



ARTIGO

# COMPUTAÇÃO E COMUNICAÇÃO QUÂNTICAS NO BRASIL: AVANÇOS E DESAFIOS A PARTIR DO I SBCCQ

POR

Antônio Jorge Gomes Abelém, Adenilton José da Silva e Jéferson Campos Nobre  
[abelem@ufpa.br](mailto:abelem@ufpa.br), [ajsilva@cin.ufpe.br](mailto:ajsilva@cin.ufpe.br), e [jcnobre@inf.ufrgs.br](mailto:jcnobre@inf.ufrgs.br)

## Introdução

A computação quântica vem deixando de ser um tema restrito aos fundamentos da física e da computação teórica para se constituir em um campo multidisciplinar, envolvendo algoritmos, linguagens de programação, compiladores, inteligência artificial, otimização, segurança, redes de comunicação e formação de recursos humanos.

No Brasil, esse movimento também vem se consolidando. Um marco recente

foi a realização, em julho de 2026, durante o Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC), da primeira edição do Simpósio Brasileiro de Computação e Comunicação Quânticas (SBCCQ), promovido pelo Grupo de Interesse em Computação Quântica da SBC (GI-CQ).

Este artigo apresenta, a partir dos trabalhos discutidos no I SBCCQ1, uma visão dos avanços recentes da pesquisa brasileira em Computação e Comunicação Quânticas. Mais do que relatar o evento, busca-se identificar tendências, desafios científicos e oportunidades de pesquisa evidencia-

dos pelos trabalhos apresentados, destacando quatro eixos: desenvolvimento do software quântico; algoritmos e otimização; aprendizado de máquina quântico e aplicações; e comunicação, segurança e fortalecimento do ecossistema nacional.

### **Do algoritmo ao circuito: construindo a camada de software quântico**

Um primeiro conjunto de trabalhos apresentados no SBCCQ evidencia a crescente importância da engenharia de soft-

pilação quântica, a síntese de operadores unitários baseada em gramáticas, a preparação de estados quânticos para codificação de dados clássicos e mecanismos para facilitar a programação de aplicações quânticas.

As pesquisas apresentadas abordam uma questão fundamental: os computadores quânticos disponíveis atualmente possuem quantidade limitada de qubits, conectividade restrita e níveis ainda significativos de ruído. Portanto, não basta



FIG. 01 | I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO E COMUNICAÇÃO QUÂNTICAS (SBCCQ), REALIZADO DURANTE O CSBC 2026, EM GRAMADO (RS).

ware para computadores quânticos. Se nos primeiros anos da área, grande parte da atenção esteve concentrada na formulação de algoritmos, a execução eficiente deles nos dispositivos atuais coloca novos desafios relacionados à preparação de estados, à síntese de operadores, à decomposição de circuitos e à compilação.

Trabalhos apresentados no simpósio exploraram, por exemplo, a decomposição em produto de Kronecker para com-

formular um algoritmo quântico correto; é necessário transformá-lo em circuitos que possam ser executados de forma eficiente no hardware disponível.

A síntese e a compilação quânticas tornam-se, assim, componentes essenciais do ecossistema, aproximando conceitos tradicionais da ciência da computação, como compiladores, linguagens e otimização, dos desafios particulares da computação quântica.

## Algoritmos híbridos e otimização em dispositivos NISQ

Outro eixo presente no SBCCQ foi o desenvolvimento e a avaliação de algoritmos quânticos e híbridos, particularmente os adequados aos dispositivos NISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum). Entre os trabalhos apresentados estão investigações relacionadas ao Quantum Approximate Optimization Algorithm (QAOA) aplicado ao problema de prevenção de colisões entre veículos aéreos não tripulados e à transferência de parâmetros no FALQON entre diferentes famílias de grafos.

Esses estudos representam uma tendência importante da área: em vez de esperar por computadores quânticos tolerantes a falhas e de grande escala, pesquisadores investigam quais problemas podem se beneficiar das arquiteturas disponíveis ou previstas para o futuro próximo.

Ao mesmo tempo, os resultados reforçam a necessidade de cautela. Demonstrar vantagem quântica em problemas reais continua sendo um dos grandes desafios da área. Comparações rigorosas com algoritmos clássicos, a avaliação dos efeitos do ruído e a análise da escalabilidade devem acompanhar a proposição de novos métodos.

O avanço da computação quântica dependerá, portanto, não apenas da descoberta de novos algoritmos, mas também da capacidade de compreender quando, onde e sob quais condições eles oferecem vantagens efetivas.

## Aprendizado de Máquina Quântica: uma fronteira em expansão

O Aprendizado de Máquina Quântica (*Quantum Machine Learning - QML*) foi um dos temas de destaque da primeira edição do SBCCQ, refletindo uma tendência observada internacionalmente.

Os trabalhos apresentados exploraram diferentes aplicações, incluindo classificação de imagens coloridas com modelos quânticos, híbridos e clássicos; detecção de intrusões com representações quânticas de atributos; autoencoders quânticos e híbridos para detecção de anomalias; e aplicações de modelos de aprendizado de máquina na investigação de novos materiais. A diversidade dessas aplicações demonstra o interesse crescente em investigar se propriedades da computação quântica podem ser exploradas em problemas tradicionalmente abordados por técnicas de Inteligência Artificial.

Entretanto, essa também é uma área em que o rigor experimental é particularmente importante. O desempenho de modelos quânticos precisa ser comparado a *baselines* clássicos adequadamente otimizados, considerando não apenas a acurácia, mas também o número de parâmetros, o custo computacional, a escalabilidade e os efeitos do ruído. Nesse sentido, os trabalhos apresentados no SBCCQ refletem uma área ainda em construção: há resultados promissores, mas também muitas questões abertas sobre as condições em que modelos quânticos poderão oferecer vantagens concretas em relação a abordagens clássicas.

## **Da computação às redes e à segurança quântica**

A transformação provocada pelas tecnologias quânticas não se limita ao processamento. Uma futura Internet Quântica deverá permitir a distribuição de estados quânticos e o emaranhamento entre dispositivos geograficamente distribuídos, abrindo possibilidades para comunicação segura, computação quântica distribuída e sensoriamento. O SBCCQ apresentou pesquisas sobre a purificação de links virtuais em redes de entrelaçamento quântico, evidenciando desafios relacionados à perda de fidelidade e à construção de redes quânticas de múltiplos saltos.

Ao mesmo tempo, o desenvolvimento dos computadores quânticos cria um desafio imediato para a segurança das redes clássicas: algoritmos amplamente utilizados atualmente, como criptografia baseada no problema da fatoração de inteiros grandes e nas curvas elípticas, poderão ser comprometidos por computadores quânticos suficientemente poderosos. Essa preocupação surgiu a partir de trabalhos apresentados no simpósio sobre a adoção de criptografia resistente à computação quântica em blockchains permissionadas e sobre a avaliação dessa criptografia em redes IoT.

A comunicação quântica e a criptografia pós-quântica representam estratégias distintas e complementares. Enquanto a primeira explora propriedades da mecânica quântica para construir novos mecanismos de comunicação, a segunda desenvolve algoritmos criptográficos clássicos projetados para permanecer

seguros mesmo diante das capacidades computacionais proporcionadas por computadores quânticos.

## **Construindo um ecossistema brasileiro de tecnologias quânticas**

Talvez um dos resultados mais importantes do I SBCCQ seja evidenciar que já existe no país uma comunidade atuando em diferentes camadas do ecossistema quântico. Essa dimensão também apareceu em trabalhos voltados ao mapeamento das tecnologias quânticas no Brasil e à educação em computação quântica, incluindo iniciativas que buscam apresentar seus conceitos desde a educação básica.

O desenvolvimento da área exige muito mais do que apenas computadores quânticos. Requer pesquisadores em algoritmos, redes, segurança, engenharia de software, inteligência artificial e sistemas distribuídos; demanda infraestrutura experimental; aproximação com física, matemática e engenharia; formação de estudantes; colaboração internacional; e interação entre universidades, o governo e as empresas. A criação do SBCCQ no CSBC representa, nesse contexto, um passo para aproximar pesquisadores de diferentes áreas e estabelecer um espaço permanente de discussão sobre computação e comunicação quânticas na comunidade brasileira de computação.

## **Considerações finais**

Os trabalhos apresentados no primeiro SBCCQ mostram uma área simultaneamente promissora e repleta de questões

em aberto. Compilação e síntese de circuitos, algoritmos variacionais, aprendizado de máquina quântico, redes de entrelaçamento, criptografia pós-quântica e formação de recursos humanos são exemplos de frentes que avançam em paralelo. Mais importante do que antecipar quando computadores quânticos produzirão vantagens em larga escala é preparar a comunidade científica para participar da construção dessa tecnologia.

O desafio brasileiro é transformar a competência já existente em diferentes grupos de pesquisa em um ecossistema articulado de Computação e Comunicação Quânticas capaz não apenas de acompanhar os avanços internacionais, mas também de produzir conhecimento, formar recursos humanos e desenvolver soluções para problemas relevantes para o país. A primeira edição do SBCCQ mostrou que essa comunidade já existe. O próximo passo é fortalecê-la

## Referências

1. SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO. Grandes Desafios da Computação no Brasil 2025-2035. Coordenação: André Luís de Medeiros Santos e Flávio Rech Wagner. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2025.
2. Nielsen, M.; Chuang, I. Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge UP, 2010.
3. NIST. Post-Quantum Cryptography Standardization. 2024.



**ANTÔNIO ABELÉM** é Professor Titular da Universidade Federal do Pará (UFPA), onde integra o corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Computação desde sua criação. Lidera o laboratório de pesquisa em Redes de Computadores e Comunicação Multimídia (GERCOM), conduzindo projetos nacionais e internacionais em redes quânticas, protocolos para Internet Quântica e segurança de redes. Coordenou iniciativas, como os Protocolos de Roteamento para Internet Quântica, e integra projetos estratégicos, como EcoSustain, o ICONIOT, Smartness e OpenRAN@Brasil. É o coordenador do Grupo de Interesse em Computação e Comunicação Quânticas (GI-CQ). É Pesquisador de Produtividade do CNPq, membro do conselho da SBC e foi pesquisador visitante em UMASS Amherst (2019-2020). Recebeu, em 2024, o prêmio de Pesquisador Destaque do SBRC por suas contribuições científicas e à SBC.



**ADENILTON JOSÉ DA SILVA** é Professor Adjunto do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco, com mestrado e doutorado em Ciência da Computação pela UFPE. Atua principalmente nos seguintes temas e na integração entre eles: Redes Neurais, Computação Quântica, Síntese de Circuitos Quânticos e Software de Sistema para Dispositivos Quânticos.



**JÉFERSON CAMPOS NOBRE** é Professor do Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil. Seus principais interesses de pesquisa incluem Gerenciamento de Redes e Cibersegurança, abrangendo abordagens autônomas e distribuídas, instrumentação e programabilidade de kernel, redes verdes e redes quânticas. Atualmente, coordena o Network Management Research Group (NMRG) e a Internet Research Task Force (IRTF) e é cosecretário do Network Management Operations (NMOP) Working Group do Internet Engineering Task Force (IETF). É Pesquisador de Produtividade do CNPq. Com mais de 100 publicações acadêmicas revisadas por pares, ele também liderou a organização de diversas conferências e workshops acadêmicos, como a IEEE International Conference on

Cloud Networking (2020).

