

Emprego dual - civil e militar - do 5G na defesa brasileira: uma proposta para o SISFRON, sob domínio do Exército

Ricardo Cincinato Freitas de Oliveira¹, Georges Daniel Amvame Nze², Ugo Silva Dias²

cincinato.ricardo@aluno.unb.br; georges@unb.br; udias@unb.br

¹Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia Elétrica (PPEE), Departamento de Engenharia Elétrica – Universidade de Brasília (UnB), Brasília-DF, Brasil, Zipcode 70.910-900

²Departamento de Engenharia Elétrica – Universidade de Brasília (UnB), Brasília-DF, Brasil, Zipcode 70.910-900

Pages: 599-615

Resumo: Atualmente o advento do 5G no mundo tornou possível o emprego dual - civil e militar - das suas tecnologias na defesa de países estrangeiros. Este trabalho realizou uma pesquisa bibliográfica e documental, de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e objetivo exploratório sobre diversos estudos científicos globais, publicações e livros entre os anos 2018 a 2022, versando sobre o uso dual do 5G no exterior e no Brasil. Foram analisadas as possibilidades e limitações do emprego dual do 5G nas defesas estrangeiras e brasileira nos trabalhos correlatos, os quais serviram de arcabouço teórico para a resolução do tema proposto. Consequentemente, como resultado do estudo realizado, este trabalho propôs o emprego dual do Ecosistema 5G Brasil na defesa brasileira, em particular no SISFRON, descrevendo seu emprego pelo Exército Brasileiro, assim como suas vantagens para o desenvolvimento do Brasil.

Palavras-chave: Defesa; 5G; SISFRON; Exército.

Civil and military dual employment of 5G in Brazilian defense: a proposal for SISFRON, under the Army's domain

Abstract: Currently, the advent of 5G in the world has made possible the dual use - civil and military - of its technologies in the defense of foreign countries. This paper conducted a bibliographic and documental research, of applied nature, with qualitative approach and exploratory objective on several global scientific studies, publications and books between the years 2018 to 2022, dealing with the dual use of 5G abroad and in Brazil. The possibilities and limitations of the dual employment of 5G in foreign and Brazilian defenses were analyzed in related works, which served as the theoretical framework for the resolution of the proposed theme. Consequently, as a result of the study conducted, this paper proposed the dual employment of the 5G Brazil Ecosystem in Brazilian defense, particularly in SISFRON, describing its employment by the Brazilian Army, as well as its advantages for the development of Brazil.

Keywords: Defense; 5G; SISFRON; Army.

1. Introdução

O Brasil está situado no Continente Americano, com área aproximada de 8.5 Km² é o 5º maior país do mundo em extensão territorial, dispõe de cerca de 24,5 mil Km de fronteiras, sendo 7,5 mil Km marítimos e 17 mil Km terrestres (PND, 2012), possui população estimada em 2021 de 213.317.639 pessoas, e está dividido politicamente em cinco regiões: Norte, Sul, Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste (IBGE, 2021).

O Brasil mantém relações internacionais amistosas com os 10 países vizinhos por meio das repartições Consulares brasileiras e faz limites à norte com a Guiana Francesa (Departamento Ultramarino da França), Suriname, Guiana, Venezuela, Colômbia e Peru; à oeste com Bolívia e Paraguai; à sul com Argentina e Uruguai; e à leste com o Oceano Atlântico (PND, 2012).

O § 2º, do Art. 20, da Carta Magna Brasileira de 1988, explica que a faixa de 150 Km de largura do limite para o interior do território brasileiro ao longo dos cerca de 17 mil Km das fronteiras terrestres delimita uma área de aproximadamente 2,535 milhões de Km², denominada unicamente como faixa de fronteira, que é considerada fundamental para defesa do território nacional (BRASIL, 1988). A defesa dessa faixa de fronteira terrestre é realizada pelas Forças Armadas (FA): Marinha do Brasil (MB), Exército Brasileiro (EB) e Força Aérea Brasileira (FAB), sob coordenação do Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas (EMCFA), do Ministério da Defesa (MD).

O Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON) é um importante projeto estratégico do Exército iniciado em 2010, originado da Política Nacional de Defesa (PND) de 2008, e continua em plena expansão. É formado pelos Subsistemas de Sensoriamento, de Apoio à Decisão e de Apoio à Operação e permeia em três outros projetos estratégicos do Plano Estratégico do Exército (PEEx) 2020-2023: OEE 1 - Contribuir com a dissuasão extrarregional; OEE 3 - Contribuir com o desenvolvimento sustentável e a paz social; e OEE 9 - Aperfeiçoar o sistema de ciência, tecnologia e inovação (CEADEx, 2020).

De acordo com (Direito da Comunicação, 2020) o Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (EUA), conhecido como Pentágono, está empregando o uso dual civil e militar do 5G com algumas das faixas do espectro eletromagnético (3.100-3.450MHz e 3.450-3.980 MHz), nos programas de modernização da defesa norte-americana, e considera isso essencial para a segurança econômica e segurança nacional dos EUA. Por meio de parcerias comerciais com empresas de alta tecnologia (Ericsson, AT&T, Vectrus, GE Research, GBL System Corp, Oceus Network, Booz Allen Hamilton, General Dynamics Mission Systems, Nokia, etc) estão sendo desenvolvidas soluções tecnológicas derivadas do 5G para as Forças Armadas dos EUA: Marinha (*Navy*), Exército (*Army*) e Força Aérea (*USAF*).

Este trabalho tem por objetivo propor o emprego dual civil e militar do 5G na defesa brasileira, por meio de equipamentos, serviços e produtos derivados das tecnologias do Ecossistema 5G Brasil, integrados aos subsistemas do SISFRON, sob domínio do EB.

Este trabalho está dividido em 5 Seções: a Seção 1 é a Introdução, que caracteriza alguns aspectos políticos gerais do Brasil em relação aos seus países vizinhos, cita algumas

legislações relacionadas à defesa da faixa fronteiriça brasileira, cita sumariamente o SISFRON, e apresenta algumas soluções tecnológicas de uso dual do 5G já empregadas pelo Pentágono na defesa dos EUA. A Seção 2 apresenta os Fundamentos Teóricos, descreve o SISFRON, descreve o Ecossistema 5G Brasil e discute os trabalhos correlatos sobre o uso dual civil e militar do 5G nas defesas estrangeiras. A Seção 3 apresenta a Metodologia empregada no trabalho, fruto da pesquisa bibliográfica e documental, revisão de artigos científicos, publicações e livros dos anos de 2018 a 2022. A Seção 4 apresenta os Resultados e discussões sobre o tema e propõe algumas tecnológicas civis do 5G para fins militares no SISFRON, sob domínio do Exército. Por fim, a Seção 5 apresenta as Conclusões deste trabalho, seguidos pelos agradecimentos e referências.

2. Fundamentos teóricos

Na (END, 2012) o Exército Brasileiro deve: contribuir para a soberania nacional; garantir os poderes constitucionais; garantir a lei e a ordem; cooperar com o desenvolvimento nacional e o bem-estar social; e salvaguardar os interesses nacionais. E a Força Terrestre (F Ter) deve ter condições de neutralizar concentrações de forças hostis junto à fronteira terrestre; contribuir para a defesa do litoral e para a defesa antiaérea no território nacional; entre outras capacidades.

Segundo (VERDE OLIVA, 2012) o SISFRON foi instituído sob a égide do trinômio monitoramento/controle, mobilidade e presença; visando aumentar a presença do Estado Brasileiro, a dissuasão e o poder do EB na faixa de fronteira, além da coleta de informações de áreas remotas onde ocorrem diversos crimes: ambientais; narcotráfico; contrabando de explosivos, armas e munições; roubo de cargas e veículos; evasão de divisas e lavagem de dinheiro; e descaminho de produtos falsificados levados para o interior do País.

Todos esses crimes geram o aumento da criminalidade e da violência generalizadas nas comunidades brasileiras, desde as pequenas cidades lindeiras das regiões Norte, Centro-Oeste e Sul, até as grandes metrópoles das regiões Sudeste e Nordeste, mais afastadas da faixa da fronteira, as quais se abastecem desses produtos ilícitos.

O 5G 3GPP foi apresentado ao mundo pela União Internacional de Telecomunicações (ITU) durante a Conferência Mundial de Radiocomunicações 2015 (WRC-15) e foi desenvolvido pela *International Mobile Telecommunication (IMT) “IMT for 2020 and beyond”* (ITU, 2016).

Em (Fang & Qian, 2020) a arquitetura do 5G 3GPP está baseada em “Tecnologias Avançadas” que são diversas inovações disruptivas ao padrão atual 4G (LTE-A) de comunicações móveis, tais como: *enhanced Mobile Broadband (eMBB)* ou banda larga móvel aprimorada; *Ultra-Reliable Low Latency Communication (URLLC)* ou comunicação de baixa latência ultraconfiável; e *massive Machine Type Communication (mMTC)* ou comunicação do tipo máquina massiva. Essas inovações tecnológicas do 5G podem ser muito úteis no uso dual em indústrias e cidades inteligentes, assim como nos sistemas de comunicações, comando e controle, de vigilância e de armas da defesa brasileira.

2.1. Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON)

Segundo (Melo, 2017) é um importante projeto estratégico do EB, pois realiza a integração de dados de inteligência processados nos três níveis decisórios brasileiros: Estratégico, Operacional e Tático.

Foi instituído pela Portaria nº 3.090/MD, de 11 de outubro de 2011, que criou a comissão para acompanhamento da implantação, desenvolvimento e transformação do SISFRON.

Está em operação nos Comandos Militares de Área (C Mil A) constantes na faixa de fronteira: Comando Militar da Amazônia (CMA) em Manaus/AM), Comando Militar do Norte (CMN) em Belém/PA, Comando Militar do Oeste (CMO) em Campo Grande/MS e Comando Militar do Sul (CMS) em Porto Alegre/RS.

Em (EME, 2021), no ano de 2021 foi concluído 100% da implementação do Projeto Piloto Fase 1 de 2010, nos 700 Km da faixa de fronteira, na área do CMO (Campo Grande/MS), especialmente na área da 4ª Bda C Mec (Dourados/MS) formada pelas organizações militares (OM): 4ª Cia Eng Cmb, 9º GAC, 10º R C Mec, 11º R C Mec, 17º R C Mec, 14ª Cia Com e 20º RCB.

No ano de 2022, o SISFRON segue adiante com a implantação da Fase 2 (2020-2023) do SAD 2, nas áreas da 18ª Bda Inf Fron (Corumbá/MS), 15ª Bda Inf Mec (Cascavel/PR), 13ª Bda Inf Mtz (Cuiabá/MT), 2ª Bda Inf SI (São Gabriel da Cachoeira/AM), 16ª Bda Inf SI (Tefé-AM), 17ª Bda Inf SI (Porto Velho/RO), 14º RC Mec (São Miguel do Oeste/SC).

O emprego do SISFRON está amparado legalmente pela Portaria nº 322-EME, de 8 de dezembro de 2015 (EB20-D-10.022), que orienta o emprego da Força Terrestre (F Ter) na faixa de fronteira; Portaria nº 512-EME, de 11 de dezembro de 2017, que aprovou a implantação do SISFRON (EB20-D-08.010) e Portaria nº 305-EME, de 12 de dezembro de 2018, que aprovou as Diretrizes de Iniciação dos Projetos das Fases 2, 3 e 3A (SAD 2, SAD 3 e SAD 3A) do SISFRON.

No dia 7 de abril de 2022 o Exército e a Embraer assinaram o contrato para o desenvolvimento e implantação da Fase 2-SAD2 do SISFRON nas áreas das 13ª Bda Inf Mtz (Cuiabá/MT) e 18ª Bda Inf Fron (Corumbá-MS), na faixa de fronteira oeste junto do Paraguai (1.209 Km) e Bolívia (1.314 Km), totalizando-se 2.523 Km, ambas áreas do CMO.

O SISFRON é composto pelo Subsistema de Sensoriamento (SS), Subsistema de Apoio à Decisão (SAD) e Subsistema de Apoio à Atuação (SAA) (BRASIL, 2013). A sua principal função é fornecer o alerta antecipado e responder prontamente a qualquer ameaça ou agressão, especialmente na região Amazônica, que detém 20% da disponibilidade mundial de água doce.

2.1.1. Subsistema de Sensoriamento (SS)

De acordo com (BRASIL, 2013) o SS é formado por pessoal e material especializado na área de inteligência militar (IM): inteligência de fontes humanas, inteligência do sinal e inteligência de imagens. Atualmente os sensores do SISFRON ficam operando 24/7 automaticamente de modo estático, mas também podem ser empregados de modo

dinâmico nas operações Ágata, do MD. Sensores mais empregados nas operações: eletromagnético, satelital de imagens espectrais (desmatamento, poluição de rios/lagos, movimento de embarcações e comboios de veículos, etc), radar de vigilância terrestre SABER (movimento de veículos e pessoas); radar de vigilância aeroespacial BRADAR (movimentação e aproximação de aeronaves e drones); VANT Harpia com SAR de câmeras especiais de alta resolução (infravermelha e termal), e sensores de comunicações (GE); câmeras, binóculos termais e monóculos de visão noturna; entre outros sensores portáteis do 6º Batalhão de Inteligência Militar (6º BIM).

2.1.2. Subsistema de Apoio à Decisão (SAD)

De acordo com (BRASIL, 2013) o SAD é formado por pessoal e material especializado nas áreas de inteligência militar, comunicações (Com), guerra eletrônica (GE) e guerra cibernética (G Ciber).

O 6º BIM, que também participa diretamente do SS, é responsável por: coletar, receber, processar, armazenar e distribuir os dados de inteligência das diversas fontes do SISFRON, do 9º B Com GE e das agências do governo, tais como: ABIN, PF, PRF, IBAMA, entre outras. Faz parte da Infovia de Campo Grande/MS adjunto do CMO.

O 9º Batalhão de Comunicações e Guerra Eletrônica (9º B Com GE) é responsável por estabelecer as ligações de comunicações, o comando e controle e a consciência situacional do CMO com as suas OMDS e agências governamentais na área de Campo Grande/MS. Faz parte da Infovia de Campo Grande/MS adjunto ao CMO.

A 14ª Companhia de Comunicações é responsável por estabelecer as ligações de comunicações e o comando e controle da 4ª Bda C Mec com suas OMDS e agências governamentais na área de Dourados/MS. Faz parte da Infovia adjunto ao Comando da 4ª Bda C Mec em Dourados/MS.

O Módulo de Telemática Operacional (MTO) é um tipo de sistema de comunicações tipicamente militar, denominado Sistema de Comunicações Tático (SISTAC), pois é empregado diretamente no cumprimento de missões táticas, durante o transcurso das operações em áreas rurais e semiurbanas. Embora, também pode operar como Sistema de Comunicações de Área (SCA) em áreas urbanas, devido às suas características militares: flexibilidade, modularidade, robustez e segurança da informação. Foi fabricado no Brasil pelo Consórcio Embraer durante o Projeto Piloto do SISFRON iniciado em 2010 e, findado em 2021, empregado na área dos 700 Km da faixa de fronteira da 4ª Bda C Mec.

Segundo (HARRIS, 2015) o MTO é composto por 3 padrões de cabines (*Shelters*) militar S-788/BR, designadas como Postos de Comunicações (PC) para os escalões: Grande Unidade (GU), Unidade (U) e Subunidade (SU).

Os PC GU e PC U podem ser embarcados sobre as Viaturas de Comando e Controle (VCC), ou embarcados nas viaturas Agrale Marruá ¾ Ton AM23VTL, enquanto que os PC SU podem ser transportáveis em mochilas individuais pelos combatentes empregadas nas missões de patrulhas e reconhecimentos de fronteira. Abaixo estão descritos os equipamentos embarcados nas cabines do MTO, tomando-se por base o PC GU mais completo, conforme descrito na Tabela 1 abaixo.

Tipos de PCs	Equipamentos embarcados nas cabines dos PC
<i>GU - Grande Unidade</i>	dispõe de 2 Rádios Transceptores Micro-ondas RF-7800W-OU500 (HCLOS); 1 par de Antenas Micro-ondas Omnidirecionais RF-RF-7800W-AT206; 1 Rádio Transceptor Multibanda RF-7800M-MP; 1 par de Antenas Setoriais Parabólicas MIMO RF-7800W-AT203; 1 Rádio Transceptor Portátil RF-7800V-HH; 1 Amplificador Adaptador Veicular (VAA) RF-7800VV501 (até 50 W); 1 conjunto de Antenas Veiculares Omnidirecionais com GPS RF-387-AT002; 1 Roteador Cisco 2921; 1 <i>Access Point Airguard 3e-525A-3</i> (Ponto de Acesso); 4 Telefones VoIP; 2 <i>Notebooks</i> robustecidos (<i>Toughbook CF-31 Panasonic</i>); 1 Bancada para 2 operadores; e 2 Cadeiras de escritório com rodízios. Acoplado à estrutura da cabine (Shelter S-788BR) estão: 1 Grupo Moto Gerador Siemens (GMG); 1 Mastro pneumático para instalação das antenas; 1 ar condicionado; e 1 escada de alumínio retrátil para acesso ao seu interior.
<i>U - Unidade</i> <i>SU - Subunidade</i>	dispõe de todos os equipamentos do PC GU, exceto: 1 Rádio Transceptor Micro-ondas RF-7800W-OU500 (HCLOS) e 1 par de Antenas Micro-ondas Omnidirecionais RF-RF-7800W-AT206.
<i>Rpt - Repetidor</i>	é especialmente mobiliado com 2 Rádios Transceptores RF-7800M-MP e 2 pares de Antenas Setoriais Parabólicas MIMO RF-7800W-AT203, para realizar a repetição dos sinais dos PC GU/PC U/PC SU com modulação AM/FM e exclusiva Forma de Onda de Rede de Banda Larga Adaptável (ANW2/ANW2C). Contudo, não dispõe de 2 Rádios Transceptores RF-7800W-OU500 (HCLOS); 2 pares de Antenas Micro-ondas Omnidirecionais RF-RF-7800W-AT206; e 1 <i>Access Point Airguard 3e-525A-3</i> (Ponto de Acesso).

Tabela 1 – Tipos de Postos de Comunicações do SAD

Segundo (HARRIS, 2015) os PC GU/PC U/PC SU podem: estabelecer redes Ponto Multiponto (PMP) e Ponto a Ponto (PTP) com rádios transceptores RF-7800W-OU500 Micro-ondas com enlaces de frequências na faixa SHF (4,5 a 5,85 GHz) de 10 até 30W tipo HCLOS até 216 Mbps; Duplexação por Divisão de Tempo (TDD) e Multiplexação Ortogonal por Divisão de Frequência (OFDM); usar larguras de banda de quatro canais (5, 10, 20, 40 MHz); usar modulação por Deslocamento de Fase Binária (BPSK), Modulação por deslocamento de Fase de Quadratura (QPSK), 16 Modulações de Amplitude de Quadratura (QAM) e 64 QAM); usar criptografias AES 128/256 bits com chaves de até 64 caracteres; e protocolo de Autenticação X509.

O MTO com os rádios transceptores RF-7800M-MP Multibanda dos PC GU/PC U/PC SU podem: estabelecer enlaces de frequências nas faixas VHF/UHF (30-2.000 MHz) até 20W; usar modulação AM, FM (desvio de 5; 6,5; 8 kHz), FSK, ASK; usar Forma de Onda de Rede de Banda Larga Adaptável (ANW2/ANW2C), Frequência Fixa de Linha de Visada VHF/UHF (VULOS), QUICKLOOK 1A e 2 *Frequency Hopping* (salto de frequência); usar criptografias AES 128/256 bits com chaves de até 64 caracteres e Citadel para VULOS; permitir o tráfego *unicast* ou *multicast* por meio de IP, com o notebook da VCC ou Chat Tático (TAC CHAT) via interface *Ethernet*; buscar novas redes de comunicações junto aos outros sistemas integrados na Infovia.

Em (HARRIS, 2015) foi possível estabelecer uma rede de comunicação PMP entre 1 VCC, 1 PC GU e 1 PC SU no terreno, transmitindo imagens de vídeo a dezenas de quilômetros e fornecendo o acesso à Internet para os outros PC U/PC SU até 100 Km de distância

da base de operações. A integração de qualquer cenário remoto é possível através dos sistemas de comunicações via satélite SISCOMIS e SGDC-1.

Dessa forma, é possível trafegar pela Infovia praticamente todos os dados coletados na campanha e processados em tempo real, desde as imagens captadas dos sensores estáticos instalados na faixa de fronteira (câmeras termais de vigilância de alta definição, sensores infravermelhos de alarme de perímetro e câmeras de longo alcance com visão noturna), como também dados dos sensores dinâmicos (Radar SABER M-20, Radar SABER M-60 e Radar SABER M-200), até os dados do VANT Radar SAR quando ativado em voo e das imagens geradas pelo Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas 1 (SGDC-1), que opera na Banda Ka (civil) e na Banda X (militar). Conforme ilustra a Figura 1 abaixo.

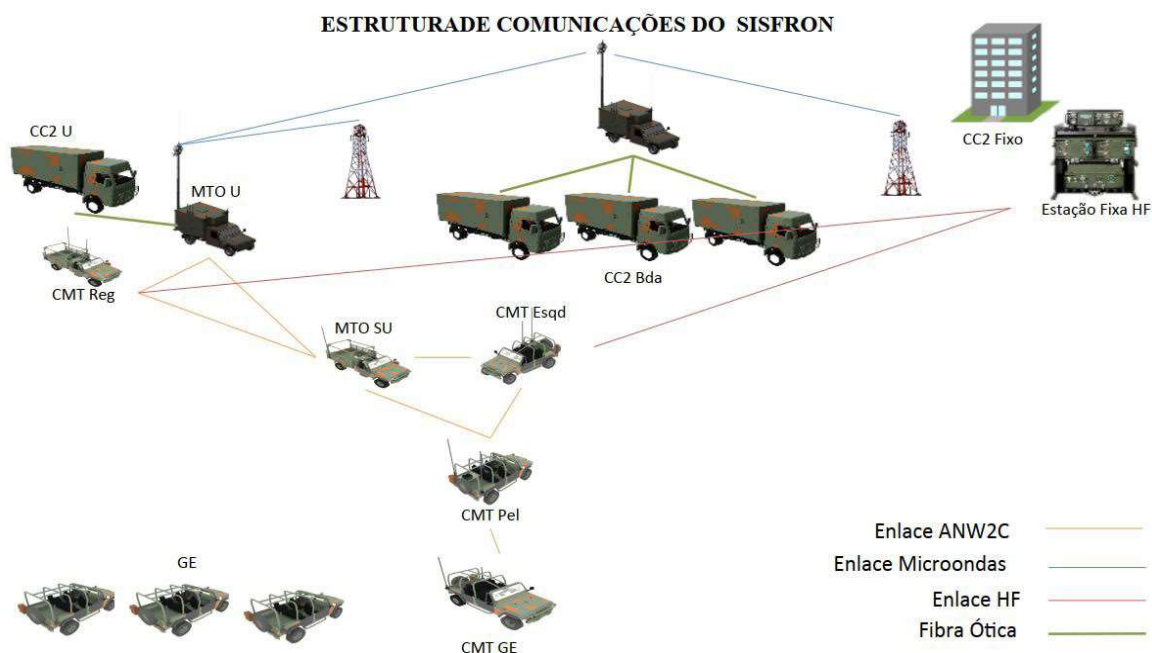


Figura 1 – Visão simplificada da Arquitetura da rede MTO do SISFRON. Fonte: HARRIS

Da Figura 1 acima, entende-se que o alcance das comunicações das redes dos PC GU/PC U/PC SU/VCC dependem exclusivamente do canal pelo qual irão trafegar as informações coletadas nos sensores pelos equipamentos de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), por exemplo: Roteador Cisco 2921, *Access Point Airguard 3e-525A-3* e rádios transceptores da HARRIS; todos embarcados nos PCs.

Ora os dados são trafegados no espectro eletromagnético via enlaces de rádios transceptores da HARRIS, Motorola e RRF-HF (HCLOS, ANW2C, VLOS, SRDT, RRF-SEC-HF) ou pelos enlaces satelitais (SISCOMIS e SGDC-1). Ora são trafegados na Infovia do SISFRON, tais como: fibra óptica, micro-ondas, Rede Privativa Corporativa de Dados (EBNet), Rede Integrada de Telecomunicações do Exército (RITEx), Sistema Nacional de Telecomunicações (SNT) e Internet.

Quando as redes de comunicações dos PCs estão integradas totalmente na Infovia, na EBNNet ou na RITEx, essas redes utilizam o *backhaul* da fibra óptica do SNT, seu alcance dependerá do sinal laser das fibras ópticas multimodo (locais) e monomodo (metropolitanas), e podem ser interligadas com quase todas as 570 OM do EB, destas 66 dispõem de nós exclusivos na faixa de fronteira e outras 152 OM contam com nós contratados da empresa Embratel, prestadora do serviço de telecomunicações no Brasil. Presume-se que quando o MTO está interconectado pela Internet o seu alcance seria global em teoria.

A Infovia é um sistema de telecomunicações estratégicas considerado como a “espinha dorsal” (*backbone*) do SISFRON, e recebeu um aporte considerável de recursos financeiros durante o Projeto Piloto Fase 1 (SDA1), pois realiza a interligação dos 3 subsistemas SS, SAD e SAA do SISFRON.

A Infovia é composta por 2 infraestruturas: 1 física e 1 lógica. Na infraestrutura física existem: edificações, torres, postes, sistema de alimentação (gerador e banco de baterias), cercas, e cabine (*Shelter* de PVC/concreto) para os equipamentos da infraestrutura física; enquanto que na infraestrutura lógica temos os diversos equipamentos de TIC: sítios de antenas, rádios micro-ondas, radomes, geradores, banco de baterias, roteadores, servidores, *switchs*, *hacks*, cabos e conectores de fibras ópticas, cabos e conectores de par trançado não blindado (UTP), computadores de mesa, computadores portáteis (*notebooks*), câmeras especiais tipo *Speed Dome*, e sensor de presença infravermelho.

A Infovia dispõe de 68 Torres de Comunicações Micro-ondas (TCM) com estações-rádios e antenas de micro-ondas denominadas Ponto de Presença (PP) e Pontos de Repetição (PR).

A Infovia realiza as comunicações entre os PP e PR com radioenlaces de micro-ondas trafegando exclusivamente dados em modo *fullduplex* até 144 Mbps, operando nas faixas de frequências de 8,0-8,5 GHz.

Os PP são responsáveis pelo tráfego dos dados coletados nos diversos sensores fixados nas TCM, encaminhando-os para os CRM lotados nos C Mil A (CMO, CMA, CMN e CMS), bem como para o CM de Brasília/DF. Enquanto que os PR apenas realizam as retransmissões dos dados com outros PR e PP até os destinos finais.

As TCM e seus PP estão dispostos nas OMDS participantes do SISFRON, tais como: 6^o CTA (Campo Grande/MS), 4^a Bda C Mec (Dourados/MS), 13^a Bda Inf Mtz (Cuiabá/MT), 18^a Bda Inf Mtz (Corumbá/MS), entre outras OM e cidades das 68 presentes na Infovia do SISFRON.

2.1.3. Subsistema de Apoio à Atuação (SAA)

De acordo com (BRASIL, 2013) o SAA é formado pelo Centro de Monitoramento (CM) lotado em Brasília-DF; pelos Centros Regionais de Monitoramento (CRM) lotados nos Comandos Militares de Área: CMO, CMA, CMN e CMS; e pelos Centros Regionais de Interação (CRI) lotados nas áreas das agências governamentais de cada estado brasileiro. O Projeto Piloto do SISFRON contempla 7 Centros (C) de C2 fixos e 10 CC2 móveis. Os CC2 fixos estão instalados nos CRM, enquanto que os C2 móveis estão instalados nas

VCC. O Comandante da missão e seu Estado-Maior podem realizar seus planejamentos, divulgar suas ordens fragmentárias e acompanhar o desencadeamento das ações táticas dos escalões subordinados, com maior flexibilidade e rapidez às operações, empregando as VCC.

2.2. O Ecossistema 5G Brasil

Segundo (Telebrasil 5G Brasil, 2018) o Projeto 5G Brasil batizou o 5G 3GPP de “Ecossistema 5G Brasil”, seguindo o exemplo da *Association GSM (GSMA, 2022)* na divulgação do Ecossistema 5G mundial fundamentado em três grandes pilares: alcance; conectividade para o bem; e serviços e soluções da indústria.

O Projeto 5G Brasil é formado por instituições brasileiras ligadas ao governo, ao comércio, à indústria, à pesquisa e à academia. É uma associação brasileira de fomento à implantação do 5G no Brasil, que busca de forma voluntária divulgar o Ecossistema 5G Brasil. Conforme ilustra a Figura 2 abaixo.



Figura 2 – Agentes do Ecossistema 5G brasileiro. Fonte: Telebrasil 5G Brasil

Da Figura 2 acima, deduz-se que as partes interessadas (*stakeholders*) na implantação do Ecossistema 5G Brasil tem um caminho a ser explorado pela frente, pois há diversos processos em andamento no governo brasileiro para se definir qual será a matriz fornecedora dos equipamentos e serviços do 5G 3GPP que o Brasil adotará na implantação a partir de 2022.

Para divulgar e coordenar a implantação do Ecossistema 5G Brasil, o governo brasileiro elaborou a Estratégia Brasileira de Redes de Quinta Geração por meio do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC, 2019). Conforme (Anatel, 2021) a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) publicou o Edital de Licitação nº 1/2021-SOR/SPR/CD-ANATEL, em 24 de setembro de 2021. Dessa forma expediu a outorga necessária para liberar o uso comercial das radiofrequências nas faixas de 700 MHz; 2,3 GHz; 3,5 GHz e 26 GHz; com prazo de 20 anos para exploração das

operadoras de telefonia, podendo ser prorrogável por mais 10 anos. Conforme ilustra a Figura 3 abaixo.

Faixa	Banda	Bloco	Oferta de bloco na 1ª rodada	Resultado esperado	Oferta de bloco na 2ª rodada	Spectrum Cap.	Compromisso	Observação
700 MHz	708 - 718 MHz 763 - 773 MHz	Nacional	10 + 10 MHz	Sobras de 10 + 10 MHz para nova operadora atacadista	5 + 5 MHz	Art. 1º, Inciso I, da Resolução nº 703/2018	ERB 4G ou superior em localidades e trechos de estradas	Não é admitida a participação no Leilão daquelas operadoras que já dispõe de autorização na Faixa 700 MHz ou esteja em processo de transferência de controle societário
2,3 GHz	2.300 - 2.390 MHz	Regional	90 MHz	8 operadoras com 40 MHz e 8 operadoras com 50 MHz	Não há	50 MHz	95% de cobertura de municípios sem 4G + Ativar 4G em localidades	Não há
3,5 GHz	3.300 - 3.700 MHz	Nacional e Regional	400 MHz	80 MHz por operadora	20 MHz	100 MHz	ERBs 5G + Limpeza da Banda C + Programa Amazônia Integrada e Sustentável (PAIS) + Rede Privativa de Comunicação da Administração Pública Federal (RAAPF)	1ª rodada com único bloco de 10 + 10 MHz: - 4 nacionais de 80 MHz. - 8 regionais de 80 MHz, sendo possível arrematar no máximo dois blocos regionais 2ª rodada com 2 blocos de 5 + 5 MHz: - Blocos de 20 MHz, caso não haja vencedor para algum dos lotes nacionais ou ao menos um lote regional
26 GHz	24,3 - 27,5 GHz	Nacional e Regional	3.200 MHz	400 MHz por operadora	200 MHz	1 GHz	Não há	5 blocos nacionais com 400 MHz e 21 blocos regionais com 400 MHz

Figura 3 – Quadro resumo do Edital de Licitação nº 1/2021. Fonte: o Autor

Da Figura 3 acima, infere-se que o Ecossistema 5G Brasil: será implantado ainda em 2022, com 3.710 MHz do espectro eletromagnético licitado pela Anatel (Telesintese, 2021); irá gerar desenvolvimento socioeconômico por meio de empregos diretos e indiretos nas comunidades implantadas; será o principal meio da população obter comunicações, informação e lazer; realizará a inclusão digital na educação básica; irá atender áreas remotas da Amazônia; e ampliará significativamente a cobertura atual do 4G nos municípios e rodovias federais.

Segundo (DMAnápolis, 2021) com o leilão do Ecossistema 5G Brasil o Tesouro Nacional estima receber R\$ 3,06 bilhões com as vendas diretas dos lotes, receber R\$ 7,57 bilhões para o custeio da internet nas escolas de educação básica e R\$ 39,1 bilhões pelos investimentos restantes obrigatórios constantes do edital; inclusive receber uma rede exclusiva de comunicação governamental na Administração Pública Federal (APF) em Brasília/DF.

2.3.s Trabalhos correlatos

É inegável que a tecnologia 5G está revolucionando o mundo atualmente, pois permite o uso dual das tecnologias oriundas do 5G, tanto na esfera civil, para fins comerciais e sociais, como na esfera militar, para fins de defesa e segurança pública.

A 10ª Conferência de Sistemas e Tecnologia Militar 2021 ocorreu de 23 a 26 de novembro de 2021, em Brasília/DF, no Estádio Nacional de Brasília Mané Garrincha, contou

com representantes das indústrias nacionais de defesa; autoridades diplomáticas e do governo; políticos; militares das Forças Armadas; integrantes da Segurança Pública; pesquisadores; estudiosos; jornalistas especializados; e abordou diversas pesquisas e propostas sobre o emprego do 5G na esfera militar.

Estudos recentes foram publicados no meio acadêmico global e apontam algumas possibilidades e limitações do emprego dual das tecnologias derivadas do 5G na esfera militar, conforme descrito na Tabela 2 a seguir.

Contudo, há poucas publicações de estudos acadêmicos versando sobre o emprego dual das tecnologias oriundas do 5G na esfera militar brasileira, sendo esse trabalho de grande importância para sanar as lacunas desse conhecimento e, pode, inclusive, subsidiar outros estudos de aplicações teóricas e/ou práticas na área da defesa brasileira.

Estudos publicados	Citações de até 3 aplicações militares do 5G
<i>Bhardwaj, A. (2019) - 5G for Military Communications</i>	Comunicações e controle de voo para veículos hiper planados (<i>hyperglided vehicles HGV</i>) com velocidades hipersônicas; e dispositivos vestíveis tipo relógios e roupas que se comunicam entre as frações do grupo de combate, e caso alguém seja ferido em um conflito, automaticamente o cinto irá aplicar uma injeção de primeiros socorros, haverá uma mensagem de alerta para a base de saúde se preparar, que providenciará o apoio imediato com ambulância autônoma ou viatura blindada com o restante do pelotão até o local da ocorrência com ressurgimento de emergência.
<i>Harvey, J. F. et al. (2019) - Exploiting High mm-wave Bands for Military Communications, Applications, and Design</i>	Redes locais especiais de baixíssima cobertura que aumentam o sigilo; arranjos de antenas direcionais de alto ganho e alta eficiência energética; e enxames de robôs autônomos ou semi-autônomos para espionagem, vigilância, ataques com fogos cinéticos (mísseis e bombas) e não-cinéticos (eletrônicos).
<i>Sharma, K. et al. (2020) - Wearable Computing for Defence Automation: Opportunities and Challenges in 5G Network</i>	Plataformas de comunicações aéreas podem interligar os comandantes de pelotões diferentes entre si e com outros grupos de combate aumentando a consciência situacional e melhorando a tomada de decisões sob estresse no campo de batalha; exoesqueleto reduz a fadiga do combatente; e computação confiável no C2 com: blockchain, redes definidas por software e aprendizado distribuído.
<i>Ferreira, J. (2020) - Aplicabilidade da Tecnologia 5G Para Uso dos Órgãos de Segurança Pública</i>	Personalização nas comunicações da segurança pública usando o IP Multimídia System (IMS) para a função de Push-to-Talk (PTT) nos aparelhos móveis celulares; uso de robôs remotos para atividades de risco de morte na desativação de explosivos; e integração de imagens geradas em câmeras fixadas nos uniformes dos agentes de segurança (<i>bodycam</i>).
<i>Pedro, J. (2021) - O Impacto das Redes 5G na Segurança e Defesa Nacional</i>	Gestão automatizada de estoques em Bases Inteligentes; telemedicina; e segurança das instalações de bases com câmeras dotadas com inteligência artificial.
<i>Wade, Dani. (2021) - 5G network information technology and military information communication data services</i>	Bases militares inteligentes com logística autônoma executada por robôs (drones, veículos terrestres, embarcações): ressurgimento automático no campo de batalha (munição, água, ração, remédio, combustível, etc); relógios inteligentes com altímetro, barômetro, bússola, pedômetro, batimentos cardíacos, pressão sanguínea, GPS e ligações rádio; e redes móveis definidas por software anti-bloqueio (jamming) e anti-aquisição (hacking).

Tabela 2 – Estudos publicados sobre emprego dual do 5G na Defesa

Em (Bhardwaj, 2019) seu trabalho apresenta diversas tecnologias do 5G para emprego militar na Índia: HetNets, SDN, NFV, Comunicações M2M, mmWave, e MIMO maciço. Também analisa os desafios e serviços de segurança oferecidos pelo grupo 3GPP *Security Association 3* (SA3), os cenários futuros do espaço de batalha que se beneficiam das tecnologias 5G e as oportunidades futuras.

Em (Harvey, J. F. et al, 2019) seu trabalho aborda como as ondas milimétricas (*mmWaves*) do 5G podem ser aproveitadas nas comunicações militares de banda mais alta (6, 27, 39, 41, 72 e 141 GHz) com arranjos de antenas dipolo em simulações realizadas no MATLAB. Foram analisadas as alterações das comunicações entre as antenas (área de cobertura, radiância, direcionalidade do lóbulo principal e atenuação do sinal em dBi) sob parâmetros de condições ambientais críticos como chuva e atenuações de absorção atmosférica. Tais fatores críticos influenciam diretamente nas áreas de cobertura e nas taxas de dados trafegados (transmitidos e recebidos). Destaca-se também no estudo as exigências de comunicações especiais de redes locais militares para uma Brigada (composta por 3.000 até 11.000 militares) modular comandada por um Coronel nos EUA, dotada de sistemas de inteligência, comunicações, armas, logística, redes WiFi contra sortidas de enxames de Drones equipados com munições letais ou não letais, capacidades de guerra eletrônica (jamming) e cibernética (hacking), tecnologia de engodo, sistemas de navegação falsa, e sensores avançados para inteligência, vigilância e reconhecimento.

Em (Sharma, 2020) seu estudo apresenta conceitos, equipamentos e serviços da Internet das Coisas do Campo de Batalha (IoBT), que possibilitam plena realização do sensoriamento, de comunicações e de computação onipresentes, entre humanos e máquinas no campo de batalha. Também discute como as soluções baseadas em computação vestíveis desempenham um papel importante na automação da defesa. A automação na defesa proporciona maior agilidade no ciclo de tomada de decisão dos comandantes aliados e inimigos, influenciando diretamente nas ações futuras das tropas, porque permite que as agências de inteligência militares tomem decisões com base nas análises em tempo real, geradas pela integração de informações (voz, dados e imagem) de uma ampla gama de dispositivos vestíveis no campo de batalha. O estudo conclui sobre os desafios futuros no desenvolvimento de tecnologias vestíveis e propôs um protótipo de relógio inteligente com tecnologia de criptografia simétrica denominada PUF ID.

Em (Ferreira, 2020) seu estudo aborda a arquitetura 5G RAN (*Radio Access Network*) e suas Redes Heterogêneas (*HetNets*), que permitem a formação de uma rede multicamada, sendo que cada camada independente tem potência de transmissão e área de cobertura diferente das demais, a fim de possibilitar a interoperabilidade, confiabilidade, segurança e disponibilidade de comunicações para o Sistema Nacional de Comunicações Críticas (SISNACC) do Brasil, envolvendo as Forças Armadas, os Órgãos de Segurança Pública, Fiscalização, Repressão e Controle da Defesa Civil.

Em (Pedro, 2021) é apresentada uma visão geral das tecnologias 5G e também identificados os impactos das redes 5G nas FA portuguesas por meio de entrevistas diretas com autoridades militares portuguesas da Marinha, Exército e Aeronáutica, realizadas pela plataforma *Microsoft Teams*. São analisados contextos das orientações

recebidas da União Europeia (EU) e das Organizações do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), em consideração as características e os campos de aplicação da tecnologia 5G na esfera militar. O artigo fornece conclusões e recomendações às partes interessadas nas comunicações 5G para o uso dual, incluindo a identificação de áreas de desenvolvimento posterior em Portugal.

Em (Wade, 2021) são abordados aspectos teóricos das tecnologias 5G para uso militar global e a comparação de velocidade de transmissão de pacotes de dados de um arquivo em uma rede móvel entre dois protocolos distintos: *Low Latency Communication Ultra-Reliable (LLCUR)* e *Data Named Design (DND)*. Assuntos abordados: sistema de antenas distribuídas (DAS) que compartilha a faixa de ondas milimétricas baseada em redes 5G; rede óptica passiva (PON) que tem se tornado uma topologia multiponto-ponto para o uso efetivo de pesquisas de texto; velocidade das redes militares deve-se ter alta capacidade com enlaces sem fio e anti-bloqueio. Seu estudo conclui e demonstra um incremento de 18% de velocidade na transmissão de pacotes TCP/IP e UDP pelo protocolo LLCUR (90%) sobre o protocolo DND (72%), ou seja, um ganho significativo para redes militares de comando e controle (C²), logo poderia reduzir mortes no Teatro de Operações.

Por todo o exposto, deduz-se que a tecnologia 5G pode estimular ainda mais seu emprego na esfera militar nos próximos anos, em que pese a necessidade de estudos mais detalhados por causa dos desafios técnicos intrínsecos na pesquisa, na criação, na adoção e na implantação de novos produtos e serviços derivados do 5G, nos sistemas de defesa de cada país adotante.

3. Metodologia

Este trabalho realizou uma pesquisa bibliográfica e documental, de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e objetivo exploratório sobre diversos estudos científicos globais, publicações e livros entre os anos 2018 a 2022, que demonstram o uso dual do 5G no exterior e apresenta uma sugestão para o Brasil.

Buscou-se analisar nos trabalhos correlatos as principais tecnologias derivadas do 5G já empregadas na esfera militar nos EUA, na China, na Coreia do Sul, na Índia, e em Portugal, as quais também podem ser implementadas no Brasil.

Em que pese a necessidade de estudos complementares mais detalhados, por causa dos desafios técnicos intrínsecos na criação, na comercialização e na adoção de novos produtos e serviços derivados do 5G para os sistemas de defesa de cada país adotante, espera-se que os resultados apresentados sejam coerentes com a aplicação dual do 5G na defesa brasileira realizada no SISFRON.

4. Resultados e discussões

Os EUA já dispõe de tecnologias derivadas do 5G implementadas pelo Pentágono no uso dual pela Marinha (*Navy*), pelo Exército (*Army*) e pela Força Aérea (*USAF*), que permitiram: automatizar tarefas logísticas em bases inteligentes; economizar recursos

financeiros em treinamentos com óculos de realidade virtual (RV) e óculos de realidade aumentada (RA); empregar inteligência artificial na gestão das frequências de rádios transceptores; realizar o compartilhamento dinâmico de frequências dos radares; melhorar os sistemas de comando e controle e as comunicações móveis ultra-rápidas entre os escalões de comando, os escalões subordinados e suas peças de manobra; aplicar a aprendizagem de máquina na coexistência da tecnologia de uso duplo do 5G; realizar telemedicina (cirurgias e diagnósticos remotamente); usar arranjos de antenas direcionais com MIMO e *beamforming* entre suas bases e seus veículos autônomos de reconhecimento, vigilância e de assalto, entre outras aplicações militares no campo de batalha.

Logo, fica evidente para o MD a necessidade de empregar também as tecnologias derivadas do Ecossistema 5G Brasil na esfera militar brasileira, por meio da integração direta no SISFRON.

A Infovia considera dividir o tráfego em 2 *backbones* de até 288 Mbps, sendo 1 *backbone* de 144 Mbps para as OM situadas no estado do Mato Grosso do Sul (MS) e 1 *backbone* de 144 Mbps para as OM situadas no estado do Mato Grosso (MT).

Nas regiões metropolitanas a arquitetura de rede da Infovia está estruturada com fibra óptica multimodo, realizando a interligação dos PP e PR às OM do SISFRON. Os PP podem utilizar o *backhaul* da rede metropolitana de fibra óptica trafegando dados até 1 Gbps via *Ethernet* (TCP/IP) entre os roteadores de camada 3 com os switches de camada 3, ambos lotados nos CRM (CMO, CMA, CMN e CMS).

A Infovia poderá integrar as tecnologias do 5G SA (*Stand Alone*) diretamente nos PP e PR, utilizando-se de rádios micro-ondas do tipo 5G RAN (*5G Radio Access Network*) com frequências na faixa de 26 GHz, pois essa faixa será menos demandada no início da implantação do Ecossistema 5G Brasil.

A Infovia poderá ativar o reuso de frequências (*backhauling*) das fibras ópticas multimodos das redes metropolitanas que ligarão as ERB das redes móveis do 5G nas áreas urbanas do SISFRON, realizando o fatiamento da Rede Principal (*Core network*) em camadas de aplicações disponibilizando maior capacidade de assinantes ao mesmo tempo e maior confiabilidade no tráfego dos dados.

A Infovia poderá utilizar Redes Definidas por Software (SDN) para melhorar a segurança das subredes virtuais criadas para os PP; e também para melhorar as comunicações entre os servidores dos PP nessas redes por meio do mMTC (massivo Tipo de Comunicação de Máquina).

A Infovia poderá utilizar arranjos de antenas especiais de ondas milimétricas (*mmWave*) com *Beamforming* e MIMO com o rádio 5G RAN junto aos sensores e câmeras de vigilância especiais fixados nas TCM, aumentando-se consideravelmente as taxas de transmissão *fullduplex* de 144 Mbps (micro-ondas) para 1 Gbps (5G) por meio da comunicação ultra-confiável de baixa latência (uRLLC).

O CM (Brasília/DF) e os demais CRM (Campo Grande/MS, Manaus/AM, Belém/PA e Porto Alegre/RS) poderão implantar Redes Heterogêneas (*HetNets*) para realizarem

comunicações móveis melhoradas de banda larga (eMBB), aumentando o tráfego de dados entre os roteadores e switches de camada 3, dos atuais 1 Gbps até 100 Gbps.

Durante as missões reais executadas pelos Grupos de Inteligência (GI) do 6º BIM, poderão ser estabelecidas células tipo pico e femto (alguns metros), entre os smartphones 5G dos operadores de inteligência, visando diminuir o alcance dos sinais para fora das áreas de interesse e aumentar o sigilo das comunicações nas ações de vigilância de alvos e pontos sensíveis durante o dia, e principalmente, à noite.

5. Conclusões

O SISFRON vem mantendo o sensoriamento das áreas de interesse na fronteira terrestre brasileira desde a sua implantação no ano de 2010, fornecendo dados de inteligência preciosos para as autoridades civis e militares nos níveis Estratégico e Operacional. E no nível Tático facilita o emprego das Forças Armadas e das agências governamentais nas Operações Ágata de combate aos ilícitos fronteiriços.

De acordo com (Telesintese, 2021) o 5G não é uma opção, mas será um dos alicerces da sociedade moderna e será o principal meio de comunicação, informação e entretenimento. Seus sistemas, tecnologias e arquiteturas das redes móveis continuarão a evoluir para melhorar a eficiência e uso do espectro eletromagnético, além de contribuir para as economias e empregos em nível global.

Seguindo o exemplo dos países estrangeiros EUA, China, Coreia do Sul, Índia e Portugal, que já implementaram tecnologias civis e militares no Estado da Arte do 5G (eMBB, URLLC e mMTC) nas suas defesas e segurança pública, o Ministério da Defesa (MD) brasileiro pode implantar o Ecossistema 5G Brasil na defesa brasileira, iniciando-se no SISFRON, devido a sua importância estratégica, operacional e tática.

Por fim, apesar dos desafios atuais e futuros na implantação do Ecossistema 5G Brasil, percebe-se que seu emprego dual na defesa brasileira proporcionará avanços tecnológicos importantes para o EB, assim como para o Brasil, visando: ampliar a interoperabilidade das Forças Armadas brasileiras nas áreas de atuação do SISFRON; incrementar cooperações diplomáticas e militares com os 10 países vizinhos no combate aos ilícitos; consolidar ações protetivas e sociais do Estado brasileiro junto das comunidades mais carentes estabelecidas na faixa de fronteira terrestre; e estimular o desenvolvimento da indústria nacional de defesa.

Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte da Agência Brasileira de Inteligência (ABIN) TED 08/2019, à Fundação de Apoio à Pesquisa (FUNAPE) e ao Exército Brasileiro.

Referências

Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel). (2021). *Anatel publica edital do leilão do 5G*. <https://www.gov.br/anatel/pt-br/assuntos/noticias/anatel-publica-edital-do-leilao-do-5g>

- Bhardwaj, A. (2019). *5G for Military Communications*. Third International Conference on Computing and Network Communications (CoCoNet'19). CAIR DRDO Bangalore, India. 2019. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141933120306128>.
- BRASIL. (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Revisada em 2016. https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf
- BRASIL. (2012). *Política e Estratégia Nacional de Defesa*. https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/ENDPND_Optimized.pdf
- BRASIL. (2013). *Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON)*. (2013). Palestra ministrada no CMO em Campo Grande/MS. https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/ensino_e_pesquisa/defesa_academia/cedn/palestras-junho-2013/o-sisfron-projeto-estrategico-do-exercito.pdf
- Centro de Educação a Distância do Exército (CEADEx). (2020). *Plano Estratégico do Exército 2020-2023*. http://www.ceadex.eb.mil.br/images/legislacao/XI/plano_estrategico_do_exercito_2020-2023.pdf
- Direito da Comunicação. (2020). *Aplicações militares da tecnologia de 5G nos Estados Unidos*. https://direitodacomunicacao.com/br/aplicacoes-militares-da-tecnologia-de-5g-nos-estados-unidos/#_ftnref1
- DMAópolis, o seu jornal diário. (2021). *Com a promessa de plugar de vez a economia, 5G vai a leilão*. <https://www.dmanapolis.com.br/noticia/14906/com-a-promessa-de-plugar-de-vez-a-economia-5g-vai-a-leilao>
- Fang, D & Qian, Y (2020). *5G Wireless Security and Privacy: Architecture and Flexible Mechanisms*. in IEEE Vehicular Technology Magazine, vol. 15, no. 2, pp. 58-64, June 2020, DOI: 10.1109/MVT.2020.2979261.
- Ferreira, J. (2020). *Aplicabilidade da Tecnologia 5G para Uso dos Órgãos de Segurança Pública*. <http://www.ebrevistas.eb.mil.br/OC/article/view/6017>
- GSM Association (GSMA). (2022). *About Us*. <https://www.gsma.com/aboutus/>
- HARRIS. (2015). *Treinamento Sistema MTO*. Versão 2.0.
- Harvey, J. et al. (2019). *Exploiting High mm-wave Bands for Military Communications, Applications, and Design*. IEEE, Vol 7, 2019. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8692347>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2022). *Cidades e Estados*. <https://www.ibge.gov.br/pt/cidades-e-estados.html>
- ITUnewslog. (2016). *IMT-2020 makes progress in developing 5G standard*. <https://newslog.itu.int/archives/1210>.
- Melo, C. (2017). *Sistema de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON): Uma importante ferramenta de apoio à Defesa Nacional*. <https://repositorio.uninter.com/handle/1/237>

- Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). (2019). *Estratégia Brasileira de Redes de Quinta Geração*. <https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/sessaoPublica/arquivos/estrategia5g/Documento-base-da-Estrategia-Brasileira-de-5G.pdf>
- Pedro, J. (2021). *O Impacto das Redes 5G na Segurança e Defesa Nacional*. Repositórios Científicos de Acesso Aberto de Portugal. <https://www.rcaap.pt/detail.jsp?locale=pt&id=oai:comum.rcaap.pt:10400.26/38162>
- Sharma, P. Park, J. Park, J. & Cho, K. (2020). *Wearable Computing for Defence Automation: Opportunities and Challenges in 5G Network*. in IEEE Access, vol. 8, pp. 65993-66002, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2985313.
- Telebrasil 5G Brasil. (2018). *Ecossistema 5G Brasil: agentes*. <https://5gbrasil.telebrasil.org.br/ecossistema/agentes>
- Telesintese. (2021). *Portal de Telecomunicações, Internet e TICs*. Apresentacao-da-Analise-do-5G-v04.pdf. <https://www.telesintese.com.br/wp-content/uploads/2021/02/Apresentacao-da-Analise-do-5G-v04.pdf>
- VERDE OLIVA, Ano XL, N° 217, Especial, Centro de Comunicação Social do Exército. (2012). SISFRON. *Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras*. Páginas 13 a 19. <https://pt.calameo.com/exercito-brasileiro/read/001238206bb7f4646da49>
- Wade, D. (2020). *5G network information technology and military information communication data services*. 2020. Kindle Edition.