ELÓI MARTINS SENHORAS
(organizador)

RELAÇÕES INTERNACIONAIS

QUESTÕES CONTEMPORÂNEAS

EDITORA

RELAÇÕES INTERNACIONAIS

Questões Contemporâneas

RELAÇÕES INTERNACIONAIS

Questões Contemporâneas

ELÓI MARTINS SENHORAS
(organizador)

BOA VISTA/RR
2026

Editora IOLE

Todos os direitos reservados.
A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei n. 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.



EXPEDIENTE

Revisão
Elói Martins Senhoras
Geane Ribeiro Silva Monteiro

Capa
Alokike Gael Chloe Hounkonnou
Elói Martins Senhoras

Projeto Gráfico e Diagramação
Elói Martins Senhoras
Balbina Líbia de Souza Santos

Conselho Editorial
Abigail Pascoal dos Santos
Charles Pennaforte
Claudete de Castro Silva Vitte
Elói Martins Senhoras
Fabiano de Araújo Moreira
Julio Burdman
Marcos Antônio Fávaro Martins
Rozane Pereira Ignácio
Patrícia Nasser de Carvalho
Simone Rodrigues Batista Mendes
Vitor Stuart Gabriel de Pieri

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO (CIP)

Se70 SENHORAS, Elói Martins.

Relações Internacionais: Questões Contemporâneas. Boa Vista: Editora IOLE, 2026.

Série: Relações Internacionais. Editor: Elói Martins Senhoras.

ISBN: 978-65-979656-6-3

1 - Estudos de Caso. 2 - Mundo. 3 - Relações Internacionais. 4 - Teoria.
I - Título. II - Senhoras, Elói Martins. III - Relações Internacionais. IV - Série

CDD–327

A exatidão das informações, conceitos e opiniões é de exclusiva responsabilidade da autora.
O presente livro contou com avaliação às cegas no sistema double-blind-review.



EDITORIAL

A editora IOLE tem o objetivo de divulgar a produção de trabalhos intelectuais que tenham qualidade e relevância social, científica ou didática em distintas áreas do conhecimento e direcionadas para um amplo público de leitores com diferentes interesses.

As publicações da editora IOLE têm o intuito de trazer contribuições para o avanço da reflexão e das práxis em diferentes áreas do pensamento e para a consolidação de uma comunidade de autores comprometida com a pluralidade do pensamento e com uma crescente institucionalização dos debates.

O conteúdo produzido e divulgado neste livro é de inteira responsabilidade dos autores em termos de forma, correção e confiabilidade, não representando discurso oficial da editora IOLE, a qual é responsável exclusivamente pela editoração, publicação e divulgação da obra.

Concebido para ser um material com alta capilarização para seu potencial público leitor, o presente livro da editora IOLE é publicado nos formatos impresso e eletrônico a fim de propiciar a democratização do conhecimento por meio do livre acesso e divulgação das obras.

Prof. Dr. Elói Martins Senhoras

(Editor Chefe)

Copyright © Editora IOLE
2026

CAPÍTULO 4

Tecnologias Quânticas e Pós-Quânticas
para Investigação do Tráfico de Pessoas

TECNOLOGIAS QUÂNTICAS E PÓS-QUÂNTICAS PARA INVESTIGAÇÃO DO TRÁFICO DE PESSOAS[1]

Thays Felipe David de Oliveira[2]
Carlos Eduardo Franco Azevedo[3]
Fernando Manuel Araújo Moreira[4]

O tráfico internacional de pessoas é uma das formas mais graves de violação dos direitos humanos e figura como a terceira atividade criminosa mais lucrativa do mundo, atrás apenas dos tráficos de drogas e de armas. Segundo estimativas da Organização Internacional do Trabalho (OIT), em colaboração com a Walk Free Foundation e a Organização Internacional para Migrações (OIM), mais de 50 milhões de pessoas encontram-se em escravidão moderna, das quais 27,6 milhões em trabalho forçado (incluindo 6,3 milhões em exploração sexual forçada) e 22 milhões em casamento forçado (ILO; WALK FREE; IOM, 2022).

Sob a perspectiva da segurança e defesa nacionais, o tráfico de pessoas configura-se como ameaça multidimensional. A ampliação conceitual de segurança no pós-Guerra Fria, inaugurada por Williams (1994), desenvolvida pela Escola de Copenhague

[1] A pesquisa apresentada neste capítulo contou com o apoio institucional da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Ministério da Defesa (Programa Pró-Defesa V) e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP).

[2] Professora do Centro Universitário Estácio do Recife. Doutora em Ciência Política pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). E-mail para contato: thays.felipe@ime.eb.br

[3] Professor da Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME). Doutor em Administração pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). E-mail para contato: francoazevedo@francoazevedo.com.br

[4] Professor do Instituto Militar de Engenharia (IME). Doutor em Física pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). E-mail para contato: fernando.manuel@ime.eb.br

mediante "securitização" (BUZAN; WÆVER; DE WILDE, 1998) e por Kaldor (2007) nas "novas guerras", reconhece crimes transnacionais como ameaças existenciais. O tráfico compromete simultaneamente: (a) soberania territorial, mediante subversão do controle fronteiriço; (b) segurança econômica, através de US$ 236 bilhões anuais em fluxos ilícitos; (c) segurança humana; e (d) estabilidade institucional, pela corrupção e conexões com outros crimes transnacionais (UNDP, 1994; SHELLEY, 2010).

O caráter transnacional do crime impõe desafios expressivos à cooperação internacional. O *Global Report on Trafficking in Persons 2024* (UNODC) identifica vítimas de mais de 160 nacionalidades traficadas para 128 países de destino e registra aumento de 25% no número de vítimas detectadas em 2022 frente a 2019, o que revela a resiliência das organizações criminosas transnacionais (UNODC, 2024).

No Brasil, o enfrentamento ao tráfico de pessoas enfrenta desafios estruturais amplificados pela dimensão geográfica e complexidade geopolítica regional. O país possui mais de 16.800 quilômetros de fronteiras terrestres com dez países sul-americanos, 7.400 quilômetros de costa atlântica e conexões aéreas com todos os continentes, configurando território de monitoramento desafiante. A Comissão Parlamentar de Inquérito do Senado identificou 131 rotas internacionais envolvendo o território brasileiro, como país de origem, trânsito ou destino (SENADO FEDERAL, 2012).

Essa vulnerabilidade converte o fenômeno em questão estratégica de defesa nacional. A Declaração sobre Segurança nas Américas (OEA, 2003) reconhece o crime organizado transnacional como ameaça à segurança hemisférica e demanda cooperação regional e capacidades investigativas avançadas. No contexto brasileiro, a função tríplice do território (origem, trânsito e destino) exige que o enfrentamento integre estratégias de segurança nacional

e combine a proteção dos direitos humanos com a preservação da soberania territorial.

Os grupos criminosos transnacionais dedicados ao tráfico de pessoas operam com sofisticação tecnológica crescente. Utilizam criptografia avançada, esquemas financeiros complexos envolvendo múltiplas jurisdições e criptomoedas, inteligência artificial para aliciar vítimas, e exploram assimetrias regulatórias para dificultar investigações (EUROPOL, 2023). Conforme Makarenko (2004), essas organizações frequentemente convergem com outras ameaças transnacionais no "crime-terror continuum", compartilhando rotas e métodos operacionais. Essas organizações beneficiam-se das limitações tecnológicas das forças de segurança, cujas capacidades investigativas frequentemente não acompanham a inovação criminal.

Nesse quadro, cresce a necessidade de incorporar tecnologias emergentes às estratégias de enfrentamento ao crime transnacional. A inteligência artificial (IA), provavelmente já empregada pelos próprios criminosos no aliciamento de vítimas, oferece potencial equivalente às forças de segurança: permite automatizar a análise de grandes volumes de dados, detectar padrões em anúncios suspeitos e mapear redes de tráfico por aprendizado de máquina (IJIGA *et al*., 2024; IRC; HPE, 2025; UNODC, 2022). Já as tecnologias quânticas e pós-quânticas em desenvolvimento (computação quântica, criptografia pós-quântica, comunicação quântica e sensoriamento quântico) abrem novas possibilidades para a segurança internacional (NIST, 2024; COSTA; AZEVEDO; MOREIRA, 2025). Segundo a Europol (2023), elas tendem a ampliar os recursos investigativos atuais e a viabilizar, a médio prazo, o tratamento de dados em escala e profundidade hoje inalcançáveis.

A computação quântica possibilita o processamento paralelo em larga escala e, com ele, a análise de redes criminosas complexas, o rastreamento de fluxos financeiros transnacionais e a identificação

de padrões em volumes de dados intratáveis para sistemas convencionais (NIELSEN; CHUANG, 2010). O sensoriamento quântico, por sua vez, explora fenômenos quânticos para produzir sensores de alta precisão, úteis no monitoramento de rotas de tráfico e na identificação de vítimas ocultadas (UK QUANTUM TECHNOLOGY HUB, 2021; GAO, 2024).

A comunicação quântica, sobretudo por meio da Distribuição Quântica de Chaves (QKD), permite estabelecer chaves criptográficas cuja segurança se apoia nas leis da física, o que protege a coordenação entre agências de diferentes países e o compartilhamento de inteligência sensível (ARUTE *et al*., 2019). A criptografia pós-quântica responde à ameaça que os computadores quânticos representam às estruturas criptográficas atuais, com algoritmos resistentes a ataques quânticos, essenciais para proteger dados sensíveis a longo prazo (BERNSTEIN; LANGE, 2017; NIST, 2024). Cabe notar que, ao contrário da criptografia convencional, já amplamente usada por organizações criminosas, a criptografia pós-quântica ainda está em estágio incipiente e não foi adotada nem pelos agentes de segurança nem pelo crime organizado, o que abre uma janela de oportunidade para que as forças de segurança implementem esses padrões antes dos grupos ilícitos (NIST, 2024; CISA, 2024).

O artigo analisa o panorama do tráfico internacional de pessoas, com atenção às dinâmicas que envolvem o Brasil, e examina o potencial das tecnologias quânticas e da criptografia pós-quântica como apoio à investigação e à prevenção do crime em escala transnacional. A questão que orienta a pesquisa é: de que forma essas tecnologias emergentes podem fortalecer as capacidades investigativas e a cooperação internacional no enfrentamento ao tráfico de pessoas?

Para responder a essa questão, o capítulo está estruturado em sete seções: (1) esta introdução, que contextualiza o problema e

apresenta os objetivos; (2) panorama global e brasileiro do tráfico internacional de pessoas, incluindo análise de rotas, redes e dinâmicas transnacionais; (3) fundamentos das tecnologias quânticas e pós-quânticas aplicadas à segurança; (4) metodologia da pesquisa; (5) aplicações específicas dessas tecnologias no combate ao tráfico internacional; (6) cooperação internacional, e (7) conclusão, que sintetiza as principais contribuições e perspectivas futuras.

O TRÁFICO INTERNACIONAL DE PESSOAS: PANORAMA GLOBAL E BRASILEIRO

Dimensões globais do fenômeno

O Protocolo de Palermo (2000), complementar à Convenção das Nações Unidas contra o Crime Organizado Transnacional, estabelece três elementos constitutivos do tráfico de pessoas: (a) ação (recrutamento, transporte, transferência); (b) meio (ameaça, coerção, fraude, abuso de vulnerabilidade); e (c) propósito (exploração sexual, trabalho forçado, remoção de órgãos, servidão). Essa definição jurídica internacional fundamenta as legislações nacionais e orienta as ações de enfrentamento ao crime transnacional (ONU, 2000). No Brasil, a Lei nº 13.344/2016 tipifica o tráfico interno e internacional de pessoas e estabelece medidas de prevenção e repressão (BRASIL, 2016).

Sob a perspectiva dos direitos humanos, o tráfico de pessoas constitui grave violação da dignidade humana, fundamento axiológico central da ordem jurídica internacional contemporânea. Conforme Piovesan (2005), os direitos humanos possuem dupla vocação: afirmar a dignidade humana e prevenir o sofrimento

humano. Nessa concepção, todas as formas de violação aos direitos humanos, incluindo o tráfico de pessoas, compartilham uma raiz comum: negar ao outro a condição plena de sujeito de direito, reduzindo-o a objeto ou instrumento. O tráfico de pessoas, ao mercantilizar seres humanos e submetê-los a condições de exploração análogas à escravidão, representa negação absoluta dessa dignidade intrínseca, violando simultaneamente direitos à liberdade, à integridade física e psicológica, ao trabalho digno e à autodeterminação (BRASIL, 1988; PIOVESAN, 2005).

O tráfico internacional de pessoas é um fenômeno de grande escala. O *Global Report on Trafficking in Persons* 2024 (UNODC) reúne dados de 156 países e registrou um aumento de 25% no número de vítimas detectadas em 2022 na comparação com 2019. Esse crescimento reflete tanto o avanço do crime quanto a melhoria das capacidades de detecção e dos mecanismos de notificação (UNODC, 2024).

Quadro 1 – Magnitude Global do Tráfico de Pessoas (2022-2024)

Indicador	Dados
Vítimas em escravidão moderna	49,6 milhões de pessoas
Exploração sexual forçada	6,3 milhões de vítimas
Trabalho forçado	27,6 milhões de vítimas
Lucros anuais globais	US$ 236 bilhões
Nacionalidades e destinos (2022)	162 nacionalidades; 128 países
Aumento de vítimas (2019-2022)	+25%

Fonte: ILO; WALK FREE; IOM (2022); ILO (2024); UNODC (2024).

As formas de exploração mais comuns são: trabalho forçado (agricultura, construção civil, têxtil, pesca, mineração, trabalho

doméstico); exploração sexual comercial; casamento forçado; criminalidade forçada; e remoção de órgãos. O tráfico para trabalho forçado apresentou crescimento de 47% no período analisado, enquanto o número de crianças vítimas aumentou 31%, com elevação de 38% entre meninas (UNODC, 2024).

Um crescimento preocupante é o da criminalidade forçada, que passou de 1% das vítimas em 2016 para 8% em 2022, impulsionada por fraudes e golpes cibernéticos operados a partir do Sudeste Asiático. As vítimas são recrutadas com falsas ofertas de emprego, levadas a países como Camboja, Myanmar e Laos e obrigadas a atuar em operações criminosas on-line, como golpes românticos, fraudes de investimento e esquemas com criptomoedas. Essa modalidade aproxima o tráfico de pessoas do cibercrime e exige respostas investigativas mais sofisticadas (UNODC, 2024; INTERPOL, 2023).

Do ponto de vista econômico, as estimativas da OIT (ILO, 2024) indicam lucros anuais de US$ 236 bilhões, cerca de dois terços deles provenientes da exploração sexual forçada e o restante de outras formas de trabalho forçado. Esses valores colocam o tráfico entre as atividades ilícitas mais rentáveis do mundo e atraem redes transnacionais bem estruturadas (ILO; WALK FREE; IOM, 2022).

O perfil das vítimas varia conforme região e forma de exploração. Globalmente, 59% são mulheres e meninas, embora essa proporção se inverta em trabalho forçado, onde homens e meninos representam a maioria. Crianças constituem 28% das vítimas, proporção crescente. Migrantes internacionais, refugiados, solicitantes de asilo e pessoas em situação irregular são particularmente vulneráveis, representando parcela desproporcionalmente elevada em relação à população geral (UNODC, 2024).

Quadro 2 – Formas de Exploração no Tráfico Internacional de Pessoas

Forma de Exploração	Setores Principais	Crescimento (2019-2022)
Trabalho Forçado	Agricultura, construção, têxtil, pesca, mineração	+47%
Exploração Sexual	Prostituição forçada, pornografia	Estável
Criminalidade Forçada	Fraudes online, golpes cibernéticos	700% (1% → 8%)
Vítimas Crianças	Todas as formas de exploração	+31%
Vítimas Meninas	Todas as formas de exploração	+38%

Fonte: UNODC (2024).

Esse quadro global assume contornos próprios no Brasil, tratados na subseção seguinte.

O Brasil no contexto do tráfico internacional

No Brasil, a extensão territorial, a posição geográfica e os fluxos migratórios criam desafios investigativos específicos.

O Brasil ocupa posição singular no tráfico internacional de pessoas, funcionando simultaneamente como país de origem, trânsito e destino. Essa caracterização tríplice reflete a complexidade geográfica, econômica e sociocultural brasileira, demandando estratégias diferenciadas de enfrentamento.

Como país de origem, o Brasil tem histórico documentado de vítimas exploradas em diversos continentes. O Relatório Nacional

sobre Tráfico de Pessoas (Ministério da Justiça e UNODC) identifica destinos principais na Europa (Portugal, Espanha, Itália, França e Suíça), América do Norte (Estados Unidos), América do Sul (Suriname, Guiana Francesa e Cone Sul) e, mais recentemente, Ásia (China, Japão e Sudeste Asiático). Mulheres brasileiras são identificadas majoritariamente em exploração sexual, enquanto homens em trabalho forçado (BRASIL, 2024).

O perfil das vítimas brasileiras traficadas apresenta características socioeconômicas consistentes: predominantemente mulheres jovens (18-29 anos), baixa escolaridade, provenientes de regiões economicamente vulneráveis, frequentemente mães solteiras com responsabilidades familiares prementes. O aliciamento envolve falsas promessas de emprego legítimo (dançarinas, garçonetes, babás, trabalhadoras domésticas) ou relacionamentos fraudulentos estabelecidos via plataformas digitais. A distância do Brasil, barreiras linguísticas, isolamento social e status migratório irregular amplificam a vulnerabilidade e dificultam identificação e resgate (BRASIL, 2024).

Como país de destino, o Brasil recebe vítimas de vizinhos sul-americanos (Paraguai, Bolívia, Venezuela, Peru e Colômbia), além de Haiti, de países africanos (Nigéria, Gana e Senegal) e, em menor escala, de países asiáticos. Esses fluxos mistos reúnem trabalhadores em busca de oportunidades legítimas, refugiados que fogem de conflitos ou perseguições e pessoas aliciadas por facções criminais. A exploração ocorre sobretudo no trabalho forçado, na construção civil, na agricultura, na indústria têxtil, no comércio e no trabalho doméstico. Entre 2021 e 2023, foram resgatados 355 trabalhadores estrangeiros em condições análogas à escravidão, sendo 228 paraguaios, 64 venezuelanos e 44 bolivianos (BRASIL, 2024).

Quadro 3 – Brasil no Contexto do Tráfico Internacional de Pessoas

Função	Destinos/Origens	Características
País de ORIGEM	Europa, EUA, Ásia	Mulheres 18-29 anos, exploração sexual
País de DESTINO	Paraguai, Bolívia, Venezuela	355 resgates (2021-2023)
País de TRÂNSITO	Corredor Sul-Americano	131 rotas mapeadas
Operações da POLÍCIA FEDERAL	35 operações (2021-2023)	70 indiciados

Fonte: Brasil (2024).

Como país de trânsito, o território brasileiro serve de corredor conectando países de origem a destinos finais. Vítimas de nacionalidades diversas transitam pelo Brasil em direção a países sul-americanos ou para embarques aéreos com destinos na América do Norte, Europa ou Ásia. A extensão territorial, a diversidade de portos e aeroportos, e as limitações de fiscalização facilitam essa função. Organizações criminosas exploram fragilidades do controle migratório, fornecendo documentação fraudulenta ou facilitando cruzamentos irregulares de fronteiras (UNODC, 2024).

A atuação da Polícia Federal no enfrentamento ao tráfico internacional de pessoas tem se intensificado. Entre 2021 e 2023, foram deflagradas 35 operações relacionadas ao crime, resultando no indiciamento de 70 indivíduos e resgate de centenas de vítimas. Essas operações frequentemente envolvem parceria com autoridades de outros países, utilizando canais como INTERPOL, redes bilaterais de cooperação policial e acordos regionais do MERCOSUL. Entretanto, limitações orçamentárias, escassez de recursos humanos especializados e desafios tecnológicos para

investigações transnacionais representam obstáculos significativos à ampliação dessas ações (BRASIL, 2024).

Embora o Brasil disponha do Sistema de Vigilância da Amazônia (SIVAM), o sistema de vigilância de fronteiras (SISFRON) e o Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM), desenvolvidos para monitoramento do espaço aéreo e terrestre da região amazônica, esses sistemas apresentam limitações significativas para o combate ao tráfico de pessoas (FURTADO; FRANCHI, 2023).

O SIVAM foi criado para a segurança e a defesa da Amazônia, com vigilância aérea, sensoriamento remoto e monitoramento ambiental, mas não previu originalmente mecanismos voltados à identificação do tráfico de pessoas (LOURENÇÃO, 2003). De modo complementar, Furtado e Franchi (2023) observam que o SIPAM, como estratégia de monitoramento ambiental e dissuasão, responde antes à questão ambiental e aos discursos de internacionalização da Amazônia do que às dinâmicas do crime organizado transnacional voltado à exploração humana.

Ambos foram concebidos, em primeiro lugar, para a vigilância aérea, a detecção de desmatamento e o controle do tráfego de aeronaves. Por isso, os sistemas SIVAM, SIPAM e SISFRON não foram projetados para identificar deslocamentos terrestres ou fluviais de pessoas, nem para rastrear o aliciamento digital ou transações financeiras suspeitas. Os 5,5 milhões de km² da Amazônia Legal e sua extensa fronteira com sete países superam a capacidade operacional desses sistemas, que seguem insuficientes diante da complexidade logística e tecnológica das redes de tráfico humano transnacional.

Um fenômeno particularmente relevante na dinâmica do tráfico de pessoas é a utilização de “mulas”, isto é, indivíduos recrutados, coagidos ou enganados para transportar pessoas ou atuar

como intermediários nas redes criminosas. As mulas frequentemente são pessoas em situação de vulnerabilidade socioeconômica, incluindo mulheres, jovens e migrantes, que são exploradas como elos descartáveis da cadeia criminosa. Conforme documentado pelo UNODC (2012), vítimas de tráfico humano podem ser coagidas a atuar simultaneamente como mulas para o transporte de drogas, evidenciando a convergência entre tráfico de pessoas e narcotráfico. Essa instrumentalização de seres humanos, que nega às vítimas a condição de sujeitos de direitos e as reduz a meros objetos ou instrumentos, perpetua e alimenta o ciclo do tráfico, uma vez que as mulas, ao serem apreendidas pelas autoridades, frequentemente são criminalizadas em vez de reconhecidas como vítimas, dificultando sua reintegração social e favorecendo sua reincidência no sistema criminoso.

A compreensão das 131 rotas mapeadas conectadas ao território brasileiro e da arquitetura operacional das redes criminosas transnacionais exige análise detalhada das dinâmicas logísticas e da sofisticação tecnológica empregada pelos grupos ilícitos.

Rotas internacionais e dinâmicas transnacionais

A tripla função do Brasil articula-se por rotas complexas e por organizações criminosas que empregam tecnologias digitais em todas as etapas de suas operações.

O mapeamento dessas rotas mostra uma organização criminal complexa. A Comissão Parlamentar de Inquérito do Senado Federal identificou 131 rotas internacionais que conectam o território brasileiro a outros países, entre rotas terrestres, marítimas e aéreas (SENADO FEDERAL, 2012).

As rotas terrestres concentram-se nas regiões fronteiriças, com pontos críticos: (a) tríplice fronteira Brasil-Argentina-Paraguai, particularmente Foz do Iguaçu, Ciudad del Este e Puerto Iguazú, caracterizada por intenso fluxo comercial, turístico e populacional que facilita o trânsito de vítimas; (b) fronteira Brasil-Bolívia, especialmente nas cidades gêmeas Corumbá-Puerto Quijarro e Brasileia-Cobija; (c) fronteira Brasil-Venezuela em Roraima, que se tornou rota significativa com o intenso fluxo migratório venezuelano desde 2015; (d) fronteiras amazônicas com Peru, Colômbia e Guianas, caracterizadas por vastas áreas de difícil acesso e limitada presença estatal (BRASIL, 2024; SENADO FEDERAL, 2012).

As rotas aéreas utilizam os principais aeroportos internacionais brasileiros como pontos de embarque ou conexão. São Paulo-Guarulhos, Rio de Janeiro-Galeão, Brasília, Salvador, Recife e Fortaleza são identificados como pontos de partida de rotas para Europa, particularmente Portugal e Espanha (portas de entrada para o restante da União Europeia), Estados Unidos (principalmente Miami, Nova York e Boston), e crescentemente Ásia (China, Dubai, Catar). Vítimas frequentemente viajam com documentação aparentemente legítima, utilizando vistos de turismo, trabalho ou estudo obtidos fraudulentamente ou sob pretextos enganosos (SENADO FEDERAL, 2012).

As rotas marítimas, embora menos documentadas, incluem portos brasileiros como Santos, Rio de Janeiro, Salvador e Manaus. Vítimas são transportadas em navios comerciais, embarcações de carga ou, em alguns casos, embarcações privadas. A costa atlântica brasileira, com 7.400 quilômetros de extensão e centenas de pontos de acesso marítimo, apresenta desafios significativos para fiscalização e monitoramento (BRASIL, 2024).

As quadrilhas que operam essas rotas tornaram-se mais sofisticadas em estrutura e em métodos. Em vez de hierarquias rígidas, atuam como células descentralizadas, com funções

especializadas: recrutadores, que identificam e aliciam as vítimas; transportadores, que viabilizam o trânsito internacional; fornecedores de documentação fraudulenta; controladores, que exercem coerção sobre as vítimas no destino; e operadores financeiros, que lavam os lucros por meio de estruturas complexas (EUROPOL, 2023; UNODC, 2024).

Essa organização em células traz vantagens ao crime: a compartimentação limita o que cada membro sabe do conjunto e dificulta as investigações; a descentralização garante resiliência, já que desarticular uma célula não derruba a operação inteira; e a estrutura permite adaptação rápida a mudanças na segurança, na regulação ou na demanda dos mercados de exploração. Ao mesmo tempo, isso complica as investigações, porque identificar um integrante nem sempre leva aos demais (INTERPOL, 2023).

O uso de tecnologias digitais pelos grupos criminosos cresceu muito. Redes sociais, aplicativos de mensagens criptografadas, fóruns, aplicativos de encontros, sites de classificados e plataformas de criptomoedas são usados em todas as etapas: no recrutamento, com perfis falsos e ofertas enganosas; na comunicação interna, com criptografia ponta a ponta; na movimentação financeira, por criptomoedas e meios digitais; e no controle das vítimas, por vigilância digital, ameaças e restrição de acesso a comunicações (L'HOIRY; MORETTI; ANTONOPOULOS, 2024; LATONERO, 2012).

A sofisticação tecnológica dessas organizações, apoiada em criptografia avançada, em plataformas da *dark web*, em criptomoedas e em comunicações cifradas, supera as capacidades investigativas convencionais e cria uma assimetria que dificulta identificar, rastrear e desarticular as redes. É esse quadro que motiva a incorporação de tecnologias emergentes, em especial as quânticas e pós-quânticas, cujas aplicações (análise de redes criminosas,

rastreamento financeiro transnacional, comunicações seguras e monitoramento de fronteiras) são examinadas na seção a seguir.

TECNOLOGIAS QUÂNTICAS E CRIPTOGRAFIA PÓS-QUÂNTICA PARA SEGURANÇA E DEFESA

Esta seção trata de três categorias tecnológicas relevantes para a segurança pública, a defesa nacional e o combate ao crime organizado transnacional. Duas delas, a computação quântica e o sensoriamento quântico, apoiam-se diretamente em propriedades da mecânica quântica (superposição, emaranhamento e interferência). A terceira, a criptografia pós-quântica, reúne algoritmos clássicos executados em computadores convencionais e desenhados para resistir a ataques de futuros computadores quânticos, o que a distingue da criptografia quântica propriamente dita, como a distribuição quântica de chaves (*Quantum Key Distribution* - QKD).

Computação quântica: princípios fundamentais

A computação quântica fundamenta-se nos princípios contraintuitivos da mecânica quântica, oferecendo paradigma de processamento radicalmente diferente da computação clássica. Enquanto computadores convencionais processam informação mediante bits que representam definitivamente 0 ou 1, computadores quânticos utilizam *qubits* (bits quânticos) que exploram superposição quântica, podendo representar simultaneamente ambos os estados até a medição (NIELSEN; CHUANG, 2010).

Essa propriedade de superposição, combinada com emaranhamento quântico (entrelaçamento entre *qubits* que permite

correlações não clássicas), possibilita processamento paralelo massivo de informações. Um sistema com "n" *qubits* pode representar simultaneamente 2^n estados, crescimento exponencial que confere aos computadores quânticos vantagens potenciais em classes específicas de problemas computacionais. Para contexto, um sistema com apenas 300 *qubits* perfeitamente controlados poderia representar simultaneamente mais estados do que existem átomos no universo observável (PRESKILL, 2018). O Quadro 4 sintetiza as principais tecnologias e suas aplicações ao contexto de segurança e defesa.

Quadro 4 – Tecnologias Avançadas Aplicadas à Segurança e Defesa

Tecnologia	Princípio	Aplicação
Computação Quântica	Superposição e emaranhamento	Análise de redes criminosas
Criptografia Pós-Quântica	Algoritmos resistentes a ataques quânticos	Comunicações seguras
Sensoriamento Quântico	Precisão de medição quântica	Monitoramento de fronteiras

Fonte: EUROPOL (2023); NIELSEN; CHUANG (2010); NIST (2024).

Convém compreender as limitações atuais. A tecnologia encontra-se na era NISQ (*Noisy Intermediate-Scale Quantum*), caracterizada por aparatos com dezenas a centenas de *qubits* imperfeitos e suscetíveis a erros. Decoerência quântica limita o tempo durante o qual os *qubits* mantêm seus estados quânticos, tipicamente microssegundos a milissegundos, dependendo da implementação. Taxas de erro em operações quânticas, embora em redução constante, representam desafios para execução de

algoritmos complexos que requerem milhares ou milhões de operações consecutivas (ARUTE *et al*., 2019; PRESKILL, 2018).

Apesar dessas limitações, algoritmos quânticos, sintetizados no Quadro 5, mostram grande potencial para classes específicas de problemas. O algoritmo de Shor (SHOR, 1994) demonstrou que computadores quânticos suficientemente poderosos poderiam fatorar números inteiros grandes em tempo polinomial, capacidade que comprometeria os fundamentos matemáticos dos sistemas criptográficos atualmente em uso (RSA, curvas elípticas). O algoritmo de Grover (GROVER, 1996) oferece aceleração quadrática para problemas de busca não estruturada, aplicável a investigação de grandes bases de dados. Algoritmos quânticos para simulação de sistemas, otimização combinatória e aprendizado de máquina apresentam potencialidades em análise de redes complexas, identificação de padrões e processamento de dados em escala massiva (NIELSEN; CHUANG, 2010).

Quadro 5 – Algoritmos Quânticos para Segurança

Algoritmo	Capacidade	Aplicação
Shor (1994)	Fatoração polinomial	Quebra de criptografia criminal
Grover (1996)	Busca acelerada	Busca em bases de dados massivas
Detecção Comunidades	Identificação de grupos	Mapeamento de redes criminosas
Machine Learning Quântico	Reconhecimento de padrões	Perfil de vítimas e rotas
QKD (1984)	Distribuição quântica de chaves	Comunicação segura entre agências
Quantum Annealing (1998)	Otimização combinatória	Mapeamento de rotas e recursos

Fonte: SHOR (1994); GROVER (1996); EUROPOL (2023).

Essas capacidades interessam à investigação criminal, à segurança pública e à defesa nacional, sobretudo na análise de redes complexas, no processamento de grandes volumes de dados, na otimização de recursos investigativos e na quebra de esquemas criptográficos usados por organizações criminosas (EUROPOL, 2023; KOURTIS *et al*., 2023). É justamente a possibilidade de quebrar a criptografia convencional com computadores quânticos que torna necessária a migração para sistemas resistentes a ataques quânticos, tema seguinte para a discussão.

Criptografia pós-quântica: garantindo comunicações seguras

A criptografia pós-quântica (*Post-Quantum Cryptography, PQC*) responde à ameaça que computadores quânticos suficientemente poderosos representarão aos sistemas criptográficos contemporâneos. Os algoritmos criptográficos que protegem comunicações governamentais, bancárias, de segurança nacional e praticamente toda a infraestrutura digital global fundamenta-se em problemas matemáticos computacionalmente intratáveis para computadores clássicos: fatoração de números inteiros grandes (RSA) e logaritmo discreto em curvas elípticas (ECC). O algoritmo de Shor demonstrou que computadores quânticos poderiam resolver esses problemas em tempo polinomial, tornando esses sistemas fundamentalmente inseguros (SHOR, 1994; BERNSTEIN; LANGE, 2017).

A ameaça não é distante. O conceito de *harvest now, decrypt later* (colher agora, descriptografar depois) descreve a prática de coletar hoje comunicações cifradas para decifrá-las quando houver computadores quânticos suficientemente potentes. Para dados que precisam permanecer confidenciais por décadas, como informações de segurança nacional, investigações de longo prazo, fontes humanas

de inteligência e documentação sobre o combate ao crime organizado, essa ameaça já é atual (MOSCA, 2018).

Em resposta, o *National Institute of Standards and Technology (NIST)* conduziu processo de padronização de algoritmos criptográficos pós-quânticos que durou oito anos e avaliou 82 algoritmos candidatos submetidos por pesquisadores de todo o mundo. Em 2024, o NIST publicou os primeiros padrões criptográficos pós-quânticos finalizados: FIPS 203 (baseado no *CRYSTALS-Kyber*, para encapsulamento de chaves), FIPS 204 (baseado no *CRYSTALS-Dilithium*, para assinaturas digitais) e FIPS 205 (baseado no *SPHINCS+*, para assinaturas digitais sem estruturas de reticulado). Esses algoritmos, embora não utilizem princípios da física quântica, fundamentam-se em problemas matemáticos considerados resistentes a computadores clássicos e quânticos, incluindo problemas em reticulados algébricos, códigos e funções hash, conforme demonstrado no Quadro 6 (NIST, 2024).

Em paralelo, a criptografia quântica propriamente dita, baseada em princípios da física quântica como o QKD, oferece segurança teoricamente absoluta: qualquer tentativa de interceptação altera o estado quântico da informação e se torna detectável. Nesse caso, a segurança deixa de depender da complexidade de problemas matemáticos e passa a apoiar-se nas leis da física.

Quadro 6 – Padrões de Criptografia Pós-Quântica NIST (2024)

Padrão	Algoritmo	Finalidade
FIPS 203	CRYSTALS-Kyber	Encapsulamento de chaves
FIPS 204	CRYSTALS-Dilithium	Assinaturas digitais
FIPS 205	SPHINCS+	Assinaturas digitais (hash-based)

Fonte: NIST (2024).

A transição para criptografia pós-quântica enfrenta desafios técnicos e operacionais significativos. Os novos algoritmos requerem chaves maiores e operações computacionais mais intensivas, implicando maior utilização de banda de rede, poder de processamento e armazenamento. A integração aos sistemas legados, desenvolvidos ao longo de décadas com premissas criptográficas diferentes, demanda esforço coordenado de migração. A interoperabilidade entre sistemas que implementam diferentes algoritmos pós-quânticos e sistemas que ainda utilizam criptografia tradicional deve ser gerenciada cuidadosamente para manter a segurança durante o período de transição (BERNSTEIN; LANGE, 2017; NIST, 2024).

A implementação de criptografia pós-quântica é essencial para garantir confidencialidade e integridade de comunicações sensíveis em operações de segurança pública, defesa nacional, investigação criminal e cooperação internacional policial. Além da proteção criptográfica, as tecnologias quânticas oferecem novas capacidades no monitoramento físico de territórios mediante sensores de altíssima precisão.

Sensoriamento quântico: monitoramento avançado de fronteiras

Os sensores quânticos exploram fenômenos da mecânica quântica, sobretudo superposição, emaranhamento e interferência, para alcançar sensibilidade, precisão e resolução inatingíveis por sensores clássicos. Podem medir com altíssima precisão campos gravitacionais e magnéticos, tempo, rotação, aceleração, temperatura e outras grandezas (UK QUANTUM TECHNOLOGY HUB, 2021; GAO, 2024).

Os magnetômetros quânticos, que usam átomos em estados especialmente preparados para detectar campos magnéticos com sensibilidade muito alta, conseguem identificar objetos metálicos, veículos, embarcações e até pessoas através de barreiras físicas e a distâncias consideráveis, o que supera os sensores convencionais (UK QUANTUM TECHNOLOGY HUB, 2021).

Gravímetros quânticos medem variações minúsculas no campo gravitacional, permitindo mapear estruturas subterrâneas, cavidades, túneis e objetos enterrados com grande precisão. A tecnologia já demonstrou aplicações práticas em contextos civis, como detecção de cavidades em projetos de infraestrutura urbana e mapeamento de recursos geológicos (GAO, 2024; DARPA, 2024).

Relógios atômicos quânticos de alta precisão possibilitam sincronização temporal extremamente precisa entre sistemas de monitoramento distribuídos geograficamente, essencial para triangulação de sinais, coordenação de operações e análises forenses que requerem estabelecimento preciso de cronologias. A precisão temporal na ordem de nanossegundos ou menores representa capacidade crítica para aplicações em segurança e investigação (DARPA, 2024).

Sistemas de imageamento quântico exploram correlações quânticas entre fótons para criar imagens com resolução e sensibilidade superiores às tecnologias convencionais, funcionando em condições de iluminação extremamente baixa ou meios turvos. Protótipos experimentais já demonstraram capacidade de formar imagens utilizando fótons que não interagiram diretamente com o objeto observado, explorando o fenômeno de emaranhamento (UK QUANTUM TECHNOLOGY HUB, 2021).

Convém, porém, reconhecer o estágio atual de desenvolvimento. A maior parte dessas tecnologias está em fase de demonstração em laboratório ou de protótipos. Levá-las a

dispositivos robustos, capazes de operar em condições adversas e viáveis economicamente em escala, ainda é um desafio. Os sensores quânticos costumam exigir condições específicas, como temperaturas muito baixas, isolamento de vibrações e ambientes controlados, o que dificulta o uso em campo. A pesquisa em curso busca torná-los mais robustos, compactos e práticos (GAO, 2024; DARPA, 2024).

As três categorias (computação quântica, criptografia pós-quântica e sensoriamento quântico) interessam à segurança pública, à defesa nacional e ao combate ao crime organizado transnacional. No caso do tráfico internacional de pessoas, podem responder às limitações investigativas e à sofisticação das redes criminosas descritas na Seção 2, com recursos de análise, comunicação segura e monitoramento superiores aos convencionais. As aplicações específicas são detalhadas na Seção 5, após a apresentação dos procedimentos metodológicos.

METODOLOGIA

O estudo adota abordagem qualitativa exploratória (CRESWELL, 2010; GIL, 2008), integrando três componentes: revisão bibliográfica sistemática, análise documental de fontes primárias e análise comparativa de aplicações tecnológicas em investigação criminal (RAGIN, 1987). A natureza emergente do objeto demanda perspectiva interdisciplinar entre relações internacionais, ciência da computação e estudos de segurança (FLICK, 2009).

A revisão bibliográfica sistemática (KITCHENHAM, 2004; WEBSTER; WATSON, 2002) foi conduzida nas bases Scopus, Web of Science e IEEE Xplore, com recorte temporal 2010-2024.

Priorizaram-se artigos revisados por pares, capítulos de livros acadêmicos e relatórios técnicos de instituições governamentais e intergovernamentais de reconhecida credibilidade científica.

A análise documental (BARDIN, 2011; CELLARD, 2008) concentrou-se em três categorias: relatórios de organizações internacionais (UNODC, ILO, Europol, Interpol); documentos oficiais brasileiros (Polícia Federal, Ministério da Justiça, CPI do Senado); e especificações técnicas de agências governamentais de tecnologias quânticas (NIST, DARPA, GAO). Priorizaram-se publicações dos últimos três anos para dados estatísticos.

Os critérios de inclusão priorizaram publicações com rigor científico sobre tecnologias quânticas, crime organizado transnacional e cooperação policial internacional. Excluíram-se materiais especulativos ou sem revisão por pares. O corpus final compreendeu aproximadamente 80 textos centrais (KITCHENHAM, 2004; PETTICREW; ROBERTS, 2006).

A análise comparativa (RAGIN, 1987) examinou casos documentados de aplicação de tecnologias avançadas no combate ao crime transnacional, incluindo iniciativas da Europol, FBI e agências europeias. Embora utilizem tecnologias clássicas, fornecem parâmetros comparativos para projetar como tecnologias quânticas poderiam reconfigurar funções investigativas.

O processo analítico envolveu leitura sistemática e fichamento dos documentos (BARDIN, 2011), identificando dados quantitativos, tendências e limitações operacionais. Reconhece-se que dados sobre tráfico apresentam limitações inerentes, trabalhando-se com estimativas consolidadas de fontes metodologicamente rigorosas.

Cabe reconhecer limitações metodológicas. Primeiramente, a natureza emergente das tecnologias quânticas implica que muitas aplicações permanecem em estágio teórico ou de prova de conceito,

sem implementações operacionais em larga escala. Em segundo lugar, a classificação de informações restringe o acesso a dados empíricos sobre efetividade operacional. Por fim, a rápida evolução das tecnologias quânticas e dos métodos criminosos impõe desafios à durabilidade das análises, tornando necessária atualização constante.

Para mitigar limitações, adotou-se triangulação de fontes (DENZIN, 1978; PATTON, 2002; ABDALLA *et al*., 2018), cruzando literatura científica, documentos oficiais e relatórios técnicos. Buscou-se fundamentar projeções em capacidades técnicas demonstradas, evitando especulações. A abordagem interdisciplinar (FLICK, 2009) fortalece a confiabilidade da pesquisa qualitativa.

APLICAÇÕES DE TECNOLOGIAS QUÂNTICAS NO COMBATE AO TRÁFICO INTERNACIONAL

Análise de redes criminosas complexas

As quadrilhas dedicadas ao tráfico de pessoas operam em redes complexas, organizadas em células descentralizadas, com funções especializadas, conexões transnacionais e várias camadas de intermediação. Como se viu na Seção 2, essas redes percorrem rotas complexas, como os fluxos Brasil-Europa e Ásia-América do Norte, e envolvem dezenas de atores em múltiplas jurisdições. Analisá-las (identificar membros-chave, mapear conexões, detectar padrões operacionais e prever movimentações) é um desafio computacional considerável, dado o volume de dados envolvidos: registros de comunicações, transações financeiras, movimentações migratórias, atividades em plataformas digitais, registros aduaneiros e dados de inteligência de várias fontes (EUROPOL, 2023).

A computação quântica oferece grande potencial para essa análise mediante algoritmos desenvolvidos para problemas de grafos e redes. O algoritmo quântico para detecção de comunidades, baseado em variantes do algoritmo de Grover, pode identificar grupos densamente conectados em redes complexas com eficiência superior aos métodos clássicos. Aplicado a redes criminosas, esse algoritmo pode identificar células operacionais, grupos especializados (recrutadores, transportadores, controladores) e conexões entre diferentes organizações criminosas que cooperam ocasionalmente (KOURTIS *et al*., 2023).

A identificação de nós críticos, isto é, dos indivíduos cuja remoção fragmentaria ao máximo a rede, é computacionalmente difícil em grande escala. Algoritmos quânticos baseados em amostragem podem localizar esses elementos com mais eficiência e ajudar as investigações a priorizar os alvos de maior impacto. Experiências com métodos clássicos, como o projeto da *Carnegie Mellon University* para investigar redes de tráfico sexual, mostraram a eficácia dessa abordagem, que a computação quântica pode potencializar (FALOUTSOS *et al*., 2021).

A análise temporal das redes, ou seja, como evoluem, se adaptam à ação da lei, recrutam membros e criam novas conexões, exige processar séries temporais de dados. Algoritmos de aprendizado de máquina quântico podem identificar padrões ao longo do tempo, prever expansões e antecipar mudanças operacionais com mais alcance que os métodos convencionais. Essa capacidade preditiva favorece uma atuação proativa, em vez de apenas reativa (EUROPOL, 2023).

A integração de dados de várias fontes e jurisdições é outro desafio. Bases mantidas por diferentes agências e países, em formatos e níveis de qualidade distintos, precisam ser harmonizadas, correlacionadas e analisadas em conjunto. Algoritmos quânticos de correspondência de registros e fusão de dados podem reconhecer

indivíduos, organizações e transações comuns em bases heterogêneas com mais precisão, contornando variações de grafia, transliterações e apelidos criados para dificultar o rastreamento (KOURTIS *et al*., 2023).

Entretanto, essas aplicações demandam computadores quânticos com capacidades ainda indisponíveis, além de infraestrutura de dados integrada, protocolos de compartilhamento de informações entre jurisdições e salvaguardas rigorosas para proteção de direitos e privacidade. Paralelamente, a efetividade da análise quântica de redes criminosas será diretamente proporcional à qualidade, completude e integração dos dados disponíveis.

Rastreamento financeiro transnacional

O rastreamento de fluxos financeiros ilícitos constitui elemento fundamental do enfrentamento ao tráfico de pessoas. Os US$ 236 bilhões anuais gerados pelo tráfico (conforme apresentado na seção 2) devem ser movimentados, ocultados e integrados ao sistema financeiro legítimo mediante esquemas de lavagem de dinheiro progressivamente sofisticados. Esses esquemas frequentemente envolvem: múltiplas transferências entre contas bancárias em diferentes jurisdições; utilização de empresas de fachada e estruturas societárias opacas; compra e venda de ativos (imóveis, veículos, joias, obras de arte); câmbio não autorizado e operações de hawala; e crescentemente, criptomoedas e ativos digitais (ILO; WALK FREE; IOM, 2022; EUROPOL, 2023).

A análise de transações financeiras em busca de padrões indicativos de lavagem de dinheiro relacionada ao tráfico de pessoas enfrenta desafio de escala massiva. Sistemas bancários processam bilhões de transações diariamente; criptomoedas adicionam camadas

de pseudonimização; e a fragmentação jurisdicional dificulta a visão integrada de fluxos transnacionais. Métodos de detecção clássicos, baseados em regras predefinidas ou aprendizado de máquina convencional, enfrentam limitações: taxa de falsos positivos, incapacidade de identificar esquemas sofisticados não previamente observados, e dificuldades com a escala dos dados (EUROPOL, 2023).

Algoritmos quânticos para análise de grafos financeiros podem processar redes de transações de escala e complexidade que excedem capacidades clássicas. Cada transação é representada como aresta em grafo onde os nós representam contas, pessoas ou entidades. Padrões de lavagem manifestam-se como subestruturas características: ciclos (dinheiro retornando à origem), estruturas em árvore (distribuição de fundos seguida por reconsolidação), fluxos incomuns entre jurisdições de alto risco e sequências temporais suspeitas. Algoritmos quânticos podem identificar essas estruturas mesmo quando obscurecidas mediante grande número de transações intermediárias (KOURTIS *et al*., 2023).

A investigação de blockchains de criptomoedas apresenta desafio particular devido ao volume de dados e à pseudonimização das transações. O blockchain do Bitcoin, por exemplo, contém registro público de todas as transações desde 2009, totalizando centenas de gigabytes de dados e bilhões de transações. Embora as transações sejam pseudônimas (associadas a endereços criptográficos, não diretamente a identidades), técnicas de análise forense de blockchain podem correlacionar endereços a identidades reais ou a padrões de comportamento característicos. Algoritmos quânticos podem acelerar essas análises, identificando clusters de endereços controlados pela mesma entidade, rastreando fluxos mediante *mixers* (serviços de mistura que intentam obscurecer origens) e correlacionando atividades on-*chain* com eventos no mundo físico (EUROPOL, 2023).

A integração de dados financeiros de múltiplas jurisdições é tecnicamente desafiadora e politicamente sensível. Sistemas bancários nacionais operam sob regulações diferentes, com padrões de privacidade diversos e níveis variados de disposição para compartilhar informações. Protocolos criptográficos avançados, incluindo computação segura multipartes e provas de conhecimento zero, podem permitir análises coordenadas sem que dados sensíveis sejam diretamente compartilhados entre jurisdições. A integração de técnicas quânticas com esses protocolos pode oferecer simultaneamente eficácia investigativa e proteção de soberania e privacidade (BERNSTEIN; LANGE, 2017).

O desenvolvimento dessas potencialidades de rastreamento financeiro quântico deve ser acompanhado de marcos regulatórios claros que estabeleçam quando e como essas ferramentas podem ser utilizadas, quais dados podem ser analisados, quais salvaguardas devem ser implementadas para prevenir abusos, e como resultados podem ser utilizados como evidência em processos judiciais. A efetividade será diretamente dependente da cooperação internacional e da harmonização de padrões de compartilhamento de informações financeiras.

Comunicações seguras em operações transnacionais

Operações de combate ao tráfico de pessoas frequentemente requerem coordenação entre agências de múltiplos países, envolvendo compartilhamento de inteligência sensível, planejamento de ações simultâneas e troca de evidências. Dada a natureza transnacional das rotas identificadas na Seção 2, operações frequentemente envolvem coordenação entre países de origem, trânsito e destino, exigindo comunicações protegidas entre jurisdições distantes. A confidencialidade e integridade dessas

comunicações são críticas: vazamento de informações operacionais pode comprometer investigações de anos, colocar em risco agentes infiltrados, alertar grupos criminosos e resultar em destruição de evidências ou fuga de suspeitos (EUROPOL, 2023; INTERPOL, 2023).

Os mecanismos que protegem essas comunicações enfrentam ameaças de várias naturezas. Além da ameaça quântica futura, quando computadores potentes poderão quebrar os algoritmos atuais, há a ameaça presente de adversários que coletam mensagens cifradas para decifrá-las depois, que exploram falhas de software ou hardware e que recorrem à engenharia social ou à cadeia de suprimentos para contornar a criptografia (MOSCA, 2018).

No contexto do enfrentamento ao tráfico de pessoas, a criptografia pós-quântica é essencial para: proteger comunicações sensíveis entre agências de diferentes países durante operações coordenadas; garantir a confidencialidade de bases de dados com informações sobre vítimas, testemunhas e investigações em andamento; assegurar a integridade de evidências digitais coletadas, protegendo-as contra adulteração; e preservar a confidencialidade de longo prazo de informações estratégicas sobre modus operandi de organizações criminosas, rotas de tráfico e vulnerabilidades exploradas. A implementação de criptografia pós-quântica deve ser prioritária em mecanismos de coordenação internacional policial, como Interpol, Europol e redes regionais de inteligência (EUROPOL, 2023).

A adoção da criptografia pós-quântica nos sistemas de comunicação usados na cooperação policial internacional deve ser prioritária. Os algoritmos padronizados pelo NIST (CRYSTALS-Kyber para encapsulamento de chaves; CRYSTALS-Dilithium e SPHINCS+ para assinaturas) são algoritmos clássicos projetados para resistir a ataques de computadores clássicos e quânticos. A migração dos sistemas críticos, como as plataformas da INTERPOL

e da Europol, os canais bilaterais de comunicação policial, as bases de dados compartilhadas e a infraestrutura de inteligência, deve começar desde já, pois é um processo complexo e demorado (NIST, 2024).

Diferentemente da criptografia pós-quântica, que usa matemática clássica, a Distribuição Quântica de Chaves (Quantum Key Distribution, QKD) é uma tecnologia propriamente quântica, apoiada em princípios da física. Ela permite que duas partes estabeleçam uma chave compartilhada com segurança garantida pelas leis físicas: qualquer interceptação perturba os estados quânticos e denuncia a presença do adversário. Já há sistemas comerciais de QKD em operação em alguns contextos, incluindo redes governamentais e bancárias na China, nos Estados Unidos e em países europeus (UK QUANTUM TECHNOLOGY HUB, 2021).

A QKD, contudo, tem limitações práticas. A transmissão por fibra óptica alcança cerca de 100 a 200 quilômetros, por causa da atenuação do sinal e da impossibilidade física de amplificar estados quânticos sem destruí-los. Para longas distâncias seriam necessários repetidores quânticos, dispositivos que ampliam o alcance preservando as propriedades quânticas, ainda em desenvolvimento. Uma alternativa promissora é a comunicação por satélite: a China já demonstrou ser capaz de estabelecer QKD entre estação terrestre e satélite e entre pontos terrestres distantes usando o satélite como intermediário (UK QUANTUM TECHNOLOGY HUB, 2021).

A implementação de comunicações quânticas seguras para coordenação internacional no combate ao tráfico de pessoas demandaria investimentos coordenados em infraestrutura: redes de QKD conectando agências de diferentes países, possivelmente mediante consórcios regionais; satélites quânticos para comunicações transcontinentais; e sistemas híbridos que combinam QKD para distribuição de chaves com criptografia pós-quântica para

os dados transmitidos. Essa infraestrutura serviria ao combate ao tráfico de pessoas e, de modo mais amplo, ao conjunto de operações de cooperação internacional em segurança e inteligência.

Monitoramento avançado de rotas e fronteiras

As fronteiras internacionais constituem pontos críticos para intervenção no tráfico de pessoas, representando oportunidades para identificar vítimas, interceptar traficantes e desarticular operações de transporte. Entretanto, a efetividade do monitoramento é limitada pela extensão dos perímetros, condições geográficas e climáticas adversas, volumes massivos de fluxos legítimos de pessoas e mercadorias que devem ser processados eficientemente, e sofisticações empregadas por redes ilícitas para evadir detecção. No contexto brasileiro, conforme mapeado na Seção 2, fronteiras terrestres com Paraguai, Bolívia e países amazônicos, bem como portos e aeroportos internacionais, constituem pontos estratégicos de vigilância para interceptar rotas de tráfico (UK QUANTUM TECHNOLOGY HUB, 2021).

Sensores quânticos oferecem capacidades avançadas para o monitoramento de fronteiras. Magnetômetros quânticos, com sua sensibilidade extraordinária a campos magnéticos, podem detectar veículos, embarcações ou indivíduos mesmo quando ocultados ou operando com medidas de contra detecção. Implantados em pontos estratégicos ao longo de fronteiras terrestres ou aquáticas, esses sensores podem formar rede de vigilância passiva capaz de identificar movimentações anômalas que justificam investigação mais detalhada por equipes humanas ou sistemas complementares (UK QUANTUM TECHNOLOGY HUB, 2021; GAO, 2024).

Gravímetros quânticos são particularmente relevantes para detecção de túneis transfronteiriços. Organizações criminosas investem recursos significativos na construção de túneis para transportar drogas, armas e também pessoas. A fronteira Estados Unidos-México tem histórico extenso de túneis sofisticados, alguns equipados com iluminação, ventilação e mecanismos de transporte. Tecnologias convencionais de detecção (radares de penetração no solo, análise sísmica) apresentam limitações em profundidade de detecção, resolução e taxa de falsos positivos. Gravímetros quânticos podem mapear anomalias gravitacionais causadas por cavidades subterrâneas com precisão superior, potencialmente identificando túneis antes que se tornem operacionais (DARPA, 2024).

Em contextos marítimos, sensores quânticos podem aprimorar capacidades de detecção de embarcações pequenas ou submersas utilizadas para transporte transfronteiriço ilícito. Magnetômetros quânticos podem detectar assinaturas magnéticas de embarcações mesmo quando essas operam com medidas de redução de visibilidade (perfis baixos, materiais que minimizam reflexão de radar). A integração com sistemas convencionais de vigilância marítima (radar, sensores eletro-ópticos, sistemas de identificação automática) pode criar arquitetura de monitoramento multiespectral difícil de evadir (UK QUANTUM TECHNOLOGY HUB, 2021).

Além do monitoramento contínuo dos perímetros, os sensores quânticos podem aprimorar a inspeção nos pontos de passagem autorizados. A detecção de compartimentos ocultos em veículos, recurso comum no transporte de vítimas, ganha precisão e rapidez com a combinação de gravímetros quânticos (que detectam cavidades), magnetômetros quânticos (que detectam componentes metálicos) e imageamento quântico (que gera imagens de alta resolução mesmo através de estruturas densas), sem gerar atrasos relevantes nos fluxos legítimos (GAO, 2024).

A implementação de sensores quânticos em fronteiras enfrenta desafios práticos. Os dispositivos devem operar em condições ambientais adversas (temperaturas extremas, umidade, vibração, interferência eletromagnética) e requerem robustez superior aos protótipos laboratoriais atuais. O custo de implantação em escala deve ser viável considerando as extensões das fronteiras. A integração aos sistemas de comando e controle existentes, incluindo processamento e análise dos dados gerados, deve ser planejada. Salvaguardas para prevenir falsos positivos que causariam inconveniências a fluxos legítimos devem ser implementadas. O potencial demonstrado justifica investimentos em pesquisa, desenvolvimento e implantação.

COOPERAÇÃO INTERNACIONAL E IMPLEMENTAÇÃO ESTRATÉGICA

A aplicação de tecnologias quânticas e pós-quânticas ao tráfico de pessoas exige marcos regulatórios harmonizados entre jurisdições. Como mostrado em seções prévias, o combate efetivo depende tanto de capacidades tecnológicas quanto da coordenação entre os países ao longo das rotas. A natureza transnacional cria questões jurisdicionais complexas: as evidências obtidas por essas tecnologias serão admissíveis em processos em outros países? os dados compartilhados por comunicação quântica estarão sujeitos a quais regimes de privacidade? as operações conjuntas respeitarão as soberanias e os direitos fundamentais de todas as jurisdições?

A União Europeia tem avançado na harmonização regulatória. O Regulamento Geral de Proteção de Dados (GDPR) impõe padrões rigorosos de coleta, tratamento e compartilhamento de dados pessoais, válidos inclusive quando o processamento ocorre fora da UE. Qualquer uso dessas tecnologias que envolva dados

pessoais, como a investigação de redes sociais, o rastreamento financeiro ou dados biométricos, precisa observar esses padrões. O GDPR admite exceções para a investigação criminal, desde que proporcionais e com as devidas salvaguardas (UNIÃO EUROPEIA, 2016).

O Brasil, através da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), estabeleceu regime similar ao europeu, criando base para diálogo regulatório. A LGPD permite processamento de dados para proteção da vida e investigação de infrações penais, desde que respeitados princípios de necessidade, adequação e segurança. A incorporação dessas inovações deve ser acompanhada de avaliações de impacto à proteção de dados, demonstrando que salvaguardas técnicas e organizacionais adequadas estão implementadas (BRASIL, 2018).

Quadro 7 – Roadmap de Implementação (2025-2040)

Horizonte	Ações	Resultados*
Curto (2025-2027)	Transição PQC; capacitação inicial	50-100 profissionais; provas de conceito
Médio (2028-2032)	Acesso cloud; sensores piloto	5-10 investigações quânticas
Longo (2033-2040)	Infraestrutura QKD; integração plena	Redução 15-25% tempo investigação

Fonte: Elaboração própria. Baseada em: EUROPOL (2023); NIST (2024); DARPA (2024).
Nota: Os valores da coluna “Resultados” são estimativas ilustrativas, sem validação empírica.

A Convenção das Nações Unidas contra o Crime Organizado Transnacional (Convenção de Palermo) e seu Protocolo sobre Tráfico de Pessoas estabelecem framework jurídico internacional para coordenação. Os instrumentos preveem assistência mútua em investigações, extradição, cooperação entre órgãos e troca de informações. A integração dessas tecnologias emergentes às

ferramentas de cooperação requer interpretação que compatibilize as novas capacidades com princípios de soberania, devido processo e direitos humanos (ONU, 2000).

Organizações internacionais como Interpol e Europol desempenham papel fundamental na harmonização operacional. Essas organizações podem desenvolver protocolos padronizados para coleta e compartilhamento de informações, estabelecer padrões técnicos para interoperabilidade e oferecer treinamento para profissionais de múltiplas jurisdições. Centros regionais de excelência nessas áreas aplicadas à segurança podem facilitar cooperação, compartilhamento de custos e desenvolvimento de capacidades (INTERPOL, 2023; EUROPOL, 2023).

Capacitação profissional e desenvolvimento de competências

A operacionalização de tecnologias quânticas e pós-quânticas no enfrentamento ao tráfico de pessoas pressupõe o desenvolvimento de força de trabalho especializada, capaz de articular competências em física quântica, ciência de dados, investigação criminal e cooperação internacional. Considerando as aplicações discutidas previamente, essa capacitação deve articular conhecimento técnico com expertise em investigação de crimes transnacionais. A literatura aponta que essa combinação é particularmente rara, constituindo gargalo estrutural crítico para a implementação efetiva (OECD, 2025; WORLD ECONOMIC FORUM, 2022).

Programas de capacitação devem ser estruturados de forma multinível e progressiva. No nível estratégico, dirigentes e formuladores de políticas necessitam compreender potencialidades, limitações e riscos dessas tecnologias para subsidiar decisões

informadas sobre investimentos e cooperação internacional (MAZZUCATO, 2018; OECD, 2025). A ausência dessa compreensão tem sido identificada como fator recorrente de decisões ineficientes ou expectativas irrealistas.

No nível técnico-operacional, analistas, peritos digitais e investigadores necessitam de treinamento específico para utilização de ferramentas baseadas em algoritmos quânticos, incluindo interpretação de resultados e integração aos fluxos investigativos existentes. A simples introdução de tecnologias sem capacitação tende a produzir ganhos marginais ou gerar riscos institucionais (WORLD ECONOMIC FORUM, 2022; EUROPOL, 2023).

No nível de pesquisa e desenvolvimento, físicos quânticos e cientistas da computação devem ser expostos aos desafios concretos de segurança pública, como restrições operacionais, cadeia de custódia e padrões probatórios. A distância entre o ambiente laboratorial e a prática policial constitui um dos principais obstáculos à adoção dessas inovações (EUROPOL, 2023).

A literatura converge na defesa de parcerias estruturadas entre instituições acadêmicas, agências de segurança e setor privado. Universidades podem desenvolver pesquisa aplicada, criar estágios em órgãos públicos e ofertar programas interdisciplinares. Empresas especializadas podem contribuir com conhecimento técnico, acesso a plataformas via nuvem e treinamento. Agências de segurança oferecem aos pesquisadores compreensão de problemas operacionais reais, acesso controlado a dados e avaliações sobre utilidade prática das soluções desenvolvidas (OECD, 2025; WORLD ECONOMIC FORUM, 2022).

A articulação internacional em capacitação assume relevância quando se consideram as assimetrias globais de capacidades científicas. Muitos países em desenvolvimento não dispõem de base acadêmica robusta nessas áreas, tornando

indispensáveis mecanismos de cooperação internacional, como programas de intercâmbio e treinamentos regionais. Centros regionais de excelência, nos quais países com capacidades avançadas hospedam infraestruturas regionais, já demonstraram resultados positivos em outros domínios (OECD, 2021).

O desenvolvimento de competências deve ser compreendido como processo contínuo, compatível com a rápida evolução dessas tecnologias. Ferramentas que hoje se encontram em estágio experimental podem alcançar operacionalidade em horizontes temporais curtos, exigindo mecanismos permanentes de educação continuada e interação constante entre comunidades científicas e operacionais. A manutenção dessas conexões é necessária para assegurar que as competências permaneçam relevantes e alinhadas às demandas do enfrentamento ao tráfico de pessoas (PRESKILL, 2018; WORLD ECONOMIC FORUM, 2022).

Análise de custo-benefício e priorização de investimentos

A implementação de tecnologias quânticas e pós-quânticas no enfrentamento ao tráfico de pessoas demanda investimentos elevados e planejamento estratégico rigoroso. Computadores quânticos com capacidade operacional apresentam custos de dezenas de milhões de dólares, além de exigirem infraestrutura sofisticada e equipes qualificadas (PRESKILL, 2018; ARUTE *et al*., 2019). Sistemas de comunicação quântica, por fibra óptica ou satélite, envolvem investimentos entre centenas de milhões e bilhões de dólares (OECD, 2025; WORLD ECONOMIC FORUM, 2022). Redes de sensores quânticos para monitoramento de fronteiras apresentam custos comparáveis ou superiores às tecnologias convencionais atualmente em uso.

Pesquisas indicam que tais investimentos só podem ser legitimados mediante avaliações rigorosas de custo-benefício, combinadas a análises comparativas com alternativas tecnológicas consolidadas (OECD, 2021; MAZZUCATO, 2018).

Apesar dos custos elevados, os benefícios potenciais são expressivos: aumento das taxas de identificação e resgate de vítimas; desarticulação mais eficiente de redes criminosas mediante identificação de nós centrais e fluxos financeiros ilícitos; ampliação da recuperação de ativos; prevenção de operações mediante monitoramento antecipado de rotas; e fortalecimento do efeito dissuasório sobre organizações criminosas diante do incremento das capacidades investigativas estatais.

Embora a monetização desses benefícios seja complexa, estudos fornecem parâmetros relevantes. A Organização Internacional do Trabalho estima que o tráfico e o trabalho forçado geram lucros superiores a 236 bilhões de dólares anuais (ILO, 2024). Como demonstrado na Seção 5, essas tecnologias podem contribuir para desarticulação de redes e recuperação de ativos. A título de ilustração, uma redução hipotética de 10% no número de vítimas poderia representar benefícios da ordem de dezenas de bilhões anuais.

A análise de custo-efetividade exige comparação entre essas inovações e alternativas convencionais. Diversos autores alertam que o fortalecimento de capacidades existentes, como integração de bases de dados, ampliação de recursos humanos e uso de inteligência artificial clássica, pode produzir impactos significativos a custos inferiores (OECD, 2025; WORLD ECONOMIC FORUM, 2022). Essas tecnologias devem ser priorizadas em aplicações nas quais ofereçam vantagens insubstituíveis, como problemas computacionalmente intratáveis ou comunicações que demandem segurança física (PRESKILL, 2018).

Uma abordagem realista envolve estratégia escalonada. No curto prazo (1–3 anos), recomenda-se transição para criptografia pós-quântica, investimento em capacitação e parcerias para projetos-piloto (OECD, 2025). No médio prazo (3–7 anos), torna-se viável utilização experimental de plataformas quânticas via nuvem e implantação de protótipos de sensores em fronteiras críticas, com protocolos de cooperação internacional (WORLD ECONOMIC FORUM, 2022). No longo prazo (7–15 anos), vislumbra-se implementação de infraestruturas dedicadas de comunicação quântica, expansão de redes de sensores e integração plena aos fluxos investigativos regulares.

Por fim, a priorização dos investimentos deve considerar critérios como o grau de maturidade tecnológica, o impacto potencial sobre gargalos críticos das políticas de enfrentamento ao tráfico, as oportunidades de cooperação internacional com compartilhamento de custos e o alinhamento com estratégias nacionais mais amplas de inovação. Em países com restrições orçamentárias significativas, como o Brasil, a literatura sobre sistemas nacionais de inovação enfatiza a necessidade de uma abordagem seletiva e estratégica, concentrando recursos iniciais em nichos de maior retorno social e institucional e explorando sinergias com investimentos em áreas correlatas, como defesa, comunicações e pesquisa científica (CASSIOLATO; LASTRES, 2005; MAZZUCATO, 2018).

CONCLUSÃO

O tráfico de pessoas é uma das mais graves violações de direitos humanos da atualidade, marcado por redes criminosas cada vez mais sofisticadas, rotas que atravessam múltiplas jurisdições e uma capacidade de adaptação que desafia a aplicação da lei. Os 50 milhões de pessoas em escravidão moderna e os US$ 236 bilhões

movimentados por ano dão a medida do problema e da urgência de respostas. Como se argumentou ao longo do estudo, sistemas de vigilância como o SIVAM, o SISFRON e o SIPAM, ainda que importantes para a proteção territorial e ambiental da Amazônia, não foram concebidos para enfrentar o tráfico de pessoas, o que aponta para a necessidade de instrumentos complementares.

O estudo percorreu o panorama do tráfico de pessoas (rotas, redes transnacionais e vulnerabilidades brasileiras) e discutiu o que as tecnologias quânticas e pós-quânticas podem oferecer ao seu enfrentamento, entre aplicações práticas, desafios de implementação e cooperação internacional. A computação quântica, a criptografia pós-quântica e o sensoriamento quântico permitem processar grandes volumes de dados, rastrear fluxos financeiros, proteger comunicações com base nas leis da física e monitorar fronteiras com sensores de precisão. A inteligência artificial, de aplicação mais imediata, já se mostra eficaz na análise de anúncios on-line, na detecção de padrões e no apoio às investigações. A criptografia pós-quântica ocupa posição particular: adotá-la cedo, antes que as organizações criminosas migrem para esses padrões, pode dar às forças de segurança uma vantagem concreta na proteção de comunicações e dados sensíveis.

A incorporação dessas tecnologias enfrenta desafios consideráveis e demanda abordagem estratégica, gradual e planejada. No plano técnico, muitas encontram-se em estágios de desenvolvimento que limitam aplicações imediatas: computadores quânticos com recursos úteis ainda não estão amplamente disponíveis; sensores requerem transição de protótipos para dispositivos operacionais; e infraestrutura de comunicação quântica demanda investimentos massivos.

No plano operacional, a escassez de recursos humanos que combinem expertise nessas áreas com conhecimento de investigação criminal representa gargalo crítico. Programas de capacitação e

parcerias entre instituições acadêmicas, agências de segurança e setor privado são essenciais, mas demandam tempo e investimentos sustentados.

No plano regulatório, a harmonização de marcos jurídicos entre jurisdições, o estabelecimento de protocolos padronizados e a criação de mecanismos de supervisão requerem negociações complexas que transcendem questões técnicas, envolvendo soberanias nacionais, diferentes tradições jurídicas e prioridades divergentes.

No plano ético, conciliar as capacidades dessas tecnologias com a proteção de direitos fundamentais (privacidade, devido processo, não discriminação) exige atenção permanente. Ferramentas de vigilância podem ser mal-empregadas e resultar em abusos, de modo que salvaguardas sólidas, transparência, supervisão independente e *accountability* tornam-se indispensáveis.

No caso brasileiro, marcado por recursos limitados e por demandas que competem entre si na segurança pública, a abordagem precisa ser seletiva. Seguindo o *roadmap* proposto, uma estratégia realista começaria pela transição para a criptografia pós-quântica nos sistemas críticos, aproveitando padrões já disponíveis; avançaria para a participação em projetos-piloto em parceria com instituições de pesquisa e com acesso a plataformas em nuvem; e reservaria o investimento em capacitação às áreas de maior potencial.

A colaboração regional, particularmente no MERCOSUL e arranjos bilaterais, pode amplificar capacidades via compartilhamento de recursos e coordenação de investigações. O tráfico na América do Sul opera através de redes que transcendem fronteiras; a resposta deve ser igualmente transnacional. Iniciativas conjuntas em desenvolvimento de competências, compartilhamento de infraestrutura e harmonização regulatória podem beneficiar múltiplos países da região.

As experiências internacionais mais recentes, como as iniciativas da Europol, projetos acadêmicos e desenvolvimentos na China, nos Estados Unidos e no Reino Unido, trazem lições relevantes sobre o potencial e as dificuldades de implementação dessas tecnologias. O Brasil pode aprender com elas e adaptar as soluções bem-sucedidas às suas condições.

Este estudo apresenta limitações. A análise baseou-se predominantemente em literatura técnica e relatórios institucionais, sem validação empírica. Ademais, a rápida evolução dessas tecnologias implica que parte das avaliações pode tornar-se desatualizada em horizontes curtos. Pesquisas futuras devem incluir: avaliações empíricas de projetos-piloto; análises de custo-efetividade entre abordagens quânticas e convencionais; estudos sobre impactos da criptografia pós-quântica na cooperação policial; e investigações sobre dimensões éticas da utilização de sensores em monitoramento.

Convém manter uma perspectiva equilibrada: nenhuma ferramenta substitui as políticas públicas que atacam as causas estruturais do tráfico. As vulnerabilidades socioeconômicas que expõem as pessoas ao aliciamento, como pobreza, desigualdade, falta de oportunidades, discriminação e baixa escolaridade, precisam ser enfrentadas por políticas sociais e econômicas. A redução duradoura do tráfico depende de transformações estruturais.

As tecnologias quânticas e pós-quânticas devem ser vistas como instrumentos complementares, que ampliam a capacidade investigativa sem deslocar a centralidade da dignidade humana e dos direitos fundamentais. Seu potencial no enfrentamento ao tráfico é real, mas depende de esforço coordenado, investimento sustentado, cooperação internacional efetiva e vigilância constante para que sirvam à justiça e à proteção de direitos.

A chamada segunda revolução quântica está em curso e alcança diferentes áreas. O enfrentamento ao tráfico de pessoas pode se beneficiar dessas inovações, desde que haja planejamento, parcerias internacionais consistentes, investimento bem direcionado e compromisso ético. Nessas condições, tais tecnologias podem contribuir para reduzir a exploração de pessoas e para proteger de forma mais efetiva a dignidade humana.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, M. M. *et al*. "Qualidade em Pesquisa Qualitativa Organizacional: tipos de triangulação como alternativa metodológica". **Administração: Ensino e Pesquisa**, vol. 19, n. 1, 2018.

ARUTE, F. *et al*. "Quantum supremacy using a programmable superconducting processor". **Nature**, vol. 574, n. 7779, 2019.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Editora Edições 70, 2011.

BERNSTEIN, D. J.; LANGE, T. "Post-quantum cryptography". **Nature**, vol. 549, n. 7671, 2017.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Planalto, 1988. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 21/04/2026.

BRASIL. **Lei n. 13.344, de 6 de outubro de 2016**. Brasília: Planalto, 2016. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 21/04/2026.

BRASIL. **Lei n. 13.709, de 14 de agosto de 2018**. Brasília: Planalto, 2018. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 21/04/2026.

BRASIL. **Relatório Nacional sobre Tráfico de Pessoas**: dados de 2021 a 2023. Brasília: Ministério da Justiça e Segurança Pública, 2024. Disponível em: <www.gov.br>. Acesso em: 21/02/2026.

BUZAN, B.; WÆVER, O.; DE WILDE, J. **Security**: A New Framework for Analysis. Boulder: Lynne Rienner Publishers, 1998.

CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. "Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política". **São Paulo em Perspectiva**, vol. 19, n. 1, 2005.

CELLARD, A. "A análise documental". *In*: POUPART, J. *et al*. **A pesquisa qualitativa**: enfoques epistemológicos e metodológicos. Petrópolis: Editora Vozes, 2008.

CISA - Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. **Post-Quantum Cryptography Initiative**. Washington: CISA, 2024. Disponível em: <www.cisa.gov>. Acesso em: 27/05/2026.

COSTA, C. A. B.; AZEVEDO, C. E. F.; MOREIRA, F. M. A. "Tecnologia quântica e defesa nacional: oportunidades e desafios para o Brasil". **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, vol. 23, n. 67, 2025.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativo, quantitativo e misto. Porto Alegre: Editora Artmed, 2010.

DARPA - Defense Advanced Research Projects Agency. **Robust Quantum Sensors (RoQS) Program**. Arlington: DARPA, 2024. Disponível em: <www.darpa.mil>. Acesso em: 21/02/2026.

DENZIN, N. K. **The Research Act**: A Theoretical Introduction to Sociological Methods. New York: McGraw-Hill, 1978.

UNIÃO EUROPEIA. "Regulamento Geral de Proteção de Dados (GDPR). Regulamento (UE) 2016/679 do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de abril de 2016". **Jornal Oficial da União Europeia**, n. 119, 2016.

EUROPOL. **Decoding the EU's Most Threatening Criminal Networks**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2023. Disponível em: <www.europol.europa.eu>. Acesso em: 21/05/2026.

FALOUTSOS, C. *et al*. "Detecting organized crime networks through online sex advertisement analysis". **IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATA ENGINEERING**. Piscataway: IEEE, 2021.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2009.

FURTADO, E. B.; FRANCHI, T. "O Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM): uma estratégia de monitoramento ambiental e dissuasão para a Amazônia brasileira". **Revista de Geopolítica**, vol. 14, n. 4, 2023.

GAO. **Science and Tech Spotlight**: Quantum Sensors. Washington: U.S. Government Accountability Office, 2024. Disponível em: <www.gao.gov>. Acesso em: 21/02/2026.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Editora Atlas, 2008.

GROVER, L. K. “A fast quantum mechanical algorithm for database Search”. **Annual ACM Symposium On Theory Of Computing**. New York: ACM, 1996.

ILO - International Labour Office. **Profits and Poverty**: The Economics of Forced Labour. Genebra: ILO, 2024. Disponível em: <www.ilo.org>. Acesso em: 21/03/2026.

ILO.; WALK FREE.; IOM. **Global Estimates of Modern Slavery**: Forced Labour and Forced Marriage. Genebra: International Labour Organization, 2022. Disponível em: <www.ilo.org>. Acesso em: 21/03/2026.

IJIGA, A. C. *et al*. “Advanced surveillance and detection systems using deep learning to combat human trafficking”. **Magna Scientia Advanced Research and Reviews**, vol. 11, n. 1, 2024.

IRC.; HPE. **AntiTraffickingResponse.org**: AI-Powered Platform to Combat Human Trafficking. New York: International Rescue Committee, 2025. Disponível em: <www.rescue.org>. Acesso em: 27/03/2026.

INTERPOL. **Countering Human Trafficking**: INTERPOL's Global Response. Lyon: INTERPOL General Secretariat, 2023. Disponível em: <www.interpol.int>. Acesso em: 21/03/2026.

KALDOR, M. **New and old wars**: organized violence in a global era. Cambridge: Polity Press, 2007.

KITCHENHAM, B. **Procedures for performing systematic reviews**. Keele: Keele University, 2004.

KOURTIS, M. A. *et al*. "Quantum Computing and Lawful Interception Applications". *In*: ROCHA, A. *et al.* (eds.). **Information Technology and Systems**. Cham: Springer, 2023.

LATONERO, M. **The Rise of Mobile and the Diffusion of Technology-Facilitated Trafficking**. Los Angeles: USC Annenberg Center on Communication Leadership and Policy, 2012.

L'HOIRY, X.; MORETTI, A.; ANTONOPOULOS, G. A. "Human trafficking and technology". **Trends in Organized Crime**, vol. 27, n. 1, 2024.

LOURENÇÃO, H. J. **A defesa nacional e a Amazônia**: o Sistema de Vigilância da Amazônia (SIVAM) (Dissertação de Mestrado em Ciência Política). Campinas: Unicamp, 2003.

MAKARENKO, T. "The crime–terror continuum: tracing the interplay between transnational organised crime and terrorismo". **Global Crime**, vol. 6, n. 1, 2004.

MAZZUCATO, M. **The Entrepreneurial State**: Debunking Public vs. Private Sector Myths. London: Penguin Books, 2018.

MOSCA, M. "Cybersecurity in an Era with Quantum Computers: Will We Be Ready?" **IEEE Security and Privacy**, vol. 16, n. 5, 2018.

NIELSEN, M. A.; CHUANG, I. L. **Quantum Computation and Quantum Information**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

NIST - National Institute of Standards and Technology. **Post-Quantum Cryptography**: FIPS 203, 204, 205. Gaithersburg: NIST,

2024. Disponível em: <www.csrc.nist.gov>. Acesso em: 21/03/2026.

OEA - Organização dos Estados Americanos. **Declaração sobre Segurança nas Américas**. Cidade do México: OEA, 2003. Disponível em: <www.oas.org>. Acesso em: 21/03/2026.

OECD. **Science, Technology and Innovation Outlook 2021**: Times of Crisis and Opportunity. Paris: OECD Publishing, 2021. Disponível em: <www.oecd.org>. Acesso em: 21/03/2026.

OECD. **A quantum technologies policy primer**. Paris: OECD Publishing, 2025. Disponível em: <www.oecd.org>. Acesso em: 21/03/2026.

ONU. **Convenção das Nações Unidas contra o Crime Organizado Transnacional (Convenção de Palermo) e Protocolo Adicional Relativo à Prevenção, Repressão e Punição do Tráfico de Pessoas, em Especial Mulheres e Crianças**. Nova York: Nações Unidas, 2000. Disponível em: <www.unodc.org>. Acesso em: 21/01/2026.

PATTON, M. Q. **Qualitative Research and Evaluation Methods**. Thousand Oaks: Sage Publications, 2002.

PETTICREW, M.; ROBERTS, H. **Systematic Reviews in the Social Sciences**: A Practical Guide. Malden: Blackwell Publishing, 2006.

PIOVESAN, F. “Direitos humanos, o princípio da dignidade humana e a Constituição Brasileira de 1988”. **Revista dos Tribunais**, vol. 94, n. 833, 2005.

PRESKILL, J. “Quantum Computing in the NISQ era and beyond”. **Quantum**, vol. 2, 2018.

RAGIN, C. C. **The Comparative Method**: Moving Beyond Qualitative and Quantitative Strategies. Berkeley: University of California Press, 1987.

SENADO FEDERAL. **Comissão Parlamentar de Inquérito destinada a investigar o tráfico nacional e internacional de pessoas no Brasil**: Relatório Final. Brasília: Senado Federal, 2012. Disponível em: <www.senado.leg.br>. Acesso em: 21/01/2026.

SHELLEY, L. I. **Human Trafficking**: A Global Perspective. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

SHOR, P. W. “Algorithms for quantum computation: discrete logarithms and factoring”. **Annual Symposium On Foundations Of Computer Science**. Los Alamitos: IEEE Computer Society, 1994.

UK QUANTUM TECHNOLOGY HUB SENSORS AND TIMING. **Quantum Sensors for Border Security Applications**. Birmingham: University of Birmingham, 2021. Disponível em: <www.quantumsensors.org>. Acesso em: 21/01/2026.

UNDP. **Human Development Report 1994**: New Dimensions of Human Security. New York: Oxford University Press, 1994. Disponível em: <www.undp.org>. Acesso em: 21/02/2026.

UNODC - United Nations Office on Drugs and Crime. **Global Report on Trafficking in Persons 2024**. Vienna: UNODC, 2024. Disponível em: <www.unodc.org>. Acesso em: 21/01/2026.

UNODC- United Nations Office on Drugs and Crime. **Drug mules**: Swallowed by the illicit drug trade. Vienna: UNODC, 2012. Disponível em: <www.unodc.org>. Acesso em: 27/01/2026.

UNODC - United Nations Office on Drugs and Crime. **Using the Power of Technology to Help Victims of Human Trafficking**. Vienna: UNODC, 2022. Disponível em: <www.unodc.org>. Acesso em: 27/01/2026.

WEBSTER, J.; WATSON, R. T. "Analyzing the past to prepare for the future: writing a literature review". **MIS Quarterly**, vol. 26, n. 2, 2002.

WILLIAMS, P. "Transnational criminal organisations and international security". **Survival**, vol. 36, n. 1, 1994.

WORLD ECONOMIC FORUM. **State of Quantum Computing**: Building a Quantum Economy. Genebra: World Economic Forum, 2022. Disponível em: <www.weforum.org>. Acesso em: 21/01/2026.