como a alteração de plásticos, para tratamento de superfície e para destruição de patógenos em esterilização médica e de alimentos.

Já os aceleradores de feixe de íons, que aceleram partículas mais pesadas, encontram amplo uso na indústria de semicondutores na fabricação de chips e no endurecimento de superfícies de materiais como os usados em juntas artificiais.

## ***Aplicações na Medicina***

É nesse ramo que se concentram as aplicações de maior impacto dos aceleradores de partículas. Eles são utilizados majoritariamente para dois fins: a produção de radioisótopos (materiais radioativos utilizados como fonte de radiação em diversos equipamentos hospitalares) e na geração de feixe de elétrons, prótons ou íons para o tratamento de certos tipos de câncer.

Na radioterapia comum, utiliza-se um feixe de radiação ionizante, produzido a partir de radioisótopos, para destruir o câncer, entretanto, quando o câncer está localizado próximo à um órgão vital do corpo humano, como o cérebro, coração ou próstata, o uso da radiação pode causar prejuízos aos tecidos que constituem esses órgãos, o que irá gerar sequelas graves nos pacientes. Sendo assim, está se tornando cada vez mais popular o uso de um feixe de prótons produzido em um acelerador linear para realizar o procedimento, pois o feixe de prótons produzido nesses aceleradores possui maior precisão na aniquilação das células do câncer, evitando que os tecidos adjacentes sejam atingidos.

O método é conhecido como próton-terapia e atualmente existem cerca de 57 aceleradores de prótons espalhados pelo mundo, exclusivamente destinados a esse fim. Há também a possibilidade de reproduzir a ideia utilizando partículas mais pesadas do que os prótons, o que permite resultados ainda mais animadores, como é o caso da terapia por feixe de íons de carbono.

Mas os benefícios do uso de aceleradores na medicina não se resumem somente ao tratamento radioterápico. A radiação de alto brilho emitida por fontes de luz síncrotron, quando operadas em frequências próximas do infravermelho, possibilitam o desenvolvimento de fármacos, caracterização estrutural de proteínas e até mesmo a análise dos mecanismos de evolução de diversos vírus, o que inclusive vem sendo aplicado na pesquisa de medicamentos contra o novo coronavírus.

## ***Outras aplicações***

Pode parecer estranho, mas até mesmo o Louvre possui um acelerador de partículas próprio, em um túnel 15 metros abaixo da pirâmide de vidro do museu mais visitado do mundo, está localizado o Accélérateur Grand Louvre d'analyse élémentaire (AGLAE), que é utilizado por pesquisadores da áreas de arqueologia e museologia para descobrir a composição de artefatos, estimar o período em que foram produzidos e atestar a autenticidade de itens candidatos a entrarem no acervo do museu.

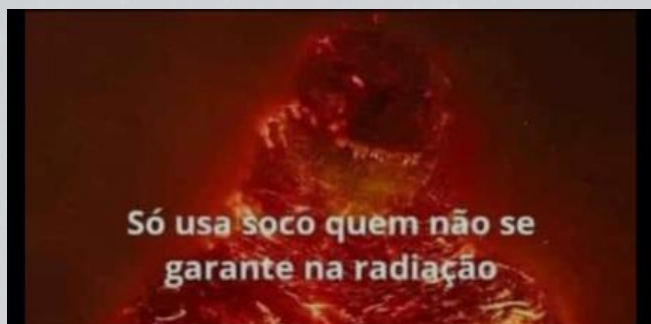
Com esses exemplos, esperamos ter conseguido apresentar a importância dos aceleradores na sociedade atual. Os avanços em pesquisa nas áreas de ciência dos materiais, física de partículas, química, engenharia de alimentos, farmacologia, medicina, dentre outras, dependem em grande parte do desenvolvimento de aceleradores cada vez mais complexos. Essa interdisciplinaridade de aplicações demonstra a importância do investimento contínuo nesse tipo de tecnologia e na formação de profissionais capacitados para operá-los.

# ENERGIA NUCLEAR

Energia nuclear, o que é, afinal? Por que os termos “nuclear” e “atômico” carregam uma conotação tão ruim? Como funciona, de fato, a energia nuclear? Ela é tão perigosa como retratam? São essas perguntas que serão abordadas nesta seção da QUARK - Um ganso quântico na garagem! Vamos responder juntos a essas perguntas e aprender um pouco mais sobre a fonte de energia mais temida e a que mais tem de bom para nos oferecer.

O que te vem à cabeça quando pensa em energia nuclear? Chernobyl, Godzilla, Hirshoshima, Nagazaki e Dark possivelmente são algumas das coisas. As associações feitas são quase sempre negativas, mas por quê?

As cidades japonesas de Hiroshima e Nagazaki foram as primeiras e únicas a sofrerem um ataque nuclear, em 1945, pelos EUA, e esperamos que isso nunca mais aconteça. Foi um acontecimento cruel e desproporcional aos esforços de guerra, e os Estados Unidos nunca responderam por esse absurdo. O ponto principal é que energia nuclear NÃO é a mesma coisa que armas nucleares, e o emprego de uma não implica na utilização da outra.



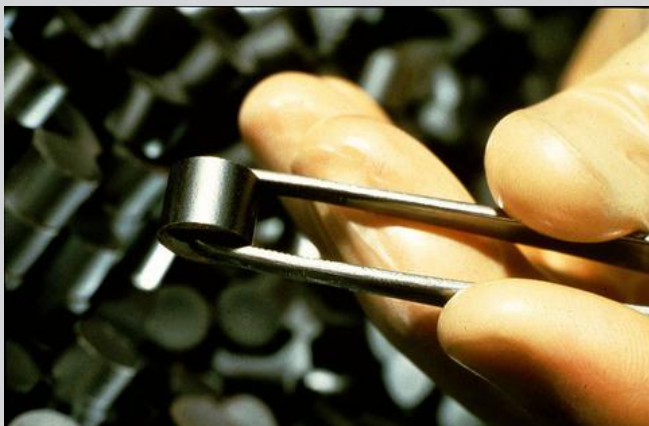
O acidente de Chernobyl aconteceu em 1986, na Ucrânia, e foi o maior do mundo. O importante de notar é que esse desastre não ocorreu por simples ocasião ou destino. O reator empregado lá tinha um erro grave de projeto conhecido pelas autoridades, o teste de segurança, responsável pela explosão do reator, foi feito descumprindo diversos protocolos de segurança para ser finalizado rapidamente e o responsável pela usina, Anatoly Dyatlov, receber uma menção honrosa pelos serviços, apesar da objeção dos funcionários, que foram ameaçados de serem demitidos caso não seguissem as ordens. No fim, o engenheiro ucraniano e sua ganância pavimentaram o caminho para o fim da União Soviética e para a desconfiança do público em relação à energia nuclear que persiste até os dias de hoje.

O uso irresponsável da energia nuclear para a fabricação de armamentos e o acidente de Chernobyl são terrenos férteis perfeitos para o cinema. “Queremos fazer um filme com um lagarto gigante com superpoderes, mas precisamos explicar como ele foi criado... Bombas nucleares, claro! Ninguém entende como elas funcionam e as pessoas têm medo dela, é a escolha lógica a se fazer para justificar o Godzilla”. A Toho Film produziu 32 filmes sobre Godzilla desde 1954. Repare em quantas gerações cresceram assistindo um lagarto radioativo. Isso não é só coisa de cinema antigo não! A série alemã Dark, da Netflix, é sobre um loop temporal causado por um buraco de minhoca localizado embaixo de uma usina nuclear. Os rejeitos radioativos teriam sido os responsáveis por abrir esse portal que trouxe tantos problemas para a cidade. Novamente, não faz o menor sentido, mas eles precisavam justificar a história de algum jeito.

Poderíamos ficar aqui por umas 500 páginas contando sobre filmes e séries que utilizam o termo “nuclear” e “atômico” para justificar superpoderes, mortes, guerras e desastres. Gerações e gerações vêm sendo expostas a esse tipo de conteúdo (não quer dizer que são filmes ou séries ruins. Godzilla é irado, e Dark é muito bem produzida). O cinema é uma ferramenta poderosíssima para a construção do imaginário popular, e pode ser utilizado de forma positiva ou negativa, para instigar patriotismo, revolta, medo, inspiração e construir opiniões. Justificar uma história com “acidente nuclear” e “bomba atômica” é simples para os redatores e muito atraente aos olhos do público, afinal de contas, um lagarto que cospe fogo atômico é o melhor efeito especial que muitas crianças do século XX tiveram a oportunidade de ver, mas é um imensurável desserviço à ciência e ao meio ambiente.

Mas espera, como assim ao meio ambiente? Sim, ao meio ambiente. Para entender melhor isso, vamos entender como um reator nuclear funciona, e aí nenhum filme vai te fazer de besta.

Todos os reatores nucleares da história os dias de hoje funcionam por meio de uma reação nuclear conhecida como FISSÃO, que consiste em quebrar núcleos grandes em pedaços menores, liberando grandes quantidades de energia. O combustível mais comum é o Urânio na forma cerâmica, moldado em pequenos cilindros, conhecidos como pellets.



Cada pellet desses gera energia equivalente a 3 barris de petróleo, 1 tonelada de carvão ou 480 000 litros de gás natural (Rothwell, Jed. (2004). Cold Fusion and the Future). Olha só quanta energia! E sabe a melhor parte? Reatores nucleares não emitem gases do efeito estufa, como o CO<sub>2</sub>.

Você pode responder: “Bom, sabe o que mais não emite gás carbônico? Usinas eólicas e solares. Por que não podemos utilizar somente elas para gerar a energia necessária para abastecer a humanidade? São todas energias limpas e renováveis”.

Sim, é verdade, mas esse raciocínio tem alguns problemas:

- Painéis solares e usinas eólicas produzem pouca energia por unidade, de forma que seria necessário uma quantidade absurda de espaço para abrigar todas.
- O tempo de vida delas não é muito grande e é muito difícil de reciclar os materiais empregados em sua construção, que são metais raros. O volume de lixo seria imenso, assim como a mineração desses metais, que são tóxicos.
- São fontes de energia que dependem do clima do local. Não parece uma boa ideia ficar à mercê do clima em um momento em que a preocupação principal são as suas imprevisíveis mudanças ao redor do mundo todo.
- Elas não geram energia a todo momento (painéis solares precisam de sol, e turbinas eólicas precisam de vento), de forma que é preciso construir estações de geração de energia emergencial (carvão, diesel e gás natural), o que deixaria a energia mais cara e continuaria emitindo gás carbônico



O ideal é uma matriz energética mista e variada, utilizando diversas fontes, como o sol, o vento, a água e o átomo, com uma base robusta, confiável e que não dependa de abastecimento frequente, de clima e que não emita gases do efeito estufa, até porque parece uma má ideia depender da previsibilidade do clima em um contexto como o nosso de mudanças climáticas, não?

Pensou na mesma coisa? Pensou em nuclear?



Mas e a questão da segurança? A energia nuclear é segura o suficiente para ser empregada em larga escala? Vou te responder isso com uma pergunta: já ouviu falar do acidente nuclear francês? Não? Nem eu, porque ele nunca aconteceu, apesar da França gerar 78% da sua energia com reatores nucleares e é um dos países desenvolvidos com a menor emissão de carbono.

Um estudo realizado em 2007 por Marandya & Wilkinson, disponível no “Our World in Data”, classificou as fontes de energia por mortes ocasionadas por TWh de energia (o mundo todo consome, aproximadamente, 24000 TWh de energia anualmente). Essas mortes são desde acidentes quanto poluição do ar.

O carvão seria responsável pela morte de 25 pessoas, o petróleo por 18, a biomassa por 5, o gás natural por 3, nuclear por 0.07, eólica por 0.04, hidrelétrica por 0.02 e solar por 0.02. Muito mais pessoas morrem por conta da poluição atmosférica causada pelos combustíveis fósseis do que por usinas nucleares, mas a situação é análoga aos carros e aviões: pouquíssimas pessoas têm medo de andar de carro e muitas têm medo de voar de avião, apesar do avião ser muito mais seguro e matar muito menos gente. Poucos filmes usam de enredo uma batida de carro, mas pense em quantos se passam após a queda de um avião. Ninguém assistiria filmes sobre caldeiras de carvão explodindo ou sobre a incidência de câncer de pulmão nas grandes cidades.

Assim, fica clara a importância do cinema na criação e manutenção do imaginário popular. A falta de conhecimento sobre um assunto é terreno fértil para colocarem na cabeça da população o que é conveniente e o que dá dinheiro. Países ao redor do mundo se comprometeram a reduzir as emissões de carbono continuamente, mas sem a construção de usinas nucleares, esse processo vai ser mais caro, mais lento e resultará em uma rede energética mais frágil e cara. Está na hora de reconhecer o papel das usinas nucleares e fazer uso delas na descarbonização na matriz energética para um futuro mais limpo e próspero.



**FONTES  
DE ENERGIA  
A BASE  
DE CARBONO**



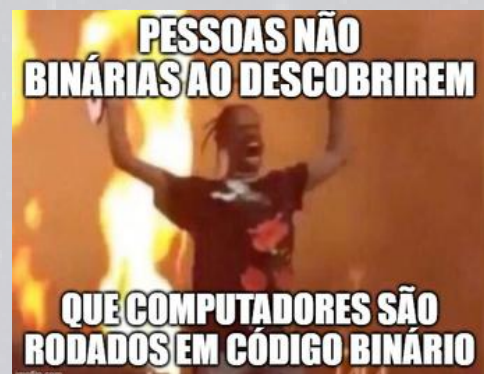
**ENERGIA  
NUCLEAR**

# TRANSISTORES

Quando pensamos em circuitos eletrônicos, nos vem logo à mente aqueles diversos componentes que são fixados à uma placa e que na maioria das vezes não sabemos a função de cada um. Dentre esses componentes temos vários que são de suma importância para o funcionamento do circuito, como os resistores, que podem ter a função e limitar a corrente do circuito, ou dissipar energia térmica através do efeito Joule. Temos também os capacitores, que servem para armazenar cargas elétricas, os jumpers, que são os fios que fazem as conexões entre os componentes e os polos do circuito, e por último mas não menos importante, os transistores, um tipo de componente extremamente importante, que tem diversas aplicações.



Um transistor nada mais é do que um semicondutor, geralmente feito de silício ou germânio, usado para amplificar ou atenuar a corrente elétrica em circuitos eletrônicos. Quando sua função é amplificar o sinal de corrente, geralmente ele é alimentado por uma baixa corrente, e amplifica o sinal da mesma. Um exemplo que podemos tirar dessa função são os microfones, que recebem um sinal de corrente baixo, e, através de uma série de transistores, o sinal é amplificado produzindo uma corrente elétrica muito maior, capaz de acionar os alto falantes. Já quando a função do transistor é a função de chave, ele basicamente liga e desliga a corrente no circuito. Essa função fez dos transistores os componentes básicos de todos os chips eletrônicos. Esses chips funcionam por meio de uma língua bastante simples, o código binário. Os computadores são capazes de traduzir qualquer código em uma extensa sequência formada pelos dígitos 0 e 1. Esses dígitos, 0 e 1, são chamados de bits e são implementados pelos transistores pela seguinte maneira: quando um transistor encontra-se ligado (alta corrente), o computador lê o bit 0, quando ele se encontra desligado (baixa corrente), o computador atribui-lhe o bit 1.



A invenção dos transistores foi algo que se deu de forma muito curiosa e competitiva, pois ele foi desenvolvido em diferentes laboratórios quase que concomitantemente, porém de formas completamente independentes. De 17 de novembro de 1947 a 23 de dezembro de 1947, John Bardeen e Walter Brattain da Bell Labs da AT&T em Murray Hill, Nova Jersey, nos Estados Unidos, realizaram experimentos e observaram que, quando dois pontos de ouro eram aplicados a um cristal de germânio, um sinal era produzido com a potência de saída maior que a entrada. O líder do Grupo de Física do Estado Sólido, William Shockley, viu o potencial nisso, e nos meses seguintes trabalhou para ampliar o conhecimento sobre semicondutores.

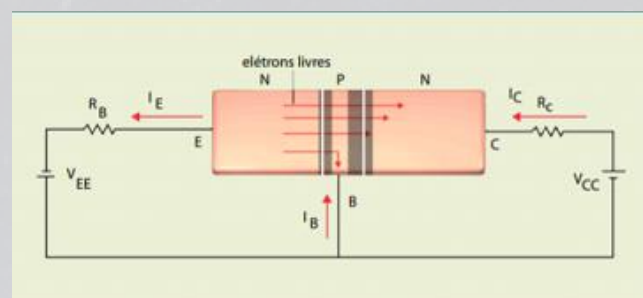
O termo transistor foi cunhado por John R. Pierce como uma contração do termo trans resistência. Em 1948, o transistor de ponto de contato foi inventado pelos físicos alemães Herbert Mataré e Heinrich Welker enquanto trabalhavam na Compagnie des Freins et Signaux. Mataré tinha experiência anterior no desenvolvimento de retificadores de cristal de silício e germânio, no esforço de radar alemão durante a Segunda Guerra Mundial. Usando esse conhecimento, ele começou a pesquisar o fenômeno da "interferência" em 1947. Em junho de 1948, testemunhando correntes fluindo através de pontos de contato, Mataré produziu resultados consistentes usando amostras de germânio produzidas por Welker, semelhante ao que Bardeen e Brattain haviam realizado antes, em dezembro de 1947. Percebendo que os cientistas da Bell Labs já haviam inventado o transistor antes deles, a empresa se apressou em colocar seu "transistron" em produção para uso amplificado na rede de telefonia da França.

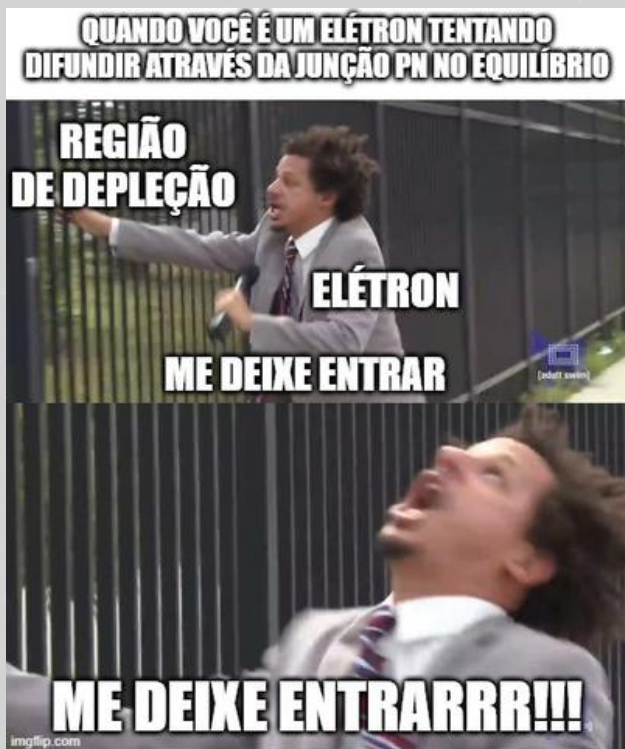


Modelo do primeiro transistor da história!

Existem dois tipos básicos de transistores de acordo com o tipo de dopagem de cada terminal (base, coletor e emissor), NPN e PNP. Para entender como o transistor funciona iremos considerar uma situação em que as duas junções foram polarizadas diretamente, assim as correntes que circulam serão altas (da ordem de mA). Se as duas junções estiverem polarizadas reversamente, todas as correntes serão praticamente nulas. No entanto, se a junção da base com o emissor for polarizada diretamente e a outra junção polarizada reversamente, também as correntes de coletor e emissor serão altas, aproximadamente de mesmo valor. Como se explica isso? Em polarização normal (como amplificador), a junção base-emissor é polarizada diretamente e a junção base-coletor reversamente.

Na configuração ilustrada a seguir, como a junção base-emissor está polarizada diretamente, os elétrons são emitidos no emissor (que possui alta dopagem), isto é, passa a existir uma corrente (de elétrons) indo do emissor para a base. Os elétrons atingem a base e, por ela ser muito fina e pouco dopada, quase todos atingem a região de carga espacial da junção base-coletor, onde são acelerados pelo campo elétrico e direcionados para o coletor. Dos elétrons emitidos no emissor, apenas pequena parcela consegue se recombinar com as lacunas da base, formando a corrente de base; o restante atinge a junção do coletor. Observe que externamente o sentido indicado é o convencional para as três correntes: de base ( $I_B$ ), de coletor ( $I_C$ ) e de emissor ( $I_E$ ).





Ok ... esse meme foi muito específico, tá tudo bem?



Voltando ao assunto, como já foi dito, o transistor é um componente eletrônico extremamente importante nos dias atuais, pelo fato de estar aplicado em diversos campos da tecnologia.

Onde o transistor se mostra mais presente é na composição de processadores de computadores, graças à sua capacidade de emular os bits por meio do aumento ou queda de tensão, de forma rápida e precisa. Além da computação comum os transistores são responsáveis por tornar a computação quântica possível.

Este ramo da informática está baseado nos princípios da superposição da matéria e no entrelaçamento quântico para desenvolver uma computação diferente à tradicional. Em teoria, seria capaz de armazenar muitíssimos mais estados por unidade de informação e operar com algoritmos muito mais eficientes a nível numérico. Esta nova geração de supercomputadores aproveita o conhecimento da mecânica quântica para superar as limitações da informática clássica. Apesar da computação quântica apresentar na prática problemas evidentes de escalabilidade e coerência, permite realizar inúmeras operações simultâneas, o que pode ser de grande ajuda em diversos processos.



A função dos transistores nesses computadores quânticos é funcionar como um qubit, que é uma unidade básica de informação assim como os bits, porém eles podem ser zero e um ao mesmo tempo, ao contrário dos bits que assumem apenas um valor de zero ou um. A multiplicidade de estados possibilita que um computador quântico de apenas 30 qubits, por exemplo, possa realizar 10 trilhões de operações por segundo.

COMPUTADOR QUÂNTICO



Realizo 10 trilhões de operações em um segundo

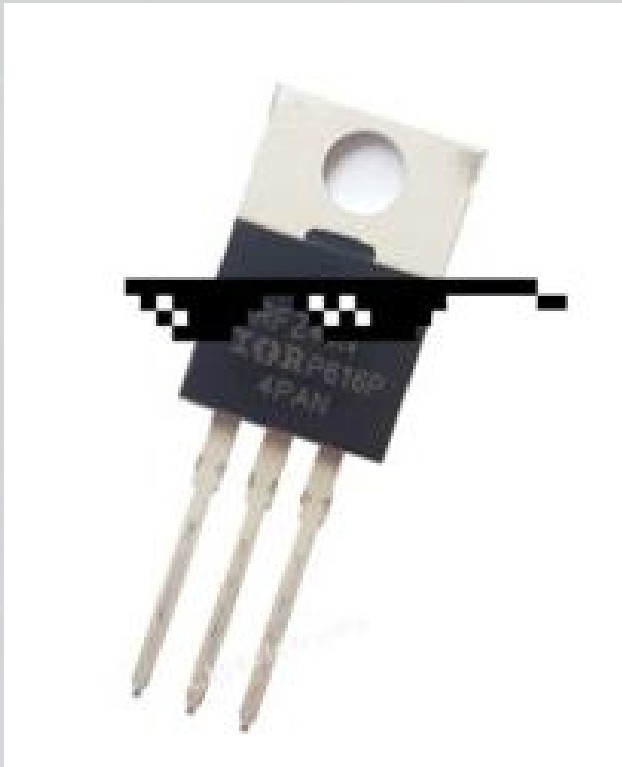
imgflip.com

COMPUTADOR CASUAL



Se eu abrir 10 abas do Chrome eu travo

Além de computadores, os transistores estão presentes em diversos outros aparelhos eletrônicos. Eles estão presentes em praticamente todos os circuitos integrados, e esses circuitos fazem parte de aparelhos eletrodomésticos, celulares, e as mais diversas máquinas.



BÔNUS: esquemático ilustrativo de como funciona um transistor





# Referências

## ACELERADORES DE PARTÍCULAS

**“WHY IS THE ‘GOD PARTICLE’ SUCH A BIG DEAL?”**

[HTTPS://WWW.BUSINESSINSIDER.COM/WHY-IS-THE-GOD-PARTICLE-SUCH-A-BIG-DEAL-2012-7](https://www.businessinsider.com/why-is-the-god-particle-such-a-big-deal-2012-7) (ACESSADO NOV. 08, 2021).

A. KNAPP, **“HOW MUCH DOES IT COST TO FIND A HIGGS BOSON?”**, FORBES. [HTTPS://WWW.FORBES.COM/SITES/ALEXKNAPP/2012/07/05/HOW-MUCH-DOES-IT-COST-TO-FIND-A-HIGGS-BOSON/](https://www.forbes.com/sites/alexknapp/2012/07/05/how-much-does-it-cost-to-find-a-higgs-boson/) (ACESSADO NOV. 08, 2021).

**“J. J. THOMSON 1897”**. ACESSADO: NOV. 08, 2021. [ONLINE]. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WEB.LEMOYNE.EDU/~GIUNTA/THOMSON1897.HTML](https://web.lemoyne.edu/~giunta/thomson1897.html) **“HOW PARTICLE ACCELERATORS WORK”**, ENERGY.GOV. [HTTPS://WWW.ENERGY.GOV/ARTICLES/HOW-PARTICLE-ACCELERATORS-WORK](https://www.energy.gov/articles/how-particle-accelerators-work) (ACESSADO NOV. 20, 2021).

**“PROTON CENTERS AROUND THE WORLD”**.

[HTTPS://PROTHERAPY.RU/PAGE/VIEW?ID=4](https://protherapy.ru/page/view?id=4) (ACESSADO NOV. 20, 2021).

T. D. MALOUFF, A. MAHAJAN, S. KRISHNAN, C. BELTRAN, D. S. SENEVIRATNE, E D. M. TRIFILETTI, **“CARBON ION THERAPY: A MODERN REVIEW OF AN EMERGING TECHNOLOGY”**, FRONT. ONCOL., VOL. 10, P. 82, 2020, DOI: 10.3389/FONC.2020.00082.

G. D. NOSKE ET AL., **“A CRYSTALLOGRAPHIC SNAPSHOT OF SARS-COV-2 MAIN PROTEASE MATURATION PROCESS”**, J. MOL. BIOL., VOL. 433, NO 18, P. 167118, SET. 2021, DOI: 10.1016/J.JMB.2021.167118.

G. R. JR & K. TUTTLE, **“THE ACCELERATOR IN THE LOUVRE”**, SYMMETRY MAGAZINE.

[HTTPS://WWW.SYMMETRYMAGAZINE.ORG/ARTICLE/MAY-2015/THE-ACCELERATOR-IN-THE-LOUVRE](https://www.symmetrymagazine.org/article/may-2015/the-accelerator-in-the-louvre) (ACESSADO NOV. 20, 2021)

## **ENERGIA NUCLEAR**

**JAGANMOHAN, MADHUMITHA - GLOBAL MORTALITY RATE BY ENERGY SOURCE 2012. DISPONÍVEL EM:**

**[HTTPS://WWW.STATISTA.COM/STATISTICS/494425/DEATH-RATE-WORLDWIDE-BY-ENERGY-SOURCE/](https://www.statista.com/statistics/494425/death-rate-worldwide-by-energy-source/)**

**REVISTA CONEXÃO NUCLEAR - ABDAN - ANO 02 Nº 7 - MATÉRIA MEDO INFUNDADO**

**AURÉLIENPORTELLI, CHRISTOPHE MARTIN, FRANCK GUARNIERI. THE REPRESENTATION OF NUCLEAR POWER IN CINEMA:THE CONTRIBUTION OF A FILMIC ANALYSIS TO UNDERSTANDING THE PUBLIC DEBATE. 24TH EUROPEAN SAFETYAND RELIABILITY CONFERENCE - ESREL 2014, SEP 2014, WROCLAW, POLAND**

**NUCLEAR POWER IN A CLEAN ENERGY SYSTEM - FUEL REPORT - MAIO DE 2019 - IEA**

## TRANSISTORES

FERNANDO TEIXEIRA PINTO, LUIZ. **ELETRÔNICA: ELETRÔNICA ANÁLOGA VOL.2**. SÃO PAULO: FUNDAÇÃO PADRE ANCHIETA, 2011.

I. CORPORATIVA, “**A COMPUTAÇÃO QUÂNTICA E OS SUPERCOMPUTADORES QUE REVOLUCIONARÃO A TECNOLOGIA**”, *IBERDROLA*. [HTTPS://WWW.IBERDROLA.COM/INOVACAO/O-QUE-E-COMPUTACAO-QUANTICA](https://www.iberdrola.com/inovacao/o-que-e-computacao-quantica) (ACESSADO NOV. 22, 2021).

S. I. TECNOLÓGICA, “**TRANSÍSTOR USADO COMO QUBIT DEIXA COMPUTADOR QUÂNTICO MAIS PRÓXIMO DA REALIDADE**”, *SITE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA*, DEZ. 29, 2020.  
[HTTPS://WWW.INOVACAOTECHNOLOGICA.COM.BR/NOTICIAS/NOTICIA.PHP?ARTIGO=TRANSISTOR-USADO-COMO-QUBIT&ID=010110201229](https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=transistor-usado-como-qubit&id=010110201229) (ACESSADO NOV. 22, 2021).

“**TRANSISTOR: O QUE É, FUNÇÃO, ONDE É USADO, ORIGEM - BRASIL ESCOLA**”. [HTTPS://BRASILESCOLA.UOL.COM.BR/FISICA/TRANSISTOR.HTM](https://brasilecola.uol.com.br/fisica/transistor.htm) (ACESSADO NOV. 22, 2021).