



SENSORES QUÂNTICOS

Uma Revolução nos Assuntos Militares para as Operações Navais?

FOTO: www.defenceiq.com / U.S. Navy

Capitão de Mar e Guerra CARLOS **UENDEL** DE SOUZA VITURIANO

Comandante - CASOP
Aperfeiçoado em Armamento

INTRODUÇÃO

Novas tecnologias surgem em todas as áreas das atividades humanas. A quarta revolução industrial é promissora; vislumbra-se uma revolução nas formas de trabalho, com a extinção de determinadas atividades profissionais e com o surgimento de outras em substituição. A discussão sobre o emprego dessas novas tecnologias nas atividades militares é recorrente. Christian Bose, em seu artigo “*The New Revolution in Military Affairs: War’s Sci-Fi Future*”, defende que ocorrerá uma nova Revolução nos Assuntos Militares (RAM), baseada nessas novas tecnologias. Críticos apontam que a única RAM ocorrida na história, decorrente de novas tecnologias,

foi causada pelo advento dos armamentos nucleares, pois, em essência, as demais não alteraram a natureza da Guerra. Outros relembram que o advento de novas tecnologias possibilita o desenvolvimento de novas capacidades e ferramentas, e também, o decorrente desenvolvimento de contramedidas para contrapor-se às primeiras.

Ocorre que uma nova forma de emprego das chamadas tecnologias quânticas poderá ser imune a contramedidas: O Sensor Quântico. Tal ferramenta é decorrente do que se chama: *Segunda Revolução Quântica*, e poderá caracterizar uma “ruptura” na condução e planejamento de Operações Navais.

A SEGUNDA REVOLUÇÃO QUÂNTICA

Segundo o Professor Doutor Luiz Davidovich, presidente da Associação Brasileira de Ciências, a primeira revolução quântica remonta aos idos do início do século XX, quando físicos, como Planck e Einstein, fizeram os primeiros experimentos com a luz e concluíram sobre a existência dos fótons. Outros teóricos, como Heisenberg e Schrodinger, desenvolveram o modelo de "onda quântica" ou "função de onda", nos anos 1920-30, o que constituiu efetivamente a primeira Revolução Quântica, pois formou a base teórica para os primeiros empregos práticos, tais como os transistores, o relógio atômico e o raio laser.

De uma maneira extremamente simplista, a segunda revolução quântica está associada à descoberta de como fazer esses fótons ocuparem dois lugares no espaço simultaneamente, de forma "probabilística" ou em outros termos, a descoberta de como controlar sistemas quânticos individuais. Tal descoberta foi vislumbrada empregando a teoria dos "Estados emaranhados de fótons", das "Armadilhas de Íons" e da "Eletrodinâmica Quântica em Cavidade"¹. Tais novidades puderam ser comprovadas no final do século XX, com o desenvolvimento de ferramentas a laser em laboratório.

Nos últimos anos, a pesquisa nesta área ganhou relevância e investimento, buscando-se alcançar aplicações práticas de tais descobertas. Assim, podemos enumerar os seguintes desenvolvimentos:

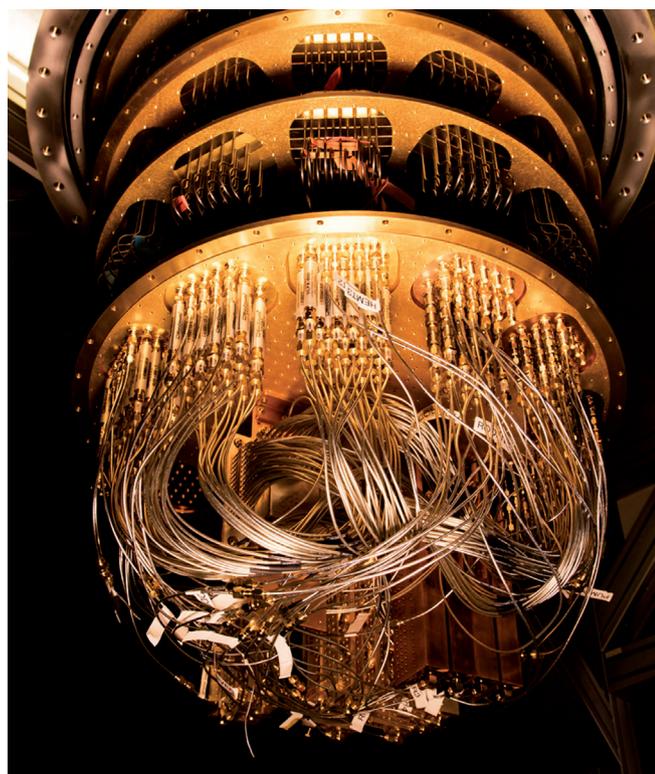


FOTO: www.technologyreview.com

- O Computador Quântico – Primeiro protótipo lançado pela empresa *Google*, no ano de 2018. É capaz de processar determinada tarefa dez mil vezes mais rápido que um computador com tecnologia convencional, empregando os "qubits" – bits que possuem informação variando entre zero e um, e não apenas "zero" ou "um", possibilitando o armazenamento de informação de forma exponencial. Facilitará a solução de problemas de fatoração, busca por dados e fusão de dados (*Big Data*), além de possibilitar quebrar a cifra dos atuais sistemas criptográficos.
- Satélite de Comunicações Quânticas – Protótipo lançado em 2016 pela China, o *Micius*, visa à comunicação com emprego de tecnologia quântica, em substituição à fibra óptica, com menores perdas e maior confiabilidade. Foi bem sucedido em testes realizados em 2017.
- Criptografia Quântica – Encontra-se em desenvolvimento um software de criptografia baseado na tecnologia quântica, pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST), agência do governo estadunidense. A empresa suíça ID Quantique desenvolveu este tipo de software, alegando ser imune à decifragem e o disponibilizou comercialmente.
- Sensores Quânticos – São capazes de detectar pequenas variações gravitacionais, eletromagnéticas e magnéticas. Destaca-se o desenvolvimento do detector LIGO (*Laser Interferometer for Gravitational Waves Observatory*), que foi capaz de detectar uma onda gravitacional pela primeira vez em 2018. Os primeiros sensores quânticos de uso comercial são capazes de localizar e/ou medir determinados objetos ou substâncias com elevada precisão. O Canadá desenvolveu sensores quânticos capazes de efetuar a localização de campos petrolíferos.

Mais especificamente para aplicação radar, estão sendo pesquisados os chamados Sensores "Optomecânicos", capazes de detectar luz e movimento. No momento, o desenvolvimento de tais sensores para detecção de superfícies de grande massa apresenta desafios técnicos relativos à carga térmica dos materiais empregados, sendo necessário desenvolver materiais de menor absorção térmica que os existentes. Ademais, é necessário desenvolver protocolos de pulsos, combinados com o emprego de luzes quânticamente reduzidas, além do desafio de efetuar o processamento dos sinais recebidos, extremamente sensíveis, dentre outras dificuldades técnicas. Um ponto abordado no "European QT Roadmap 2016" diz respeito ao desenvolvimento de sensores quânticos híbridos, capazes de empregar interfaces quânticas ótimas para permitir a transdução dos sinais em todo o espectro eletromagnético.

Já foram desenvolvidos sensores de pressão “Optomecânicos” que estão disponíveis comercialmente. A empresa britânica “M Squared”, em parceria com o Imperial College, desenvolveu uma série de sensores quânticos, destacando-se um acelerômetro quântico que é capaz de substituir o GPS.

Finalmente, a empresa chinesa “China Electronics Technology Group Corporation” (CETC) anunciou o desenvolvimento de um radar quântico experimental em 2018. Segundo a empresa, este radar seria capaz de detectar contatos com baixa assinatura radar imperceptíveis com a tecnologia existente. No entanto, não foi divulgado nenhum conteúdo técnico sobre o desenvolvimento do mesmo, o que deixa margem para questionamentos sobre sua realidade.

Em relação ao ambiente submarino, a empresa Suíça ID Quantique, pioneira no desenvolvimento de sensores quânticos, emprega módulos contadores de fótons, chamados de *superconducting nanowire single-photon detectors* (SNSPD), apresenta boas perspectivas para ampliar a capacidade de imageamento submarino em ambientes turvos e de pouca iluminação, vislumbrando-se, inclusive, a sua possível aplicação como um sensor, também chamado de LiDAR (Light Detection and Ranging). Hoje, tais sensores são empregados para detecção de vazamento de gases e óleo em tubos submarinos, empregando detectores de fótons infravermelhos.

Similares ao LiDAR, são empregados militarmente os *Laser Rangefinders*, como é o exemplo da *Laser Transceiver Unit* (LTU) da Alça Optrônica EOS 400-B, que equipam as Fragatas Classe Niterói, cujo alcance ainda é bastante restrito, mas que futuramente operando associada aos SNSPD, poderá incrementar expressivamente o alcance dos *Laser Rangefinders*.

Cientistas da Academia Nacional de Ciências Chinesas anunciaram, em 2017, o desenvolvimento de um detector quântico submarino, chamado de SQUID (*Superconducting Quantum Interference Device*), que seria um array de sensores quânticos com capacidade de detectar um submarino a uma distância de até 6.000 jardas através de medidas de desvio de campo magnético.

Por fim, sensores de gravidade, que empregam a tecnologia do detector LIGO, foram miniaturizados e estão sendo utilizados para a detecção de reservas petrolíferas. Tal detecção é possível em função das diferenças de densidade, que causam desvios gravitacionais nos fótons emitidos pelos sensores. Especula-se que essa mesma tecnologia possa ser empregada futuramente para detecção radar e sonar.

É fato que os sensores quânticos trouxeram outra dimensão nas escalas das sensibilidades, atingindo o universo subatômico. Capazes de ultrapassar os limites atuais das

medições de grandezas físicas, os sensores quânticos proporcionam elevados níveis de sensibilidade, resolução e precisão atribuindo grande confiabilidade às aplicações de engenharia, representando um obstáculo teórico intransponível a possíveis contramedidas. Assim, será possível medir todo tipo e grandeza de energia. A partir do momento em que for possível separar ruídos decorrentes de outras origens, e seja possível a sua identificação, nada permitirá que um determinado alvo se esconda.

DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA QUÂNTICA: RADARES E SONARES QUÂNTICOS, SONHO OU REALIDADE?

Pode-se vislumbrar como grande dificuldade para desenvolver radares quânticos, capacitá-los ao emprego como radares de busca e detecção de contatos, conquanto o seu emprego de forma similar aos radares de Direção de Tiro seja uma realidade, embora ainda limitada. Este autor considera três linhas de ação hipotéticas para o desenvolvimento de Radares de Busca Quânticos: O Emprego de detecção de ondas gravitacionais provenientes do deslocamento do ar e do deslocamento da água do mar; o emprego de sensores optomecânicos; e por fim o emprego do LiDAR para se fazer a busca de imagens, o qual, se conclui, demandará um extensa busca a um banco de dados de imagens, e necessitará de reconhecimento instantâneo que, associado ao *Big Data* e à computação quântica, poderá se tornar uma realidade.

Avalia-se que o desenvolvimento de sensores optomecânicos esteja mais avançado. O “*European QT Roadmap 2016*” apontava tal desenvolvimento como um objetivo de médio prazo, entre 05 a 10 anos. O Professor Doutor Seth Lyod do MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts), afirma que, em uma perspectiva realista, é possível o desenvolvimento do primeiro protótipo de Radar Quântico neste mesmo período. Durante as pesquisas realizadas para este artigo, não foram encontradas perspectivas para as demais linhas de ação mencionadas e não se sabe qual linha de ação teria sido adotada para o alegado radar quântico chinês experimental.

Acerca de sonares quânticos, especula-se que existam duas linhas de ação: Emprego de detecção de ondas gravitacionais proveniente do deslocamento submerso da água do mar; e o emprego de sensores LiDAR associado aos módulos SNSPDs, o qual a própria empresa ID Quantique aponta como possível solução, declarando, de maneira aberta, que está em busca de parcerias no Setor de Defesa Militar. A solução chinesa anunciada não seria um sonar quântico, mas apenas um sensor auxiliar, como um Medidor de Anomalias Magnéticas (MAD) aerotransportado e com maior alcance.

Não há informações disponíveis sobre possíveis pesquisas e/ou desenvolvimentos realizados pela Indústria de Defe-

sa dos EUA, China, ou ainda outros países para o desenvolvimento de sonares quânticos. Sabe-se que o investimento em tecnologia quântica como um todo é muito alto. Segundo a revista *"The Economist"*, no ano de 2015, a estimativa anual de gastos em desenvolvimento de tecnologias quânticas ostensivas públicas e privadas era, em euros, de 360 milhões nos EUA, 220 milhões na China e 550 milhões na União Europeia, num total mundial de 1 bilhão e 500 milhões.

Os EUA aprovaram, no ano de 2018, o *"National Quantum Initiative Action"*, que prevê um fundo total de 1,2 bilhão de dólares no período de 2019 a 2023. Dentre as atividades desta iniciativa, está prevista a pesquisa na área de sensores e detecção quânticos. Buscando mais detalhes sobre o programa estadunidense acerca de sensores quânticos, foi verificado que a empresa *Lockheed Martin* e que a *US Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)* já possuem projetos de desenvolvimento de Radar Quântico.

A Comunidade Europeia lançou o *"The European Flagship Quantum Initiative"*, em 2016, e anunciou um investimento de 1 bilhão de euros em um período de dez anos.

A China investiu 987 milhões de dólares no período 2009-2019. No momento, está investindo alto, bilhões de dólares segundo algumas fontes, na construção de um Laboratório Nacional de Tecnologia da Informação Quântica. Curiosamente, o programa de desenvolvimento da tecnologia quântica chinesa não citava o desenvolvimento de sensores quânticos, em que pese a alegação de possuírem um radar quântico experimental. No entanto, foi publicado um artigo a respeito de Radares Quânticos pela Sociedade de Física da China, em 2014, o que pode ser um indício de que o suposto desenvolvimento seja uma realidade.

O Japão lançou, em 2018, a iniciativa chamada *"Q-LE-AP"*, que prevê o desembolso de 200 milhões de dólares em dez anos, cujo segundo pilar é o desenvolvimento de sensores quânticos.

O Canadá possui histórico de grande investimento na área, tendo investido, no período de 2009-2019, mais de 1 bilhão de dólares, destacando-se que a agência governamental *"Defence Research and Development Canada"* (DRDC) está desenvolvendo tecnologia de sensores quânticos para potenciais aplicações militares, e, em particular, a Universidade de Waterloo possui projeto de desenvolvimento de Radar Quântico que visa ao desenvolvimento de um Radar de Defesa Aeroespacial para a região Ártica.

O Brasil criou o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Informação Quântica, que não abarca o desenvolvimento de sensores quânticos, no entanto, segundo o professor Doutor Luiz Davidovich, existem pesquisas em andamento

neste sentido no Instituto de Física da UFRJ, visando ao emprego na prospecção de petróleo.

Por fim, é interessante acompanhar qual será o impacto financeiro nos investimentos dos diversos países, decorrente da atual pandemia do coronavírus (COVID-19), certamente ocorrerá um atraso nos desenvolvimentos em andamento.

SENSORES QUÂNTICOS E AS IMPLICAÇÕES PARA AS OPERAÇÕES NAVAIS

Considerando-se a premissa de desenvolvimento de Sensores Quânticos que possam ser empregados como os atuais radares de busca e detecção, além dos atuais sonares de busca passiva e sonares ativos, e que operariam sem contramedidas, segue uma sucinta análise tática hipotética, à luz da Doutrina Militar Naval, aplicada às Operações Navais, que afetará as três dimensões da Guerra Naval.

Iniciamos analisando a Operação Antissubmarino (A/S) e as Ações de Submarinos, onde se vislumbra que ocorrerão grandes impactos: O emprego de sonares quânticos, nos meios de superfície, poderá solucionar uma grande dificuldade resultante da refração da onda sonora, em função da variação de salinidade, temperatura e pressão, significando, na prática, a possibilidade de detecção de contatos abaixo da Profundidade de Camada (PC). Em tese, as características ultrassilenciosas perseguidas pelos submarinos mais modernos, como o Submarino Nuclear de Ataque *"South Dakota"* da Marinha estadunidense, se tornarão irrelevantes com o advento de sonares quânticos; assim as vantagens advindas do poder de ocultação dos submarinos serão anuladas.



FOTO: Steve Trimble @TheDEWLine

Considerando-se que a eficácia das operações A/S caracteriza-se por depender fundamentalmente dos meios de detecção e localização e da capacidade de atacar com rapidez, vislumbra-se que a velocidade dos meios e do emprego dos armamentos A/S tornar-se-ão fundamentais. Ademais, conclui-se que o emprego de “zig-zags” e de outros procedimentos antitorpédicos tornar-se-ão inúteis com o emprego de armamento submarino com sensores quânticos.

Finalmente, o desenvolvimento de um MAD Quântico, pode ser útil para a busca de submarinos em áreas marítimas restritas e em Operações A/S aproximadas, e não apenas para confirmar um contato submarino, como empregado na doutrina vigente, sendo vantajosa por ser empregada por aeronaves em função de sua alta velocidade, se comparada aos meios de superfície e submarinos. Conclui-se que poderá ocorrer uma RAM nestas operações específicas, que terão implicações em outros tipos de Operações Navais, tais como as Operações Anfíbias, de Ataque, Especiais, de Minagem e Contramedidas de Minagem, de Esclarecimento e de Defesa do Tráfego Marítimo.

Outra área mais específica das Operações Navais a se analisar refere-se às Ações de Defesa Aeroespacial, às Ações Aeronavais e às Ações Aéreas. Neste ambiente, considerando-se a Defesa Aeroespacial Ativa, somente se vislumbra mudanças resultantes da anulação das Medidas de Ataque Eletrônico (MAE), no restante conclui-se que não ocorrerá alterações. O que ocorre concretamente é o desenvolvimento de Radares Quânticos para emprego na Defesa Aeroespacial, para se contrapor à evolução da tecnologia *Stealth* de aeronaves de ataque, o que constitui apenas uma contramedida.

Considerando o terceiro ambiente de Guerra Naval, as Ações de Superfície, também se avalia que ocorrerá apenas o desenvolvimento de uma contramedida, eliminando-se a possibilidade de emprego de MAE, tornando-se desnecessário o emprego de Medidas de Proteção Eletrônica (MPE).

Após realizar uma análise no ambiente tridimensional da Guerra Naval, se vislumbra que as Operações de Ataque serão bastante dificultadas, da mesma forma que as Operações Anfíbias, que naturalmente são de difícil execução. Nestas Operações, ocorrerá evolução tecnológica tanto dos atacantes, quanto dos defensores, ganhando fundamental importância às Ações de Despistamento. Assim, pode-se concluir que, nestas Operações, não ocorrerá efetivamente uma RAM, mesmo considerando-se a inexistência de contramedidas aos sensores Quânticos.

Finalmente, avalia-se preliminarmente que as Ações de Guerra Eletrônica (AGE), da mesma forma que a Guerra Acústica, possam se tornar obsoletas com o advento de sensores quânticos, restando ainda estudar se será possível de-

envolver tecnologia para detectar a irradiação dos fótons no ambiente eletromagnético, tornando possível uma detecção MAGE, da mesma forma que o estudo da possibilidade de desenvolvimento de contramedidas aos sensores quânticos. Caso isso seja possível, o que não faz parte da premissa dessa análise, vislumbramos o advento de Ações de Guerra Quântica, como substituto às AGE, não caracterizando uma RAM. As Ações de Guerra Quântica à semelhança das AGE visarão explorar as emissões do oponente em todo o espectro eletromagnético, entretanto também explorarão as emissões acústicas e gravitacionais.

CONCLUSÃO

A segunda Revolução Quântica é uma realidade, embora a pandemia do COVID-19 implique em incomensurável impacto econômico que retardará indubitavelmente o seu desenvolvimento. Novos sensores quânticos surgirão no futuro e as evidências apresentam o Radar Quântico como realidade. No entanto, o desenvolvimento de um sonar quântico nos parece algo muito incipiente e ainda no campo das ideias. Este último sensor significaria uma ruptura na forma como são planejadas e conduzidas as Operações A/S e as Ações de submarinos no nível tático, podendo ter implicações nos demais níveis de condução da Guerra.

Concluimos, em uma análise preliminar, que o advento dos radares e sonares quânticos, em que pese acarretar significativa alteração da Doutrina Militar Naval, não se tornarão necessariamente uma RAM, do ponto de vista das Operações Navais, sendo necessários estudos mais detalhados sobre possíveis impactos de tais sensores no planejamento e condução destas Operações nos níveis Operacional e Estratégico.

Finalmente, é relevante acompanhar de perto as evoluções tecnológicas de sensores quânticos, particularmente os associados à Operação A/S e às Ações de Submarinos, como é o caso do detector SQUID chinês.

Nota:

1 - Não abordaremos tais conceitos aqui em função da sua grande complexidade e por fugir ao escopo do presente artigo. Mais informações poderão ser obtidas no vídeo do colóquio realizado pelo professor Luiz Davidovich, presidente da Associação Brasileira de Ciências, no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas e disponibilizado no endereço eletrônico daquele Centro.

Referências:

- ACÍN, Antonio et al. The Quantum technology roadmap: an European Community view, *New Journal of Physics*, 2018. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/aad1ea/pdf>. Acesso em: 03 maio 2020.
- BRASILEIROS captam luz e movimento com sensores optomecânicos. *Inovação Tecnológica*, jan. 2017. Disponível em: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=brasileiros-capturam-luz-movimento-sensor-optomecânico&id=010165170111#.XzrYaRl7m01>. Acesso em: 06 maio 2020.
- BROSE, Christian. The new revolution in military affairs: war's Sci-Fi future, *Fo-*

reign Affairs, Nova Iorque, v. 98, n. 3, p.122-134.

CHINA successfully develops quantum radar system. **Global Times**, 2016. Disponível em: <http://www.globaltimes.cn/content/1005525.shtml>. Acesso em: 13 maio 2020.

CHINA'S CETC claims breakthrough in quantum radar development. **Spacewatch Asia Pacific**, 2018. Disponível em: <https://spacewatch.global/2018/11/china-cetc-claims-breakthrough-in-quantum-radar-development/>. Acesso em: 13 maio 2020.

DAVIDOVICH, Luiz. Colóquio: Física, informações, e tecnologias quânticas. 11 de março de 2020, Rio de Janeiro: CBPF, 2020. Disponível em: <https://portal.cbpf.br/pt-br/coloquios/fisica-informacao-e-as-novas-tecnologias-quanticas>. Acesso em: 25 abr. 2020.

DUNNING, Hayley. Quantum 'compass' could allow navigation without relying on satellites. **PhysOrg**, nov., 2018. Disponível em: <https://phys.org/news/2018-11-quantum-compass-satellites.html>. Acesso em: 07 maio 2020.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. 115º Congresso dos Estados Unidos da América. **National Quantum Initiative Act**. 2018.

HABLING, David. China's quantum submarine detector could seal South China Sea. **New Scientist**, ago. 2017. Disponível em: <https://www.newscientist.com/article/2144721-chinas-quantum-submarine-detector-could-seal-south-china-sea/>. Acesso em: 14 maio 2020.

HALL, Brian C. **Quantum Theory for mathematicians**. Nova Iorque: Springer, 2013. 572 p.

ID QUANTIQUE WEBINAR. Disponível em: <https://www.idquantique.com/idq-launches-new-quantum-sensing-webinar-series/>. Acesso em: 08 maio 2020.

KANG, Liu et al. Analysis and simulation of Quantum radar cross section. *Chinese Physic Letters*, 2019, v.4, n.4. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0256-307X/31/3/034202/pdf>. Acesso em: 13 maio 2020.

KOK, Pieter. **A first introduction to Quantum Physics**. Nova Iorque: Springer, 2018.

MARINHA DO BRASIL. Centro de Adestramento Almirante Marques de Leão. Submarino Nuclear de Ataque *South Dakota*, **Revista Passadiço**, Niterói, ed. 38, 2018. p. 84-89.

. Estado Maior da Armada. **EMA-305: Doutrina Militar Naval**. Brasília: EMA, 2017.

NEW instrument extends LIGO's reach. **MIT News**, dez., 2019. Disponível em: <http://news.mit.edu/2019/ligo-reach-quantum-noise-wave-1205>. Acesso em: 11 maio 2020.

OUELLETTE, Jennifer. Quantum gravity detector will use atom clouds to survey for oil. **New Scientist**, ago. 2017. Disponível em: <https://www.newscientist.com/article/2142507-quantum-gravity-detector-will-use-atom-clouds-to-survey-for-oil/>. Acesso em: 12 maio 2020.

QUANTUM technology is beginning to come into its own. **The Economist**, maio, 2017. Disponível em : <https://www.economist.com/news/essays/21717782-quantum-technology-beginning-come-its-own>. Acesso em: 12 maio 2020.

RIGHT way of monitoring along pipelines: Thousands of miles of situational awareness in a single view. **Quantum Technology Science**, 2014. Disponível em: https://www.qtsi.com/wp-content/uploads/2014/09/Quantum_Pipeline_WP.pdf. Acesso em: 08 maio 2020.

SCHWAB, Klaus **A Quarta Revolução Industrial**. São Paulo: Edipro, 2016. 160 p.

SMITH-GOODSON, Paul. Quantum USA Vs. Quantum China: the world's most important technology race. **Forbes**, out. 2019. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/moorinsights/2019/10/10/quantum-usa-vs-quantum-china-the-worlds-most-important-technology-race/#3888895672de>. Acesso em: 13 maio 2020.

SUSSMAN, Ben et al. Quantum Canada. **Quantum Science Technology and Information**, v.4, n.2, 2019. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2058-9565/ab029d/pdf>. Acesso em: 05 maio 2020.

THE SECOND quantum revolution. **NIST**, 2018. Disponível em: <https://www.nist.gov/topics/physics/introduction-new-quantum-revolution/second-quantum-revolution>. Acesso em: 04 maio 2020.

WUNISH, Adam. Nothing new: why the 'revolution' in military affairs is the same as the old one. **The National Interest**, set., 2019. Disponível em: <https://nationalinterest.org/feature/nothing-new-why-revolution-military-affairs-same-old-one-77266>. Acesso em 05 abr. 2020.

YAMAMOTO, Yohihsa et al. Quantum information science and technology in Japan. **Quantum Science Technology and Information**, v. 4, n.2., 2019. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2058-9565/ab0077/pdf>. Acesso em: 05 maio 2020.

VELLA, Heidi. Could quantum radars expose stealth planes? **Engineering and Technology**, v. 14, n. 4, abr., 2019. Disponível em: <https://eandt.theiet.org/content/articles/2019/04/could-quantum-radars-expose-stealth-planes/>. Acesso em: 13 maio 2020.

ZANG, Qiang et al. Quantum information research in China. **Quantum Science Technology and Information**, v.4, n.4, 2019. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2058-9565/ab4bea/pdf>. Acesso em: 05 maio 2020.

