

ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA

NEI LINS DE OLIVEIRA

**A TECNOLOGIA 5G NOS SISTEMAS DE COMANDO E
CONTROLE DOS GRUPAMENTOS OPERATIVOS DE
FUZILEIROS NAVAIS:**

possibilidades, limitações e perspectivas.

Artigo apresentado ao Departamento de Estudos da Escola Superior de Guerra como requisito parcial à obtenção do certificado do Curso de Gestão, Logística e Apoio à Decisão.

Orientador: Prof. Dr./Cel R1 Sergio Kostin

Rio de Janeiro

2025

Este trabalho, nos termos de legislação que resguarda os direitos autorais, é considerado propriedade da ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA (ESG). É permitida a transcrição parcial de textos do trabalho, ou mencioná-los, para comentários e citações, desde que sem propósitos comerciais e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do autor e não expressam qualquer orientação institucional da ESG.

NEI LINS DE OLIVEIRA

A TECNOLOGIA 5G NOS SISTEMAS DE COMANDO E CONTROLE DOS GRUPAMENTOS OPERATIVOS DE FUZILEIROS NAVAIS: POSSIBILIDADES, LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS.

NEI LINS DE OLIVEIRA¹

RESUMO

Este artigo analisa as possibilidades e limitações da aplicação da tecnologia 5G nos Sistemas de Comando e Controle (SisC2) dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais (GptOpFuzNav), avaliando sua aderência aos requisitos técnicos, operacionais e estratégicos dessas estruturas. O estudo, de abordagem exploratória e descritiva, configura-se como estudo de caso fundamentado em investigação bibliográfica e pesquisa de campo com quatorze oficiais do Corpo de Fuzileiros Navais atuantes em SisC2. Os dados coletados por questionário estruturado foram analisados por médias, desvios-padrão e correlação de Spearman. Os resultados indicaram elevado grau de concordância quanto à adequação técnica e operacional do 5G - especialmente baixa latência, alta velocidade de transmissão e integração de sistemas -, mas também apontaram preocupações com cibersegurança, dependência tecnológica e cobertura em áreas remotas. Conclui-se que o 5G tem potencial significativo para ampliar a capacidade e interoperabilidade dos SisC2, desde que sua adoção seja gradual, segura e orientada por governança institucional, em conformidade com as diretrizes da Política e da Estratégia Nacional de Defesa.

Palavras-chave: comando e controle; tecnologia 5G; fuzileiros navais; cibersegurança; defesa nacional.

ABSTRACT

This article analyzes the possibilities and limitations of applying 5G technology in the Command-and-Control Systems (C2 Systems) of the Marines Operational Groups, assessing its adherence to technical, operational, and strategic requirements. The study adopts an exploratory and descriptive approach, configured as a case study based on bibliographic research and fieldwork with fourteen Marines officers directly involved with C2 Systems. Data collected through a structured questionnaire were analyzed using means, standard deviations, and Spearman correlation. Results indicated a high degree of agreement regarding the technical and operational suitability of 5G - particularly low latency, high transmission speed, and system integration - while also revealing concerns about cybersecurity, technological dependence, and coverage in remote areas. It is concluded that 5G has significant potential to enhance the capacity and interoperability of C2 Systems, provided its adoption occurs gradually, securely, and under institutional governance, in accordance with the guidelines of the National Defense Policy and Strategy.

Keywords: command and control; 5G technology; marines; cybersecurity; national defense.

¹ 1ºTen (AFN) NEI LINS DE OLIVEIRA

1 INTRODUÇÃO

No ambiente contemporâneo de combate, o exercício do comando é dificultado pela incerteza, pela volatilidade da informação e pela crescente influência do domínio cognitivo sobre as decisões militares. A guerra moderna extrapola os limites físicos do campo de batalha e se estende ao espaço informacional, no qual a percepção e a interpretação dos fatos tornam-se fatores decisivos. Brittain-Hale (2023) destaca que, na era digital, a manipulação de dados e narrativas passa a constituir um instrumento estratégico de poder, capaz de influenciar comportamentos e alterar o equilíbrio das operações. Nesse contexto, o aprimoramento das capacidades de Comando e Controle (C2) assume papel central, exigindo o emprego de tecnologias que reduzam a incerteza, aumentem a consciência situacional e garantam a superioridade decisória das forças em operação.

Entre as capacidades fundamentais das Forças Armadas, destaca-se o Comando e Controle (C2), entendido como o exercício da autoridade, direção e coordenação atribuídas a um comandante para empregar forças subordinadas na consecução de uma missão (NATO, 2025). Em um cenário marcado pela aceleração informacional e pela complexidade das operações multidomínio, os Sistemas de Comando e Controle (SisC2) consolidam-se como instrumentos indispensáveis para a obtenção da superioridade decisória. Tais sistemas exigem elevada velocidade de transmissão de dados, interoperabilidade entre plataformas, processamento eficiente das informações e apoio à tomada de decisão em tempo real. A incorporação de tecnologias emergentes e disruptivas, como a comunicação 5G, a inteligência artificial e a computação de borda, torna-se essencial para ampliar a consciência situacional e assegurar a prontidão operacional, em conformidade com as diretrizes da Política Nacional de Defesa (PND) e da Estratégia Nacional de Defesa (END) (BRASIL, 2020).

Diante desse cenário, este trabalho analisa as possibilidades e limitações da tecnologia 5G aplicadas às operações militares, formulando o seguinte problema de pesquisa: Em que medida a tecnologia 5G atende aos requisitos dos Sistemas de Comando e Controle dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais, considerando também as barreiras que dificultam sua implementação?

A hipótese sustenta que, com baixa latência, alta velocidade e conectividade massiva, a tecnologia 5G apresenta forte aderência às necessidades dos SisC2, mas exige superar barreiras como riscos cibernéticos, cobertura restrita e dependência de

infraestrutura crítica.

O objetivo geral é avaliar a aderência da tecnologia 5G às necessidades dos Sistemas de Comando e Controle dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais, identificando barreiras técnicas, operacionais e estratégicas. Os objetivos específicos são:

- (i) investigar as principais características técnicas do 5G aplicáveis aos SisC2;
- (ii) descrever os requisitos operacionais dos GptOpFuzNav;
- (iii) analisar estudos e documentos sobre o uso do 5G na Defesa, com ênfase nas barreiras à sua adoção;
- (iv) compreender as percepções de especialistas sobre as possibilidades e limitações da tecnologia; e
- (v) sistematizar recomendações para uma adoção segura e eficiente do 5G em ambientes militares.

O estudo delimita-se à análise técnica do 5G no contexto militar, notadamente quanto à baixa latência, elevada velocidade e conectividade massiva (DANGI et al., 2022). O foco recai sobre os SisC2 dos GptOpFuzNav da Marinha do Brasil, sem abordar outras Forças Armadas ou aplicações civis. O período de análise compreende o lançamento da tecnologia 5G até os estudos mais recentes.

A relevância da pesquisa manifesta-se em três dimensões: estratégica, ao contribuir para a modernização e o domínio de tecnologias críticas (BRASIL, 2020); operacional, ao responder à necessidade de comunicações resilientes em missões de Garantia da Lei e da Ordem e ajuda humanitária; e científica, ao preencher lacuna ainda pouco explorada na literatura nacional sobre a aderência do 5G aos SisC2 dos GptOpFuzNav.

Segundo Vergara (2016, p. 73), a metodologia aplicada é um estudo de caso com abordagem exploratória e descritiva, centrada nas percepções de oficiais que atuam diretamente nos sistemas C2 dos GptOpFuzNav. Complementarmente, recorre-se à pesquisa bibliográfica em documentos normativos, relatórios institucionais e literatura científica especializada, a fim de examinar teorias e publicações relacionadas à aplicação do 5G no setor de Defesa.

Esta pesquisa oferece uma visão crítica sobre a aderência do 5G aos Sistemas de Comando e Controle dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais, considerando tanto suas potencialidades quanto limitações. Encerrada esta introdução, a próxima seção apresenta o referencial teórico, que fundamenta a análise

e discute os principais conceitos e desafios associados à integração do 5G aos sistemas militares.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico deste trabalho é construído a partir da literatura recente, de documentos estratégicos nacionais e de manuais doutrinários do Corpo de Fuzileiros Navais. Ele fornece a base conceitual e normativa para compreender as potencialidades e limitações do emprego da tecnologia 5G nos Sistemas de Comando e Controle (SisC2) dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais (GptOpFuzNav).

2.1 Fundamentação Doutrinária e Normativa do Comando e Controle

O Comando e Controle (C2) constitui função vital nas operações militares. Definido como o exercício de autoridade e direção por um comandante sobre forças atribuídas, o Comando e Controle (C2) pode ser analisado pelos vetores quem, o quê, quando, onde e como, que estruturam o processo decisório e os meios empregados (CRS, 2022).

A NATO e o Departamento de Defesa dos Estados Unidos reforçam que os sistemas de C2 devem garantir vantagem decisória e informacional em todos os domínios, mesmo em ambientes contestados (DoD, 2022; NATO, 2020). No Brasil, a Política Nacional de Defesa (PND) e a Estratégia Nacional de Defesa (END) destacam que a modernização dos SisC2 é indispensável para a soberania e a interoperabilidade das Forças Armadas (BRASIL, 2020).

No nível doutrinário, os manuais CGCFN-60 (2008) e CGCFN-0-1 (2020) apontam que os GptOpFuzNav requerem sistemas de comunicações flexíveis, capazes de apoiar operações anfíbias e expedicionárias em ambientes dinâmicos, assegurando comando descentralizado, sincronização e consciência situacional (Brasil, 2008; Brasil, 2020).

2.1.1 Comando e Controle

O C2 deve ser compreendido como um sistema complexo integrado por

peças, processos e tecnologias para lidar com a dinâmica operacional (Claverie & Desclaux, 2022). Eisenberg et al. (2018) ressaltam que esses sistemas atuam em quatro domínios - físico, informacional, social e cognitivo -, nos quais a agilidade é atributo fundamental.

Pesquisas recentes destacam que a resiliência e a segurança devem estar no centro da concepção dos SisC2, pois adversários tendem a atacar as comunicações e o espectro eletromagnético para negar a vantagem de comando (CRS, 2022; DoD, 2022).

2.1.2 Ciclo OODA

O processo decisório militar pode ser representado pelo ciclo Observe, Orient, Decide, Act (OODA). Johnson (2023) enfatiza que, embora a inteligência artificial e o aprendizado de máquina acelerem a observação e a análise, a fase de orientação continua essencialmente humana. Isso reforça o princípio de missão comando, no qual decisões descentralizadas e contextualizadas são fundamentais em operações rápidas.

A doutrina do CFN também incorpora o ciclo OODA como parte central do emprego dos GptOpFuzNav, destacando que a velocidade na decisão e a consciência situacional são determinantes para o êxito (Brasil, 2008; Brasil, 2020).

2.1.3 Desempenho dos Sistemas de C2

Drews e Fiedrich (2024) identificam seis fatores principais de desempenho em C2: cenário, resiliência, consciência situacional, processo decisório, estrutura/equipe e execução. Esses fatores podem ser avaliados em três dimensões: processo, efetividade e eficiência.

No caso dos GptOpFuzNav, a doutrina nacional reforça que a eficácia dos SisC2 depende da capacidade de integrar fluxos de informação, apoiar decisões quase em tempo real e resistir a ambientes contestados, incluindo a sobrecarga informacional e as limitações de infraestrutura (Brasil, 2008; Brasil, 2020). Esses desafios de desempenho apontam para a necessidade de tecnologias emergentes capazes de ampliar resiliência e velocidade decisória, entre as quais se destaca o 5G.

2.2 Tecnologia 5G: Conceitos e Atributos Técnicos

A quinta geração móvel (5G) foi concebida em um processo de padronização conduzido pelo 3GPP, sendo a Release 15 responsável por inaugurar o New Radio (NR) e aprimorar o LTE com foco em eMBB, enquanto as Releases 16 e 17 incorporaram de forma plena URLLC e mMTC (Dangi et al., 2022). Na fase inicial de adoção, predominou a arquitetura NSA (non-standalone), na qual o NR dependia do core 4G, evoluindo posteriormente para a configuração SA (standalone), com núcleo 5G próprio (Bhardwaj, 2020).

Do ponto de vista da arquitetura, o 5G integra avanços na Radio Access Network (RAN) e no core virtualizado, viabilizando funções como network function virtualization (NFV), network slicing e multi-access edge computing (MEC) (Tóth, 2022). O slicing permite a criação de “fatias” de rede com requisitos distintos de desempenho e segurança (Miličević & Bojković, 2024), enquanto o MEC desloca funções para a borda da rede, reduzindo a latência e assegurando a operação de “clusters” locais mesmo diante de falhas ou degradação do backhaul (Tóth, 2022).

No plano dos serviços, o 5G foi estruturado em três cenários de referência: eMBB, destinado a altas taxas de transmissão de dados; URLLC, voltado a comunicações de latência ultrabaixa e elevada confiabilidade; e mMTC, orientado à conectividade massiva de dispositivos (Dangi et al., 2022). Esses cenários são considerados pilares para suportar aplicações críticas, especialmente no campo militar, em que diferentes requisitos de comunicação coexistem em um mesmo teatro de operações.

Em termos de espectro, o 5G opera em duas faixas principais: FR1 e FR2. As faixas baixas oferecem ampla cobertura, as médias equilibram capacidade e alcance, enquanto as altas (mmWave) proporcionam taxas de transmissão extremamente altas em enlaces de linha de visada (Skokowski et al., 2022; Bhardwaj, 2020). Essa diversidade de espectro permite que a rede seja adaptada a diferentes ambientes operacionais, o que é particularmente relevante para as operações expedicionárias dos GptOpFuzNav.

No que se refere ao desempenho, o 5G possibilita uma taxa de transferência em downlink de até 20 Gb/s em cenários ideais (Miličević & Bojković, 2024) e latência reduzida na ordem de 8 a 12 milissegundos, com metas próximas

a 1 e 3 ms em configurações URLLC em redes SA, porém essa última, ainda em fase de maturação. Por outro lado, na tecnologia 4G, a latência típica é entre 30 e 40 ms, o que evidencia ganhos relevantes para aplicações militares que demandam resposta em tempo real. Tais avanços decorrem de recursos como small cells, beamforming e massive MIMO (Bhardwaj, 2020).

Por fim, o 5G incorpora mecanismos de comunicação direta entre terminais, conhecidos como ProSe ou Sidelink, cuja funcionalidade já está prevista no padrão 5G NR, mas cujo uso tático ainda depende da maturidade dos equipamentos, da habilitação de firmware e da homologação específica para operação em ambientes sem infraestrutura de rede (Tóth, 2022). A integração com redes não terrestres (NTN), como satélites de órbita baixa (LEO) e plataformas aéreas de alta altitude (HAPS), está prevista e em validação nas Releases 17 e 18 do 3GPP, devendo amadurecer nos próximos ciclos tecnológicos antes de atingir plena operacionalidade. Essa evolução é essencial para ampliar a cobertura em áreas remotas e marítimas, aspecto estratégico para operações expedicionárias (Zmysłowski et al., 2023). Em resumo, os atributos técnicos do 5G demonstram elevado potencial para uso militar. A seguir, analisam-se as aplicações práticas da tecnologia no setor de Defesa, com destaque para seu impacto no Comando e Controle.

2.3 Aplicações do 5G no Setor de Defesa

O emprego do 5G no setor de Defesa vem sendo explorado em diversos países e organizações militares como meio de ampliar a capacidade de comando, controle e comunicações. Estudos indicam que a tecnologia pode transformar a forma como as Forças Armadas utilizam dados em operações, especialmente pela combinação de alta velocidade, baixa latência e conectividade massiva, elementos diretamente relacionados à redução do tempo para o ciclo decisório e ao fortalecimento da consciência situacional (Bhardwaj, 2020).

Entre as aplicações mais discutidas encontram-se aquelas associadas ao Internet of Military Things (IoMT) e ao Internet of Battle Things (IoBT). Tais conceitos pressupõem a integração de sensores, plataformas autônomas, dispositivos portáteis e sistemas de armas em uma malha de conectividade unificada. O 5G atua como elo de comunicação capaz de transmitir informações

em tempo quase real, permitindo que o comandante e seus subordinados operem com uma visão compartilhada do ambiente operacional. Assim, o IoMT/IoBT deixa de ser apenas uma inovação tecnológica e passa a representar uma expansão do alcance e da precisão dos SisC2 (Marmaras, 2025; Kufakunesu; Myburgh; De Freitas, 2025).

No contexto anfíbio, aplicações como comunicações ship-to-shore, o controle remoto de UAVs e USVs e a coordenação de logística portuária evidenciam, por exemplo, como o 5G pode assegurar enlaces confiáveis para as operações expedicionárias dos Fuzileiros Navais. Esses enlaces não apenas suportam a manobra das forças, mas também garantem que o comandante mantenha controle efetivo sobre unidades dispersas em diferentes vetores do Teatro Operacional (TO) (Zmysłowski et al., 2023).

O setor aéreo oferece exemplos complementares. O emprego de UAVs conectados por 5G, explorando as capacidades do URLLC, permite enlaces de comando mais confiáveis e operações colaborativas com latências reduzidas. Esse desempenho não se traduz apenas em eficiência técnica, mas em maior rapidez no ciclo OODA e maior segurança no exercício da autoridade em ambientes contestados, ainda que permaneçam desafios relacionados a interferência e guerra eletrônica (Banafaa et al., 2024; Quliyev; Gahramanova, 2025; Skokowski et al., 2022; Arjoune; Faruque, 2020).

Além disso, o 5G abre caminho para simulações realísticas e logística inteligente, que, sob a ótica do C2, significam aumento do preparo da tropa e maior eficiência nas operações. Experimentos conduzidos em outros países ilustram como redes privadas baseadas em 5G podem apoiar diretamente o comando em bases, navios ou acampamentos avançados (DoD, 2024).

Por fim, a convergência do 5G com inteligência artificial, computação em nuvem e blockchain deve ser interpretada como um reforço das funções clássicas de C2: coletar, processar, transmitir e proteger informações. Redes mais resilientes e distribuídas elevam a capacidade dos GptOpFuzNav de manter continuidade do comando e de operar em ambientes complexos e de alta intensidade (Miličević; Bojković, 2024; Kostopoulos et al., 2025; Tóth, 2022). As aplicações do 5G indicam ganhos relevantes em consciência situacional e ciclo decisório. Contudo, para avaliar sua efetiva aderência ao contexto dos GptOpFuzNav, é necessário cotejá-las com os requisitos doutrinários e operacionais de seus SisC2, apresentados na

seção seguinte.

2.4 Requisitos dos Sistemas de Comando e Controle dos GptOpFuzNav

Os Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais (GptOpFuzNav) são estruturas modulares e expedicionárias, concebidas para atuar em operações anfíbias, de paz, humanitárias e de garantia da lei e da ordem. De acordo com o Manual Básico dos GptOpFuzNav (Brasil, 2020), tais organizações demandam Sistemas de Comando e Controle (SisC2) que assegurem a integração de elementos de terra, mar e ar, garantindo a unidade de comando e a coordenação eficaz em ambientes complexos.

O Manual de Comando e Controle dos GptOpFuzNav (Brasil, 2008) define o SisC2 como o conjunto de pessoal, equipamentos, doutrina e procedimentos que viabilizam o exercício da autoridade pelo comandante. Seu propósito é fornecer informações oportunas, confiáveis e precisas para apoiar a tomada de decisão em todos os níveis, além de permitir o acompanhamento da execução e o redirecionamento das ações sempre que necessário.

Entre os principais requisitos destacados para os SisC2 dos GptOpFuzNav encontram-se elementos como flexibilidade, interoperabilidade, velocidade de decisão, consciência situacional, segurança, resiliência, mobilidade e disponibilidade. A flexibilidade se refere à capacidade de adaptação a diferentes tipos de operação, como anfíbias, humanitárias e de garantia da lei e da ordem, permitindo rápida reconfiguração de estruturas e fluxos de informação (Brasil, 2020). A interoperabilidade, por sua vez, traduz-se na integração com outras Forças e organismos civis, mediante comunicações seguras e padronizadas em operações conjuntas e combinadas (Brasil, 2008).

Outro requisito central é a velocidade de decisão, associada à redução do tempo entre observação, análise e ação, o que sustenta o princípio de “missão comando” e o ciclo decisório descentralizado (Brasil, 2008; Brasil, 2020). A consciência situacional compartilhada também se destaca, pois exige a consolidação e distribuição de informações relevantes em todos os escalões, garantindo que haja uma visão comum do ambiente operacional (Brasil, 2020).

A segurança e a resiliência aparecem como elementos indispensáveis, já que as comunicações devem manter-se robustas frente a degradações,

interferências ou interceptações, assegurando a continuidade do comando mesmo em ambientes contestados (Brasil, 2008). Além disso, a mobilidade e a disponibilidade completam o quadro de requisitos, uma vez que os sistemas precisam ser compatíveis com a natureza expedicionária do CFN, possibilitando instalação, operação e desdobramento rápidos em áreas remotas ou sem infraestrutura estabelecida (Brasil, 2020).

Esses atributos demonstram que os SisC2 dos GptOpFuzNav extrapolam os limites tecnológicos, integrando pessoas, doutrina e processos que, em conjunto, asseguram o exercício do comando. Ao mesmo tempo, reforçam a necessidade de constante atualização tecnológica, em especial diante da crescente complexidade e das exigências de interoperabilidade, velocidade e resiliência que caracterizam o ambiente operacional contemporâneo. Embora os requisitos doutrinários dos SisC2 dos GptOpFuzNav definam parâmetros claros de desempenho, a adoção do 5G enfrenta barreiras técnicas, operacionais e estratégicas que podem limitar sua efetividade, como se analisa na próxima seção.

2.5 Barreiras Técnicas e Operacionais à Adoção do 5G

Apesar do potencial transformador do 5G para o setor de Defesa, sua adoção não ocorre sem restrições. A literatura especializada identifica barreiras técnicas, operacionais e estratégicas que precisam ser consideradas para que as Forças Armadas utilizem essa infraestrutura de forma segura e eficaz. Essas barreiras vão de vulnerabilidades cibernéticas e riscos de espionagem até limitações de cobertura em ambientes hostis e dependência de fornecedores estrangeiros (NATO, 2020; DoD, 2022; DoD, 2024).

No campo da segurança cibernética, a virtualização intensiva que caracteriza o núcleo 5G amplia a superfície de ataque, sobretudo pelo uso de network functions virtualization (NFV) e pela exposição de interfaces de programação (APIs). Esse cenário torna as redes suscetíveis a falhas de configuração e exploração de vulnerabilidades em ambientes híbridos NSA e SA (Holtrup et al., 2021). A dependência de infraestruturas comerciais e a interconexão com redes civis elevam os riscos de espionagem e interceptação de dados críticos, representando ameaça à soberania digital (Sarjito, 2024).

A preocupação é ainda mais relevante em operações de coalizão, nas quais a interoperabilidade e o compartilhamento de dados entre países aliados exigem altos níveis de confiança. Estudos no âmbito da OTAN alertam que o 5G, por não ter sido concebido originalmente para fins militares, demanda o estabelecimento de políticas de segurança específicas, parâmetros de referência confiáveis e uso de slicing auditável, sob pena de comprometer a condução de operações conjuntas (Dzogovic & Holtmanns, 2024).

No domínio do espectro e da guerra eletrônica, os riscos de jamming são recorrentes. O 5G introduz novos canais de controle no New Radio (NR), como o PDCCH e o SSB, que podem ser explorados por atacantes. Pesquisas indicam que smart jammers podem concentrar esforços em pontos críticos da rede, reduzindo custos de energia e aumentando a eficácia da interferência (Arjouné & Faruque, 2020). Ainda que propostas de mitigação como beamforming adaptativo e null steering estejam em desenvolvimento, não há maturidade tecnológica suficiente para neutralizar todas as ameaças em cenários militares (Skokowski et al., 2022; Holguin et al., 2025).

No caso de plataformas autônomas, como UAVs, embora o 5G amplie a confiabilidade dos enlaces de comando e telemetria, permanecem riscos de spoofing e jamming em ambientes contestados (Quliyev & Gahramanova, 2025). Situação semelhante ocorre no Internet of Battle Things (IoBT), em que a conectividade massiva e a mobilidade extrema impõem desafios como topologias dinâmicas e exposição a ataques eletrônicos (Kufakunesu; Myburgh; De Freitas, 2025).

Do ponto de vista operacional, há dificuldades de garantir cobertura em ambientes anfíbios, nos quais o sinal sofre degradação ou depende de redes não terrestres para se manter estável (Zmysłowski et al., 2023). Soma-se a isso a robustez limitada de módulos comerciais adaptados para o uso militar, cujo custo elevado e resistência insuficiente a condições adversas dificultam a adoção em larga escala (Singh & Joseph, 2024).

Sob a ótica estratégica e geopolítica, destaca-se a dependência de fornecedores estrangeiros como risco significativo à soberania (NATO, 2020). Relatórios apontam que o 5G pode permitir o rastreamento de movimentos militares por meio da análise de dados de sinalização, expondo deslocamentos de tropas e comboios (CIVITTA; CCDCOE, 2022). Na Europa, discute-se a vulnerabilidade

decorrente da dependência de redes públicas e da ausência de autonomia digital (Lee et al., 2023). No plano internacional, observa-se que a China avança no uso dual da tecnologia, criando assimetrias estratégicas que podem afetar o equilíbrio de poder (Wu, 2023).

Em síntese, a adoção do 5G em operações militares deve ser acompanhada de medidas de mitigação que considerem tanto riscos técnicos quanto implicações estratégicas. As barreiras evidenciam que o potencial da tecnologia só poderá ser explorado caso sejam adotadas políticas robustas de segurança, investimentos em infraestrutura própria e soluções específicas para ambientes expeditórios e contestados. Desse modo, as principais barreiras técnicas, operacionais e estratégicas identificadas na literatura e em documentos institucionais estão sistematizadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Barreiras à adoção do 5G em operações militares.

Barreira	Descrição	Autores/Fontes
Vulnerabilidades do <i>core</i> virtualizado	O uso intensivo de NFV e redes virtualizadas amplia a superfície de ataque, expondo APIs e funções críticas, comprometendo a confiabilidade dos fluxos de comando em ambientes NSA/SA.	Holtrup et al. (2021)
Espionagem em infraestruturas comerciais	A dependência de redes públicas aumenta o risco de interceptação de dados estratégicos, com impacto direto na segurança da informação de operações de C2.	Sarjito (2024); DoD (2024); NATO (2020)
Ausência de baseline de segurança militar	O 5G não foi concebido para defesa; exige políticas <i>zero-trust</i> , <i>slicing</i> auditável e governança própria em operações de coalizão para garantir interoperabilidade segura.	Dzogovic & Holtmanns (2024)
<i>Smart jamming</i>	Ataques dirigidos a canais de controle do 5G NR (PDCCH, SSB) bloqueiam comunicações críticas, reduzindo a capacidade de coordenação em operações anfíbias.	Arjoune & Faruque (2020); Skokowski et al. (2022)
Limitações de mitigação do jamming	Técnicas como <i>beamforming</i> e <i>null steering</i> ainda não estão maduras para uso em operações militares, limitando a resiliência dos enlaces de comando.	Holguin et al. (2025)
Vulnerabilidade de UAVs	Enlaces 5G aumentam a confiabilidade de UAVs, mas permanecem expostos a <i>spoofing</i> e jamming, afetando o controle remoto e a coleta de inteligência.	Quliyev & Gahramanova (2025)
Ambiente hostil em IoBT	Mobilidade extrema, topologias dinâmicas e operações em negação dificultam a estabilidade da rede, fragilizando a consciência situacional no campo de batalha.	Kufakunesu; Myburgh; De Freitas (2025)
Limitações em ambientes anfíbios	Cobertura degradada em cenários portuários/anfíbios compromete enlaces ship-to-shore e comunicações em operações expedicionárias.	Zmyślowski et al. (2023)
Rastreamento de movimentos militares	Dados de sinalização 5G podem ser explorados para monitorar deslocamentos de tropas e comboios, comprometendo sigilo de manobras.	CIVITTA; CCDCOE (2022)
Dependência externa e riscos de soberania digital	Adoção de redes públicas e fornecedores estrangeiros ameaça a autonomia tecnológica, a soberania e a segurança estratégica.	NATO (2020); Lee et al. (2023)

Fonte: O Autor (2025).

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho caracteriza-se como um estudo de caso, com abordagem exploratória e descritiva, conforme a classificação de Vergara (2016). É exploratória por buscar aprofundar o entendimento sobre o potencial da tecnologia 5G aplicada aos Sistemas de Comando e Controle (SisC2) dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais (GptOpFuzNav), tema ainda incipiente na literatura nacional; e descritiva por procurar levantar e analisar percepções de especialistas, confrontando-as com a base normativa e bibliográfica existente. Quanto aos meios, a pesquisa é bibliográfica e documental, fundamentada em artigos científicos recentes, relatórios institucionais, documentos estratégicos nacionais (PND/END) e manuais doutrinários do CFN (Brasil, 2008; Brasil, 2020). Complementarmente, adotou-se o levantamento de campo por meio da aplicação de questionário estruturado a oficiais especialistas em Sistemas de Comando e Controle.

3.1 Seleção da amostra

A amostra selecionada para esta pesquisa foi não probabilística e intencional, composta por oficiais do Corpo de Fuzileiros Navais que atuam nos Sistemas de Comando e Controle dos GptOpFuzNav. O critério de seleção baseou-se na experiência profissional em atividades ligadas à operação ou gestão de SisC2, assegurando que os respondentes possuíssem conhecimento técnico e prático sobre os requisitos operacionais e as barreiras enfrentadas em ambientes expedicionários. Essa escolha justifica-se pelo objetivo de obter percepções qualificadas, considerando que os oficiais entrevistados são usuários diretos dos sistemas analisados.

3.2 Coleta dos dados

A coleta de dados foi realizada por meio de questionário estruturado, elaborado com base na literatura científica, nos documentos normativos e nos objetivos da pesquisa. O instrumento foi dividido em blocos referentes às características técnicas do 5G, à aderência da tecnologia aos requisitos operacionais dos GptOpFuzNav e às barreiras técnicas, operacionais e estratégicas que condicionam sua adoção. As perguntas foram formuladas em escala do tipo Likert de

cinco pontos, variando de “discordo totalmente” a “concordo totalmente”, de modo a mensurar a intensidade das percepções dos especialistas e favorecer a padronização das respostas.

3.3 Modelagem das respostas

Os dados coletados foram tratados em duas etapas. Na primeira, realizou-se análise descritiva, com estatísticas básicas como frequência, média e desvio padrão, a fim de identificar padrões predominantes nas percepções dos especialistas. Na segunda, empregou-se análise correlacional com o coeficiente de Spearman, adequado para dados ordinais em escala Likert, permitindo verificar associações entre percepções sobre atributos técnicos do 5G e os requisitos dos SisC2. Adicionalmente, consideraram-se as barreiras mais recorrentes identificadas na literatura e em documentos normativos, confrontando-as com as respostas obtidas. Esse procedimento possibilitou verificar convergências e divergências entre teoria e prática, garantindo maior consistência às conclusões. A opção por técnicas descritivas e não paramétricas justifica-se pelo tamanho reduzido da amostra e pela natureza dos dados, em conformidade com boas práticas metodológicas aplicáveis a estudos de caso no campo das Ciências Militares.

Concluída a apresentação dos procedimentos metodológicos, a próxima seção dedica-se à análise e discussão dos resultados, na qual as percepções dos especialistas são confrontadas com o referencial teórico e os documentos normativos.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta seção analisa os resultados da pesquisa de campo à luz da literatura, avaliando a aderência do 5G aos requisitos técnicos, operacionais e estratégicos dos SisC2 dos GptOpFuzNav. São discutidos desempenho, integração de sistemas, interoperabilidade e limitações como cibersegurança, dependência tecnológica, cobertura em áreas remotas e operação em ambientes contestados. Ressalta-se a importância de políticas de segurança, parâmetros de referência confiáveis e slicing auditável para garantir a condução segura de operações conjuntas, evidenciando o potencial do 5G para ampliar a capacidade e resiliência dos SisC2.

4.1 Caracterização da amostra

A amostra foi composta por quatorze oficiais do Corpo de Fuzileiros Navais, todos com experiência na operação ou supervisão de Sistemas de Comando e Controle (SisC2) no âmbito dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais (GptOpFuzNav). O processo de seleção seguiu o princípio da amostragem intencional, conforme Vergara (2016), priorizando indivíduos capazes de fornecer informações relevantes ao problema de pesquisa. Foram incluídos oficiais de diferentes círculos hierárquicos - subalternos, intermediários e superiores - o que garantiu visão plural e representativa da cadeia de comando. Observou-se que 85,7% possuíam mais de três anos de atuação em funções de comando, controle e comunicações, e 78,6% haviam participado de missões reais integrando Grupamentos Operativos. O instrumento aplicado consistiu em questionário estruturado com dezenove questões, sendo quinze em escala Likert de cinco pontos e quatro voltadas à caracterização do perfil dos respondentes. O formato eletrônico adotado facilitou o envio e assegurou o anonimato das respostas, resultando em 100% de taxa de retorno. Essa representatividade garantiu consistência e validade interna à base de dados, permitindo que as análises subsequentes refletissem percepções de profissionais efetivamente inseridos no contexto operacional.

4.2 Descrição dos resultados

O tratamento inicial dos dados baseou-se na análise descritiva das quinze variáveis em escala Likert, conforme delineado na metodologia. As médias variaram entre 3,8 e 4,6, com maior concordância nas questões sobre velocidade de decisão, consciência situacional e integração de sistemas apoiadas pelo 5G. O valor médio global de 4,2 pontos indica alta aceitação técnica e operacional, sugerindo aderência à hipótese de que a tecnologia favorece os sistemas de C2. As variáveis ligadas à consciência situacional (Q4) e à integração de sistemas (Q5) apresentaram médias de 4,5 e 4,4, com baixo desvio-padrão, revelando uniformidade nas percepções dos especialistas. Já os itens relacionados à resiliência das comunicações (Q9) e à cobertura em áreas remotas (Q10) obtiveram médias próximas a 3,8, refletindo prudência quanto à confiabilidade do 5G em ambientes adversos. Essa diferença evidencia o equilíbrio entre entusiasmo tecnológico e cautela tática, coerente com o

perfil dos respondentes. As respostas referentes às barreiras estratégicas (Q13–Q17) registraram médias entre 4,1 e 4,5, demonstrando percepção de alto risco cibernético e dependência tecnológica externa. Em síntese, os resultados apontam forte concordância quanto ao potencial operacional do 5G, acompanhada de reserva crítica diante de suas vulnerabilidades estratégicas.

4.3 Interpretação temática

Para sistematizar a análise, as variáveis do questionário foram organizadas em três eixos temáticos — técnico, operacional e estratégico. O Eixo Técnico reuniu velocidade/latência, integração e consciência situacional (Q4–Q5 e demais itens técnicos), cujas médias em torno de 4,4 indicaram forte concordância quanto à superioridade técnica do 5G para transmissão em tempo real e interoperabilidade. O Eixo Operacional (Q7–Q10) apresentou médias próximas a 4,0, refletindo cautela sobre a resiliência e a cobertura da rede em operações ribeirinhas e anfíbias; reconhece-se o 5G como vetor de modernização, mas valoriza-se a estabilidade operacional. O Eixo Estratégico (Q13–Q17) registrou médias entre 4,1 e 4,5, destacando riscos cibernéticos, espionagem e dependência externa. Em síntese, há coerência entre eixos: os mesmos oficiais que atribuíram altas notas aos ganhos técnicos também ressaltaram a necessidade de mitigação das vulnerabilidades estratégicas, vendo o 5G como tecnologia de alto valor quando implementada sob critérios de segurança e controle militar.

4.4 Correlação de Spearman

Na sequência da análise descritiva, aplicou-se a correlação de Spearman entre as variáveis, método indicado para dados ordinais e amostras reduzidas (Vergara, 2016). Observou-se consistência interna e coerência temática entre fatores técnicos, operacionais e estratégicos. Destacaram-se associações fortes entre adaptabilidade do C2 (Q7) e eficácia em áreas remotas (Q10), e entre coordenação das comunicações (Q8) e adequação global da tecnologia (Q16), ambas com $\rho \approx 0,77$, indicando percepção integrada de eficiência operacional. A correlação entre resiliência (Q9) e adoção futura do 5G (Q17) ($\rho \approx 0,76$) evidencia que a confiança na robustez é decisiva para a adoção institucional. Por outro lado, a relação negativa moderada

entre risco cibernético (Q13) e agilidade decisória (Q3) ($\rho \approx -0,41$) mostra que a percepção de vulnerabilidade reduz a confiança na velocidade de decisão. Em síntese, as associações positivas técnico-operacionais reforçam que o 5G aprimora a agilidade e a interoperabilidade dos SisC2, desde que acompanhado de proteção cibernética e controle institucional.

4.5 Discussão crítica

A análise dos dados obtidos junto aos quatorze especialistas confirmou um padrão de percepções coerente com o referencial teórico e com a hipótese da pesquisa. As respostas indicam que o 5G apresenta elevada aderência técnica e operacional aos requisitos dos Sistemas de Comando e Controle (SisC2) dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais (GptOpFuzNav), embora sua aplicação dependa da mitigação de vulnerabilidades estratégicas e da garantia de soberania tecnológica. O Eixo Técnico obteve as médias mais altas, reforçando a percepção de que a velocidade, baixa latência e integração do 5G aprimoram o ciclo decisório e a eficiência das comunicações táticas. O Eixo Operacional apresentou concordância moderada, refletindo cautela quanto à resiliência e cobertura da rede em ambientes ribeirinhos e anfíbios. Já o Eixo Estratégico destacou preocupações com cibersegurança, espionagem e dependência externa, demonstrando consciência situacional e prudência institucional. As correlações de Spearman evidenciaram relações positivas entre variáveis técnicas e operacionais, confirmando a percepção de utilidade integrada, e correlação negativa entre risco cibernético e agilidade decisória, revelando equilíbrio entre inovação e segurança. Assim, a hipótese foi parcialmente confirmada: o 5G atende aos requisitos técnicos e operacionais dos SisC2, desde que acompanhado de medidas estruturais e normativas de proteção cibernética. Essa síntese corrobora o princípio de Vergara (2016), segundo o qual a análise deve conduzir “da constatação à inferência”, e reforça a importância do tema para o aprimoramento da capacidade de comando e controle da Marinha do Brasil.

4.6 Limitações ao estudo

Embora os resultados obtidos sejam consistentes e apresentem elevado grau de confiabilidade estatística, este estudo apresenta limitações inerentes ao seu

delineamento. A amostra foi composta por um grupo intencional e reduzido de quatorze oficiais do Corpo de Fuzileiros Navais, o que restringe a generalização dos achados para o universo mais amplo dos GptOpFuzNav. Além disso, a utilização de uma escala Likert, ainda que adequada à natureza perceptiva do fenômeno analisado, implica certo grau de subjetividade nas respostas. Por fim, a pesquisa concentrou-se em percepções e não em medições empíricas de desempenho, o que sugere a necessidade de investigações futuras com amostras ampliadas e métodos mistos que combinem análise quantitativa e observação operacional direta.

5 CONCLUSÃO

O estudo avaliou em que medida a tecnologia 5G atende aos requisitos dos Sistemas de Comando e Controle (SisC2) dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais (GptOpFuzNav), integrando referencial técnico, doutrinário e evidências empíricas. Os achados indicam elevada aderência técnica e operacional do 5G para ampliar consciência situacional, integração de sistemas e agilidade do processo decisório em C2, em linha com a hipótese formulada. Ao mesmo tempo, emergem condicionantes relevantes: riscos cibernéticos e de espionagem, dependência tecnológica externa, jamming e limitações de cobertura em ambientes anfíbios e remotos, o que impõe prudência de adoção e necessidade de resiliência.

Em síntese, a hipótese é parcialmente confirmada: o 5G constitui vetor estratégico de modernização dos SisC2, desde que sua adoção seja planejada e respaldada por medidas técnicas e institucionais que assegurem continuidade do comando, segurança da informação e soberania tecnológica. Tais conclusões coadunam-se com a Política e a Estratégia Nacionais de Defesa, que demandam interoperabilidade, prontidão e superioridade informacional no ambiente operacional contemporâneo.

Nesse contexto, recomenda-se que a adoção do 5G pelos Sistemas de Comando e Controle dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais siga uma estratégia gradual e institucionalmente coordenada, com base em três eixos complementares: (i) consolidação de uma infraestrutura de testes controlada, voltada à validação de desempenho e segurança em cenários operacionais simulados; (ii) capacitação técnica de pessoal, com ênfase na integração de comunicações críticas, ciberdefesa e interoperabilidade conjunta; e (iii) estabelecimento de diretrizes

normativas e parcerias estratégicas com o setor industrial e acadêmico, de modo a alinhar a evolução tecnológica aos objetivos da Política e da Estratégia Nacional de Defesa. Essas medidas fortalecem o vínculo entre o diagnóstico realizado e as decisões estratégicas da Instituição, assegurando que a transformação digital ocorra de forma segura, soberana e orientada por prioridades de defesa nacional.

REFERÊNCIAS

ARJOUNE, Youness; FARUQUE, Saleh. Smart jamming attacks in 5G New Radio: a review. **Wireless Networks**, v. 26, p. 2457-2471, 2020.

ASDERRAKI, Foteini; PANFIL, Georgică; MOLNÁR, Anna; PAILE-CALVO, Sylvain (eds.). **ESDC Autumn University Book 2021: The Common Security and Defence Policy – New Developments and Challenges**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2025.

BAJRACHARYA, Rabindra; SHRESTHA, Rabin; HASSAN, Syed Ali; JUNG, Hyoil; SHIN, Hyun-Ho. 5G and beyond private military communication: trend, requirements, challenges and enablers. **IEEE Access**, v. 11, p. 83996-84012, 2023.

BANAFAA, Mohammed; PEPEOĞLU, Ömer; SHAYEA, Ibraheem; ALHAMMADI, Abdulraqeb; SHAMSAN, Zaid Ahmed; RAZAZ, Muneef A.; ALSAGABI, Majid; AL-SOWAYAN, Sulaiman. A comprehensive survey on 5G-and-beyond networks with UAVs: applications, emerging technologies, regulatory aspects, research trends and challenges. **IEEE Access**, v. 12, p. 7786-7830, 2024.

BASTOS, Luis; CAPELA, Germano; KOPRULU, Alper. **Potential of 5G technologies for military application**. NATO Communications and Information Agency, Working Paper, 15 Sept. 2020. Disponível em: <https://www.mindev.gov.gr/wp-content/uploads/2020/11/Enclosure-2-Working-paper-Potential-of-5G-technologies-for-military-application.pdf>. Acesso em: 20 out. 2025.

BHARDWAJ, Anshu. 5G for military communications. **Procedia Computer Science**, v. 171, p. 2665-2674, 2020.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa; Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília: Ministério da Defesa, 2020.

BRITAIN-HALE, A. Clausewitzian Theory of War in the Age of Cognitive Warfare. **Pepperdine University, Graduate School of Education and Psychology**, 2023.

CIVITTA ESTONIA; CCDCOE. **Military movement: risks from 5G networks**. Tallinn: NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence, 2022. Disponível em: https://ccdcoe.org/uploads/2022/06/Report_Military-Movement-Risks-from-5G-Networks.pdf. Acesso em: 20 out. 2025.

CLAVERIE, Bernard; DESCLAUX, Gilles. C2 – Command and control: a system of systems to control complexity. **American Journal of Management**, v. 22, n. 2, p. 45-60, 2022.

CONCHA SALOR, Laura; MONZON BAEZA, Victor. Harnessing the potential of emerging technologies to break down barriers in tactical communications. **Telecom**, v. 4, n. 4, p. 709-731, 2023.

CONGRESSIONAL RESEARCH SERVICE. **Defense primer: what is command and control?** Washington, DC: CRS, 2022. Disponível em: <https://www.congress.gov/crs-product/IF11805>. Acesso em: 20 out. 2025.

D'ALESSIO, Ivan; AITELLA, Umberto; GIANNINI, Anna Maria; BURRAI, Jessica. "What about military decision-making?" A bibliometric review of published articles. **Behavioral Sciences**, v. 14, n. 7, 514, 2024.

NGI, Ramraj; LALWANI, Praveen; CHOUDHARY, Gaurav; YOU, IIsun; PAU, Giovanni. Study and investigation on 5G technology: a systematic review. **Sensors**, v. 22, n. 26, 2022.

DREWS, Patrick; FIEDRICH, Frank. Performance in command and control: results from a scoping review. **European Journal for Security Research**, v. 9, p. 57-92, 2024.

DZOGOVIĆ, Bruno; HOLTMANNS, Silke. Securing 5G communication in joint operations between NATO partners. In: CyCon 2024: 16th International Conference on Cyber Conflict – Over the Horizon. **Tallinn: CCDCOE Publications**, 2024.

EISENBERG, Daniel A. et al. Network foundation for command and control (C2) systems: literature review. **IEEE Access**, v. 6, p. 29203-29226, 2018.

GILLI, Andrea. **NATO and 5G: what strategic lessons?** *NDC Policy Brief*, n. 13, Rome: NATO Defense College, 2020. Disponível em: <https://www.ndc.nato.int/download/nato-and-5g-what-strategic-lessons/>. Acesso em: 20 out. 2025.

HOLGUIN, Olivia; DONATI, Rachel; NATANZI, Seyed Bagher Hashemi; TANG, Bo. Mobile jamming mitigation in 5G networks: a MUSIC-based adaptive beamforming approach. **arXiv preprint**, 2025.

HOLTRUP, Gerrit; LACUBE, William; PERCIA DAVID, Dimitri; MERMOUD, Alain; BOVET, G r me; LENDERS, Vincent. 5G system security analysis. **arXiv preprint**, 2021.

HUSEIEN, Ghasan Fahim; SHAH, Kwok Wei. A review on 5G technology for smart energy management and smart buildings in Singapore. **Energy and AI**, v. 7, 100116, 2022.

JOHNSON, James. Automating the OODA loop in the age of intelligent machines: reaffirming the role of humans in command-and-control decision-making in the digital age. **Defence Studies**, v. 23, n. 1, p. 43-67, 2023.

KOSTOPOULOS, Nikos; STAMATIOU, Yannis C.; HALKIOPOULOS, Constantinos; ANTONOPOULOU, Hera. Blockchain applications in the military domain: a systematic review. **Technologies**, v. 13, n. 1, 23, 2025.

LEE, Mary; DIMAROGONAS, James; GEIST, Edward; MANUEL, Shane; SCHWANKHART, Ryan A.; DOWNING, Bryce. **Opportunities and risks of 5G**

military use in Europe. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2023. Disponível em: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA1351-2.html. Acesso em: 20 out. 2025.

BRASIL. MARINHA DO BRASIL. **CGCFN-0-1: Manual básico dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais.** Rio de Janeiro: Corpo de Fuzileiros Navais, 2020.

BRASIL. MARINHA DO BRASIL. **CGCFN-60: Manual de comando e controle dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais.** Rio de Janeiro: Corpo de Fuzileiros Navais, 2008.

MARMARAS, Georgios. **A survey on the Internet of Military Things.** University of West Attica, 2025. Disponível em: <https://zenodo.org/records/15489997>. Acesso em: 20 out. 2025.

MILIČEVIĆ, Zoran M.; BOJKOVIĆ, Zoran S. Review of 5G and 6G applications for mobile wireless communication in the military environment. **Vojnotehnički Glasnik/Military Technical Courier**, v. 72, n. 1, p. 435-451, 2024.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION (NATO). Allied Joint Doctrine for the Conduct of Operations (AJP-3). Edition D, Version 1. Brussels: NATO Standardization Office, 2025. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/68b84313536d629f9c82aa29/AJP-3_Ed_D_V1-O.pdf. Acesso em: 20 out. 2025.

QULIYEV, Natiq Aliabbas; GAHRAMANOVA, Samira Hasan. The role of 5G technology in the security of UAVs. **Proceedings**, Baku, v. 1, p. 59-66, 2025.

SARJITO, Aris. The impact of 5G implementation in military communication on cybersecurity and espionage risks. Republic of Indonesia Defense University, 2024. Preprint (**SSRN**).

SINGH, Shamli; JOSEPH, K. Tony. Study of 5G IoT module and leveraging for military solutions. **International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)**, v. 13, n. 10, 2024.

SKOKOWSKI, Paweł; KELNER, Jan M.; MALON, Krzysztof; MAŚLANKA, Krzysztof; BIRUTIS, Agnius; VAZQUEZ, Miguel A.; SAHA, Souradip; LOWE, Warren; CZAPIEWSKA, Agnieszka; MAGIERA, Jarosław; RAJCHOWSKI, Piotr; AMBROZIAK, Sławomir. Jamming and jamming mitigation for selected 5G military scenarios. **Procedia Computer Science**, v. 205, p. 258-267, 2022.

SUOMALAINEN, Jani; JULKU, Jukka; VEHKAPERÄ, Mikko; POSTI, Harri. Securing public safety communications on commercial and tactical 5G networks: a survey and future research directions. **IEEE Open Journal of the Communications Society**, v. 2, p. 1589-1608, 2021.

TARDY, Thierry (ed.). **NATO 2030: new technologies, new conflicts, new partnerships.** Rome: NATO Defense College, 2021. Disponível em:

<https://www.ndc.nato.int/download/nato-2030-new-technologies-new-conflicts-new-partnerships/>. Acesso em 20 out. 2025.

TÓTH, András. **The use of 5G in military Cloud of Things solutions**. AARMS – Academic and Applied Research in Military Science, v. 21, n. 3, p. 322-338, 2022. Disponível em: https://real.mtak.hu/158424/1/01_toth_5-20_AARMS_2022_3.pdf. Acesso em: 05 out. 2025.

UNITED STATES. Department of Defense. DoD private 5G deployment strategy. Washington, DC: DoD, 2024. Disponível em: https://dodcio.defense.gov/Portals/0/Documents/Library/Private5GDeploymentStrategy_508.pdf. Acesso em: 20 out. 2025.

UNITED STATES. Department of Defense. Summary of the Joint All-Domain Command and Control Strategy. Washington, DC: DoD, Mar. 2022. Disponível em: <https://media.defense.gov/2022/Mar/17/2002958406/-1/-1/1/SUMMARY-OF-THE-JOINT-ALL-DOMAIN-COMMAND-AND-CONTROL-STRATEGY.pdf>. Acesso em: 20 out. 2025.

VELASTEGUI, Niccolay; PAVÓN, Estefania; JÁCOME, Hugo; TORRES, Freddy; PICO, Melissa. Avances tecnológicos en sistemas y equipos de comunicaciones militares. *Minerva Journal*, v. 3, n. 8, p. 61-73, 2022.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 17. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

WU, Henry. China's approach to military 5G networks and related military applications. **Tallinn: NATO CCDCOE**, 2023.

ZMYŚŁOWSKI, D.; SKOKOWSKI, P.; MALON, K.; MAŚLANKA, K.; KELNER, J. M. Naval use cases of 5G technology. **TransNav – International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation**, v. 17, n. 3, p. 595-603, 2023.

Apêndice A – Questionário aplicado aos especialistas.

Com o propósito de levantar percepções de oficiais que atuam diretamente com Sistemas de Comando e Controle (SisC2) nos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais, elaborou-se o questionário a seguir. Ele foi estruturado em cinco blocos temáticos, cada qual relacionado a um dos objetivos específicos da pesquisa: perfil do respondente, percepções sobre atributos técnicos do 5G, requisitos dos SisC2, barreiras técnicas e operacionais, e avaliação geral.

As questões foram redigidas em linguagem clara e objetiva para aplicação prática, mas cada uma delas está acompanhada, neste anexo, de uma breve descrição, de seu propósito específico e da relação metodológica com os objetivos do estudo. Dessa forma, assegura-se transparência no desenho da pesquisa e rigor na correspondência entre o instrumento de coleta de dados e a estratégia metodológica adotada.

Bloco 1 – Perfil do Respondente

Q1. Há quanto tempo o(a) senhor(a) atua em funções ligadas a Comando e Controle?

Descrição: questão fechada com três faixas de tempo: (a) mais de 1 ano, (b) mais de 3 anos, (c) mais de 5 anos.

Propósito: identificar o grau de experiência prática dos respondentes, permitindo correlacionar percepções sobre o 5G com o tempo de envolvimento direto em funções de C2.

Relação metodológica: fornece base para caracterização da amostra e possibilita análises comparativas entre níveis de senioridade operacional, reforçando a validade do estudo.

Q2. Já participou de missão real integrando um Grupamento Operativo de Fuzileiros Navais?

Descrição: questão dicotômica (resposta: sim/não).

Propósito: captar se a vivência em operações reais de caráter expedicionário influencia a avaliação da aplicabilidade do 5G em cenários típicos dos GptOpFuzNav.

Relação metodológica: assegura descrição contextual da amostra, conectando percepções à experiência concreta em missões que exigem elevado desempenho dos SisC2.

Bloco 2 – Percepções sobre o 5G (Características Técnicas)

Q3. O 5G, por permitir comunicações quase instantâneas, pode acelerar o processo de tomada de decisão em operações militares.

Descrição: questão em escala Likert de 5 pontos.

Propósito: captar percepções sobre o impacto da latência ultrabaixa (URLLC) na agilidade do processo decisório militar.

Relação metodológica: responde ao objetivo (i), associando atributo técnico (latência) à função de decisão nos SisC2.

Q4. A maior capacidade de transmissão de dados do 5G pode ampliar a consciência situacional dos GptOpFuzNav.

Descrição: questão em escala Likert de 5 pontos.

Propósito: verificar se os especialistas reconhecem o potencial do eMBB para transmitir grandes volumes de informação e apoiar consciência situacional.

Relação metodológica: vincula objetivo (i) ao requisito doutrinário de consciência situacional.

Q5. O 5G, ao conectar simultaneamente diversos dispositivos, viaturas e sistemas no terreno, pode facilitar a integração operacional.

Descrição: questão em escala Likert de 5 pontos.

Propósito: avaliar percepções sobre a conectividade massiva (mMTC) como base para integração em cenários de IoMT/IoBT.

Relação metodológica: contribui para o objetivo (i), relacionando atributo técnico à capacidade de integração em campo.

Q6. O 5G pode facilitar a comunicação e o compartilhamento de informações em operações conjuntas com outras Forças e agências governamentais.

Descrição: questão em escala Likert de 5 pontos.

Propósito: examinar se os respondentes percebem o 5G como recurso para interoperabilidade em operações interagências.

Relação metodológica: vincula objetivo (i) à interoperabilidade, requisito operacional central em operações conjuntas.

Bloco 3 – Requisitos dos SisC2

Q7. O 5G pode tornar os sistemas de C2 mais adaptáveis a diferentes tipos de operações (anfíbias, humanitárias, de paz ou GLO).

Descrição: questão em escala Likert de 5 pontos.

Propósito: captar percepções sobre a flexibilidade operacional do 5G frente à diversidade de cenários de emprego.

Relação metodológica: atende ao objetivo (ii), ao cotejar atributo tecnológico com requisito doutrinário de flexibilidade.

Q8. O 5G pode reforçar a coordenação e o fluxo de informações entre os GptOpFuzNav e outras Forças em operações conjuntas.

Descrição: questão em escala Likert de 5 pontos.

Propósito: diferenciar de Q7, enfatizando a coordenação e fluxo de informação como aspecto central da interoperabilidade.

Relação metodológica: vincula objetivo (ii) ao requisito de sincronização entre Forças em operações combinadas.

Q9. O 5G pode tornar as comunicações mais resistentes a falhas ou ataques, assegurando a continuidade do comando.

Descrição: questão em escala Likert de 5 pontos.

Propósito: medir percepções sobre a resiliência dos SisC2 apoiados pelo 5G.

Relação metodológica: responde ao objetivo (ii), relacionado à continuidade do comando em ambientes contestados.

Q10. O 5G pode facilitar a instalação e o funcionamento dos sistemas de C2 em áreas remotas ou sem infraestrutura.

Descrição: questão em escala Likert de 5 pontos.

Propósito: captar percepções sobre a contribuição do 5G para a mobilidade e disponibilidade dos SisC2 em caráter expedicionário.

Relação metodológica: vincula objetivo (ii) ao requisito de mobilidade dos GptOpFuzNav.

Bloco 4 – Barreiras Técnicas e Operacionais

Q11. O uso intensivo de softwares e sistemas virtuais no 5G pode aumentar a chance de falhas e ataques cibernéticos.

- **Descrição:** questão em escala Likert de 5 pontos.
- **Propósito:** captar percepções sobre vulnerabilidades decorrentes da **virtualização (NFV) e exposição de APIs**.
- **Relação metodológica:** vincula objetivo (iv) às ameaças de cibersegurança no núcleo 5G.

Q12. O uso de redes públicas pode facilitar interceptação ou espionagem de informações estratégicas.

- **Descrição:** questão em escala Likert de 5 pontos. Apesar da formulação acessível, mantém-se o rigor acadêmico ao analisar riscos de **dependência de infraestruturas comerciais** e perda de soberania digital.
- **Propósito:** medir percepções sobre a vulnerabilidade do uso de redes abertas para comunicações militares.
- **Relação metodológica:** atende ao objetivo (iv), avaliando riscos de segurança e soberania.

Q13. O bloqueio ou falsificação de sinais pode comprometer comunicações militares que dependam do 5G.

- **Descrição:** questão em escala Likert de 5 pontos.
- **Propósito:** captar percepções sobre ameaças de **jamming (bloqueio) e spoofing (falsificação)** aplicadas a enlaces militares.
- **Relação metodológica:** vincula objetivo (iv) às limitações do 5G frente à guerra eletrônica.

Q14. Em áreas marítimas ou ribeirinhas, o sinal do 5G ainda pode ser instável ou insuficiente para operações.

- **Descrição:** questão em escala Likert de 5 pontos.
- **Propósito:** verificar percepções sobre limitações de cobertura em **ambientes operacionais característicos dos GptOpFuzNav**, como litoral e rios navegáveis.
- **Relação metodológica:** responde ao objetivo (iv), confrontando barreira operacional com requisito doutrinário.

Q15. A dependência de fornecedores estrangeiros de equipamentos 5G pode representar risco para a soberania nacional.

- **Descrição:** questão em escala Likert de 5 pontos.
- **Propósito:** captar percepções sobre **riscos estratégicos e geopolíticos** na adoção do 5G.
- **Relação metodológica:** vincula objetivo (iv) ao debate sobre autonomia tecnológica e segurança estratégica.

•

Bloco 5 – Avaliação Geral

Q16. De forma geral, o 5G atende às necessidades de comunicação e comando dos GptOpFuzNav?

- **Descrição:** questão em escala Likert de 5 pontos.
- **Propósito:** obter uma **medida-síntese da percepção global** sobre a aderência do 5G aos SisC2.
- **Relação metodológica:** atende ao objetivo (v), servindo como elo entre análise empírica e resposta ao problema de pesquisa.

Q17. Considerando vantagens e barreiras, o senhor(a) acredita que o 5G deve ser adotado em breve pelas Forças Armadas?

- **Descrição:** questão em escala Likert de 5 pontos.
- **Propósito:** captar percepções sobre a **viabilidade de adoção no curto prazo**, considerando benefícios e restrições.
- **Relação metodológica:** vincula objetivo (v) à formulação de recomendações conclusivas no artigo.

Apêndice B – Resposta dos especialistas.

OFICIAIS	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
E1	Mais de 5 anos.	Sim	Oficial Subalterno.	Experiência em operações ou exercícios.	Não concordo nem discordo.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.
E2	Mais de 3 anos.	Não	Oficial Intermediário.	Experiência em operações ou exercícios.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.
E3	Mais de 5 anos.	Sim	Oficial Superior.	Experiência em gestão ou planejamento de sistemas de comunicações.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Não concordo nem discordo.	Não concordo nem discordo.
E4	Mais de 1 ano.	Sim	Oficial Intermediário.	Apenas uso básico como usuário.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.
E5	Mais de 3 anos.	Sim	Oficial Subalterno.	Experiência em operações ou exercícios.	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.
E6	Mais de 5 anos.	Sim	Oficial Subalterno.	Experiência em operações ou exercícios.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.
E7	Mais de 1 ano.	Não	Oficial Subalterno.	Apenas uso básico como usuário.	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.
E8	Mais de 1 ano.	Sim	Oficial Subalterno.	Experiência em operações ou exercícios.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.
E9	Mais de 3 anos.	Sim	Oficial Subalterno.	Nenhum contato direto.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.
E10	Mais de 3 anos.	Sim	Oficial Subalterno.	Experiência em operações ou exercícios.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.
E11	Mais de 5 anos.	Sim	Oficial Intermediário.	Experiência em gestão ou planejamento de sistemas de comunicações.	Discordo totalmente.	Discordo totalmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.
E12	Mais de 1 ano.	Sim	Oficial Intermediário.	Apenas uso básico como usuário.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.
E13	Mais de 1 ano.	Sim	Oficial Subalterno.	Apenas uso básico como usuário.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Discordo totalmente.
E14	Mais de 1 ano.	Não	Oficial Subalterno.	Apenas uso básico como usuário.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.

RESPONDENTES	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13
E1	Não concordo nem discordo.	Não concordo nem discordo.	Discordo parcialmente.	Discordo parcialmente.	Concordo parcialmente.
E2	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.	Discordo parcialmente.	Concordo parcialmente.
E3	Não concordo nem discordo.	Não concordo nem discordo.	Discordo parcialmente.	Discordo parcialmente.	Concordo parcialmente.
E4	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.
E5	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.	Não concordo nem discordo.	Não concordo nem discordo.
E6	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Discordo totalmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.
E7	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.
E8	Concordo totalmente.	Não concordo nem discordo.	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.	Não concordo nem discordo.
E9	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.
E10	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.
E11	Concordo parcialmente.	Discordo parcialmente.	Discordo totalmente.	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.
E12	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.	Não concordo nem discordo.	Não concordo nem discordo.	Não concordo nem discordo.
E13	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.
E14	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.

RESPONDENTES	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19
E1	Concordo totalmente.	Não concordo nem discordo.	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.	Não concordo nem discordo.	Não concordo nem discordo.
E2	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.	Discordo parcialmente.	Concordo totalmente.
E3	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.	Discordo parcialmente.	Não concordo nem discordo.
E4	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.
E5	Concordo totalmente.	Discordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.
E6	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Discordo parcialmente.
E7	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Não concordo nem discordo.
E8	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Discordo parcialmente.	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.
E9	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.
E10	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.
E11	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.	Discordo totalmente.	Discordo totalmente.
E12	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.	Não concordo nem discordo.	Não concordo nem discordo.
E13	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.	Concordo parcialmente.
E14	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.	Concordo parcialmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.	Concordo totalmente.

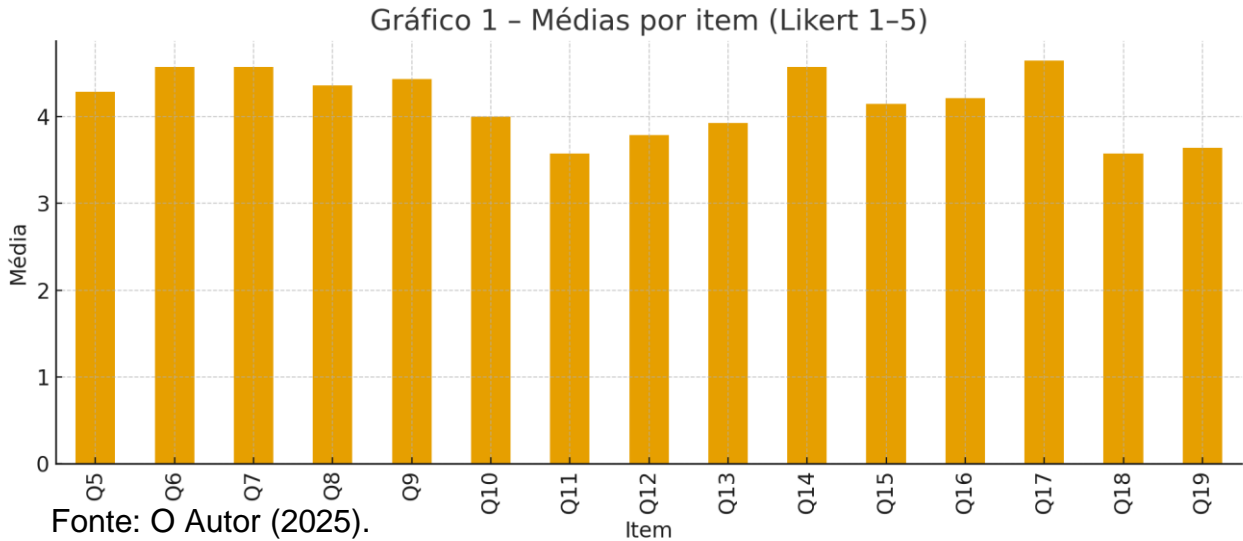
Apêndice C – Análise das respostas.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas das respostas em escala Likert (1–5)

Item	N válidos	Média	Desvio-padrão	Mín	Máx
Q5	14.00	4.29	1.14	1.00	5.00
Q6	14.00	4.57	1.09	1.00	5.00
Q7	14.00	4.57	0.65	3.00	5.00
Q8	14.00	4.36	1.15	1.00	5.00
Q9	14.00	4.43	0.76	3.00	5.00
Q10	14.00	4.00	0.96	2.00	5.00
Q11	14.00	3.57	1.50	1.00	5.00
Q12	14.00	3.79	1.19	2.00	5.00
Q13	14.00	3.93	0.62	3.00	5.00
Q14	14.00	4.57	0.51	4.00	5.00
Q15	14.00	4.14	0.86	2.00	5.00
Q16	14.00	4.21	0.80	2.00	5.00
Q17	14.00	4.64	0.50	4.00	5.00
Q18	14.00	3.57	1.22	1.00	5.00
Q19	14.00	3.64	1.22	1.00	5.00

Fonte: O Autor (2025).

Gráfico 1 – Médias por itens escala Likert (1–5)



Apêndice D – GLOSSÁRIO

3GPP – 3rd Generation Partnership Project - Organização internacional responsável por desenvolver os padrões de comunicação móvel, incluindo o 5G. Define as regras técnicas seguidas por fabricantes e operadoras.

5G NR – 5G New Radio - Novo padrão de rádio criado para o 5G, que define como dispositivos e antenas se comunicam.

Backhaul - Segmento da infraestrutura de rede que conecta as estações rádio-base (RAN) ao núcleo principal (core network). Sua degradação pode afetar o desempenho das comunicações.

Beamforming - Técnica que direciona o feixe de sinal das antenas 5G para aumentar o alcance e reduzir interferências.

C2 – Comando e Controle - Capacidade de um comandante de exercer autoridade, direção e coordenação sobre suas forças, transmitindo ordens e recebendo informações em tempo real.

CFN – Corpo de Fuzileiros Navais - Força da Marinha do Brasil especializada em operações anfíbias, que envolvem a transição do mar para terra.

DoD – Department of Defense - Departamento de Defesa dos Estados Unidos, responsável pelas Forças Armadas americanas.

eMBB – Enhanced Mobile Broadband (Banda Larga Móvel Aprimorada) - Serviço do 5G voltado a comunicações de alta capacidade, como vídeos em 8K, realidade aumentada e aplicações que exigem muita largura de banda.

END – Estratégia Nacional de Defesa - Documento que define as prioridades e linhas de ação do Brasil na área de defesa.

FFAA – Forças Armadas - Conjunto formado pela Marinha do Brasil, Exército Brasileiro e Força Aérea Brasileira.

FR1 / FR2 – Faixas de Frequência 1 e 2 - Partes do espectro eletromagnético usadas pelo 5G. A FR1 oferece maior alcance; a FR2 (ondas milimétricas) garante maior velocidade em curtas distâncias.

GptOpFuzNav – Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais - Grandes unidades de combate do CFN, preparadas para missões expedicionárias em ambientes variados, como litorais e áreas ribeirinhas.

IA – Inteligência Artificial - Campo da computação que desenvolve sistemas capazes de aprender e tomar decisões baseadas em dados, citada como tecnologia complementar ao 5G.

IoBT – Internet of Battle Things (Internet das Coisas de Batalha) - Rede de sensores e dispositivos conectados que interagem no campo de batalha, como drones, veículos autônomos e sensores de vigilância.

IoMT – Internet of Military Things (Internet das Coisas Militares) - Conjunto de dispositivos e sistemas militares conectados em rede, aumentando a consciência situacional e a integração das operações.

Jamming (Bloqueio) - Interferência eletrônica deliberada que visa interromper ou degradar comunicações, sendo uma das ameaças analisadas no contexto do 5G militar.

LEO – Low Earth Orbit (Órbita Baixa da Terra) - Satélites que orbitam a Terra entre 300 e 1 500 km de altitude, usados para comunicações 5G em áreas sem antenas terrestres.

LTE – Long Term Evolution (4G) - Padrão de telefonia móvel de quarta geração, base tecnológica de muitas implementações iniciais do 5G.

MEC – Multi-access Edge Computing (Computação de Borda de Acesso Múltiplo) - Tecnologia que leva o processamento de dados para a borda da rede, reduzindo latência e aumentando a confiabilidade das comunicações.

mMTC – Massive Machine Type Communications (Comunicações Massivas entre Máquinas) - Capacidade do 5G de conectar milhares de dispositivos simultaneamente, como sensores e plataformas automatizadas.

NATO – North Atlantic Treaty Organization (Organização do Tratado do Atlântico Norte) - Aliança militar formada por países da Europa e América do Norte, dedicada à defesa coletiva.

Network Slicing (Fatiamento de Rede) - Técnica que divide a rede 5G em “fatias” virtuais independentes, cada uma com requisitos específicos de desempenho e segurança.

NFV – Network Function Virtualization (Virtualização de Funções de Rede) - Tecnologia que substitui equipamentos físicos por softwares, permitindo executar funções de rede em servidores virtuais.

NSA – Non-Standalone (Não Autônoma) - Modo de implantação inicial do 5G que depende da infraestrutura do 4G.

NTN – Non-Terrestrial Networks (Redes Não Terrestres) - Redes que usam satélites ou plataformas aéreas em vez de antenas fixas no solo, garantindo cobertura em áreas remotas — conceito explicitamente tratado na seção 2.2.

OODA – Observe, Orient, Decide, Act (Observar, Orientar, Decidir e Agir) - Modelo de ciclo decisório militar que descreve as etapas de observação, orientação, decisão e ação em ambiente operacional.

PND – Política Nacional de Defesa - Documento que estabelece os objetivos e diretrizes da Defesa Nacional.

ProSe / Sidelink – Proximity Services (Serviços de Proximidade) - Recurso do 5G que permite comunicação direta entre dispositivos, sem precisar de antena central — útil em operações militares.

RAN – Radio Access Network (Rede de Acesso Rádio) - Conjunto de estações rádio-base que conecta os dispositivos ao núcleo principal da rede 5G.

SA – Standalone (Autônoma) - Arquitetura do 5G que funciona de forma independente, com núcleo próprio e sem apoio do 4G.

Ship-to-shore - Termo que designa comunicações entre navios e bases em terra, especialmente em operações anfíbias e navais.

SisC2 – Sistemas de Comando e Controle - Conjunto de tecnologias, pessoas e processos que permitem planejar, coordenar e monitorar operações militares.

Small cells – são estações de rádio de baixa potência que cobrem pequenas áreas geográficas, usadas para aumentar a capacidade da rede e melhorar a cobertura, especialmente em ambientes densamente povoados ou onde as altas frequências (mmWave) têm alcance limitado.

SSB – Synchronization Signal Block (Bloco de Sinal de Sincronização) - Sinal essencial do 5G que permite aos dispositivos se conectarem à rede; pode ser alvo de ataques de jamming.

UAV – Unmanned Aerial Vehicle (Veículo Aéreo Não Tripulado) - Aeronave sem piloto usada em missões de vigilância, reconhecimento ou ataque.

URLLC – Ultra-Reliable Low Latency Communications (Comunicações Ultra Confiáveis e de Baixa Latência) - Serviço do 5G que garante comunicações quase instantâneas e altamente confiáveis, aplicável em operações críticas.

USV – Unmanned Surface Vehicle (Veículo de Superfície Não Tripulado) - Embarcação não tripulada usada em patrulhas, reconhecimento e apoio logístico naval.