

# **EMPREGO DO SISTEMA DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS (SARP) NO APOIO AO SISTEMA DE COMANDO E CONTROLE (C<sup>2</sup>) DE BRIGADA<sup>1</sup>**

## **EMPLOYMENT OF THE UNMANNED AIRCRAFT SYSTEM (UAS) IN SUPPORT OF THE BRIGADE COMMAND AND CONTROL (C<sup>2</sup>) SYSTEM**

Gabriel Martins **Melgaço**<sup>2</sup>

### **RESUMO**

O emprego de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) no contexto militar tornou-se, nos últimos anos, vetor imprescindível para a consecução de operações militares. Esta nova tecnologia vem permitindo conquistar grande vantagem tática, evidenciar substancial mudança no campo de batalha por meio de sistemas relativamente baratos e neutralizar equipamentos de grande valor ao inimigo. Nesse contexto, vimos abrir uma nova oportunidade de melhoria para os Sistemas de Comando e Controle (C<sup>2</sup>), os quais vem se aperfeiçoando para tornar as ordens emanadas cada vez mais céleres. O objetivo deste trabalho se pautou na possibilidade de emprego de ARP como uma plataforma repetidora, com o intuito de integrá-la a um sistema de C<sup>2</sup> de Brigada de forma a verificar a possibilidade de reduzir as dificuldades dos combates modernos através deste tipo de inovação tecnológica. Para isso, foram realizadas pesquisas bibliográficas e documentais, atendo-se aos empregos da plataforma no âmbito do Exército Brasileiro e do Exército Americano. A pesquisa sobre o assunto não foi experimentada no ambiente real, mas pôde ser testada através da utilização de software de predição de enlace. Ao fim deste estudo, concluiu-se que a Força Terrestre vem desenvolvendo novas capacidades através do recebimento do SARP *Nauru 1000C*, possibilitando iniciar estudos para implementação de plataformas repetidoras na Doutrina Militar Terrestre.

**Palavras-chave:** SARP; C<sup>2</sup>; Repetidora; Comunicações.

### **ABSTRACT**

The use of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in the military context has become, in recent years, an essential vector for the achievement of military operations. This new reality has made it possible to achieve a great tactical advantage, to demonstrate substantial changes on the battlefield through relatively inexpensive systems and neutralize equipment of great value to the enemy. In this context, we saw a new opportunity for improvement for the Command-and-Control Systems (C<sup>2</sup>), which have been improving to make the orders faster. The objective of this work was based on the possibility of using the UAV as a Communication Relay, to integrate it into a brigade C<sup>2</sup> system and to verify the possibility of reducing the difficulties of modern combats through this type of technological innovation. Thus, bibliographic and documentary research was carried out, focusing on the uses of the platform within the scope of the Brazilian Army and the US Army. The research on the subject was limited by the impossibility of trying it in the real environment, but it was tested through the use of link prediction software. In conclusion, the Brazilian Army started new studies for the implementation of *Nauru 1000C*, opening new possibilities at Terrestrial Doctrine in communications relay area.

**Keywords:** UAS; UAV; C<sup>2</sup>; Communication; Relay.

---

1 Artigo apresentado em 19 Set 22 ao Centro de Instrução de Aviação do Exército.

2 Aluno do Curso de Gerência de Manutenção de Aviônicos do Centro de Instrução de Aviação do Exército (CIAVEX). E-mail: melgaco.martins@eb.mil.br.

## 1 INTRODUÇÃO

Os combates modernos estão cada vez mais atrelados a utilização de equipamentos com tecnologia de ponta capazes de realizar ganhos consideráveis aos principais exércitos do mundo nas operações militares. O Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) foi um destes adventos criados ao final do século XX que ganhou grande notoriedade.

Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) são Veículos Aéreos não Tripulados (VANT) controlados a distância a partir de uma estação de pilotagem para a execução de determinada tarefa. O SARP é um conjunto de subsistemas destinados ao emprego de aeronaves não-tripuladas a qual engloba a plataforma aérea, estação de controle de solo, terminal de transmissão de dados, infraestrutura de apoio e recursos humanos. (BRASIL, 2018).

Com os primeiros modelos desenvolvidos nos Estados Unidos, os VANT têm como objetivo diminuir a carga de trabalho e exposição do militar ao inimigo. Com os avanços tecnológicos da atualidade, percebeu-se que as missões que o sistema cumpre são amplas, sendo empregado em operações de inteligência, ataque, Guerra Eletrônica (GE), busca e salvamento e muitas outras. Nos conflitos atuais, o SARP vem se mostrando cada vez mais necessário em operações militares no apoio as diversas funções de combate, como a que veremos neste trabalho.

A função combate Comando e Controle (C<sup>2</sup>) compreende a atuação do comandante e seu Estado-Maior e o sistema de C<sup>2</sup> que lhe dá suporte em um campo de batalha. O C<sup>2</sup> tem evoluído continuamente a fim de acompanhar os combates modernos que vêm se caracterizando pelo elevado uso da tecnologia. Dessa forma, a pesquisa em novas tecnologias e processos é fundamental para que os sistemas de C<sup>2</sup>, atuando em rede, permitam manter uma consciência situacional, em diversos escalões, o mais próximo possível da realidade. (BRASIL, 2015).

Ainda, “o sistema de C<sup>2</sup> é um conjunto de recursos humanos, instalações, normas e processos, redes e sistemas de informações que possibilitam ao comandante planejar, dirigir e controlar, por intermédio de um sistema de comunicações.” (BRASIL, 2015, p. 4-1).

Do exposto, podemos correlacionar os assuntos supracitados através da seguinte afirmação: “O emprego do SARP permite otimizar o processo de tomada de decisão e aumentar o nível de consciência situacional dos decisores em todos os níveis.” (BRASIL, 2014, p.4-2). Diante disso, o presente trabalho buscou responder a seguinte indagação: o emprego do SARP como parte integrante do sistema de comunicações, em apoio ao Sistema de C<sup>2</sup>, poderia ser implementado no Exército Brasileiro (EB) como forma de multiplicação do poder de combate da Força Terrestre (F Ter)?

Portanto, este trabalho procurou identificar formas de emprego de aeronaves não-tripuladas com enfoque no apoio a sistemas de comunicações e C<sup>2</sup> nos níveis táticos das operações modernas.

Diante do exposto, o trabalho se delineou no tema: “Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) e Comando e Controle (C<sup>2</sup>)”. Nesse sentido, a delimitação do tema é: “o emprego do Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) em apoio aos sistemas de Comando e Controle (C<sup>2</sup>) de brigada (Bda) nas operações ofensivas”.

Para fins didáticos, esta pesquisa tomou como base o relatório e lições aprendidas de um apoio de comunicações à um exercício militar de nível Bda sob a ótica de análise do C<sup>2</sup>. A 5ª Companhia de Comunicações Blindada (5ª Cia Com Bld), sediada na cidade de Curitiba-PR, realizou o apoio de Comunicações na Operação Lança da 5ª Brigada de Cavalaria Blindada (5ª Bda C Bld) no ano de instrução de 2021. A referida atividade teve como objetivo executar uma Operação Ofensiva de Aproveitamento do Êxito (Op Of Apvt Exi) com a participação de todas as Organizações Militares Diretamente Subordinadas (OMDS) da referida Bda. (BRASIL, 2021).

De acordo com o relatório, foram escalonados Postos de Comando Táticos (PCT) em um Eixo de Progressão (E Prog) de aproximadamente 112 (cento e doze) km entre a cidade de Lapa/PR e Três-Barras/SC. Por ter se tratado de uma Op Apvt Exi, demandou-se um sistema de comunicações flexível a fim de manter a continuidade das ligações e proporcionar rapidez no processo decisório. Ainda, foram elencadas oportunidades de melhoria na atividade, a qual destacaram-se a ausência de meios amplos e flexíveis para o desdobramento do sistema de comunicações nível Bda, tais como recursos satelitais e repetidoras móveis, conforme prescreve o Manual EB70-MC-10.246 As Comunicações nas Operações. (BRASIL, 2021).

A partir dos objetos de pesquisa supracitados, este trabalho buscou esclarecer o seguinte problema: a partir da análise das oportunidades de melhoria encontrados na Operação Lança/2021, como o SARP, empregado como uma plataforma repetidora rádio, poderia aumentar as capacidades dos Sistemas de Comunicações e C<sup>2</sup> da Bda neste contexto tático?

A relevância deste tema está pautada na necessidade de implementação de novas tecnologias no EB de forma a acompanhar a evolução dos conflitos armados dos tempos modernos. Em um mundo globalizado, a celeridade do fluxo de informações é uma realidade que se faz necessária no meio militar. Dessa forma, o trabalho visou realizar pesquisas que desenvolvam novas doutrinas a fim de otimizar os processos e sistemas de C<sup>2</sup> e ARP.

Como forma de restringir o estudo, o trabalho foi dividido em 1 (um) objetivo geral e 4 (quatro) objetivos específicos. O objetivo geral do presente trabalho buscou analisar o emprego do SARP em apoio aos sistemas de Comunicações e C<sup>2</sup> de Bda. Além do objetivo geral supracitado, foram também explorados os seguintes objetivos específicos: a) identificar o emprego do Sistema de Comunicações de Bda do EB e analisar as oportunidades de melhoria, no que se refere o C<sup>2</sup> da Operação Lança/ 2021 da 5<sup>a</sup> Bda C Bld; b) apresentar o emprego do SARP no Exército Brasileiro; c) identificar o emprego do SARP nas Forças Armadas dos Estados Unidos como plataforma Repetidora; e d) comparar a área de cobertura de uma estação repetidora terrestre e aérea através de *software* de predição de enlace.

Para confecção do presente trabalho, foi realizada uma pesquisa do tipo básica com a finalidade de analisar a possibilidade de emprego do SARP no apoio aos Sistemas de C<sup>2</sup> de Bda como plataforma repetidora, a fim de aprofundar o conhecimento científico sobre os temas.

No que tange o instrumento de coleta de dados, esta pesquisa utilizou-se do método bibliográfico e documental onde foram levantadas informações com base na seleção de materiais de pesquisa em fontes publicadas em revistas, sítios eletrônicos, manuais e artigos. Para seleção de fontes de pesquisa, o trabalho se delineou em autores reconhecidos no meio acadêmico.

As pesquisas foram baseadas nos Manuais do EB para os assuntos relacionados a Comunicações e ARP. Entretanto, para discorrer a respeito de novas capacidades dos temas supracitados, principalmente a respeito da utilização do SARP como plataforma repetidora, foram utilizados artigos publicados em portais de notícias e revistas americanas os quais discorrem com maior propriedade sobre o assunto em específico. Os estudos americanos foram escolhidos por se tratar de Força Armada que experimentou a utilização de SARP em conflitos modernos recentes.

Por fim, foi realizado um estudo comparativo considerando o emprego de uma repetidora terrestre e aérea através da análise de áreas de cobertura utilizando o *software Radio Mobile*.

## **2 SISTEMA DE COMANDO E CONTROLE (C<sup>2</sup>)**

Definiremos, a seguir, conceitos importantes para cumprir os objetivos definidos.

## 2.1 COMANDO E CONTROLE

A definição de C<sup>2</sup> está ligada diretamente à decisão e atuação do comandante e seu Estado-Maior (EM), porém para que esta última se concretize com eficiência, é necessária a realização do acompanhamento da ordem emanada. Para isso, torna-se necessária atuação de diversas peças-chaves, conforme o Manual de Campanha de C<sup>2</sup> define:

O sistema de C2 é um conjunto de recursos humanos, instalações, normas e processos, redes e sistemas de informações que possibilitam ao comandante planejar, dirigir e controlar, por intermédio de um sistema de comunicações e de um fluxo de informações, forças e operações (organizações e atividades), desde a paz estável até o conflito armado/guerra, no preparo ou no emprego, para que se atinja um determinado propósito. (BRASIL, 2015, p. 2-1).

No combate, a tropa que lograr êxito na tomada e consecução de decisões efetivas com celeridade ganhará a vantagem decisiva, visto que influenciará o Teatro de Operações (TO) antes que o oponente possa utilizar informações disponíveis para se antever. Nesse sentido, a eficácia e a adequação de Sistemas de Comunicações às exigências táticas da F Ter são fundamentais para a obtenção da vantagem supracitada. (BRASIL, 2015).

As ligações necessárias são definidas pelo comandante e especialmente pelo tipo de operação, pelo momento, pelo escalão considerado e pelos elementos envolvidos na missão. Para cada situação, existe um responsável pelas ligações necessárias, o qual deverá estabelecê-las através de equipamentos de comunicações. (BRASIL, 2015).

## 2.2 EMPREGO DAS COMUNICAÇÕES DE BRIGADA

O EB possui em sua organização diversos tipos de Bda as quais diferem nas suas características e emprego. As operações modernas demandam ações de grande mobilidade e exigem que o Comando e seus elementos subordinados se dispersem dentro do TO buscando proteção contra os modernos sistemas de armas. Dessa forma, os elementos de comunicações orgânicos devem ser dotados de meios de comunicações que permitam rápido desdobramento, proporcionando ligações confiáveis e flexíveis.

Para isso, o Manual C11-30 As Comunicações na Brigada, elenca a Cia Com Bda como responsável pelo desdobramento e gerenciamento do Sistema Tático de Comunicações da Brigada (SISTAC/Bda), a qual a define da seguinte forma:

[...] A Bda instala e explora o seu SISTAC de acordo com o planejamento da operação [...] O SISTAC/Bda é composto pelos seguintes sistemas de enlace: microondas em visada direta, rádio (em HF e VHF), físico e por mensageiro, podendo ser complementado por outros meios de comunicações. Tais sistemas de enlace devem ser utilizados de forma a atender, simultaneamente, ao maior número possível de princípios de emprego das comunicações. (BRASIL, 1998, p. 4-1).

A Bda, por intermédio da Cia Com, instala e explora o SISTAC desdobrando um Posto de Comando Principal (PCP) e um Posto de Comando Tático (PCT), buscando estabelecer ligações aos Postos de Comando dos Elementos Subordinados (PC Elm Sbrd). O PCP e PCT são os órgãos de comando e controle voltados para o planejamento e coordenação das operações táticas correntes e futuras e recebem todas as informações relativas ao combate. A diferença de ambos está no fato do PCT permitir ao comandante da tropa acompanhar de perto as operações, dando-lhe agilidade e flexibilidade para comandar e controlar as ações. (BRASIL, 1998).

Os comandantes em todos os níveis, inclusive os das OMDS, desdobram os PC Elm Sbrd. Cada OMDS zela pelo funcionamento dos meios a disposição para realizar as ligações necessárias com o escalão superior. Para isso, a Cia Com pode desdobrar diversos meios para adequar-se a situação tática necessária, são eles: sistemas rádio *High Frequency* (HF), *Very High Frequency* (VHF), *Ultra High Frequency* (UHF), telefonia *Voice Over Internet Protocol* (VoIP), Sistema Rádio via Satélite, enlace de dados micro-ondas, sistemas de apoio a decisão, correio eletrônico, repetidoras rádio e entre outros. (BRASIL, 2020). Este último meio será o foco para o desenvolvimento deste trabalho.

### **2.2.1 Repetidora Rádio**

Um dos recursos importantes que as Cia Com dispõem para realização de apoio de comunicações é o emprego das repetidoras rádio. Estes equipamentos, instalados em regiões elevadas, recebem um sinal para retransmiti-lo de modo a alcançar distâncias maiores que em uma comunicação ponto-a-ponto.

As repetidoras operam aliando locais elevados com alta potência irradiada, de modo a aumentar o raio de alcance do sinal de cobertura para realização de uma comunicação mais eficiente entre os usuários. Nesse sentido, as repetidoras modernas proporcionam, ainda, maior agilidade através do aumento do número de pessoas se comunicando simultaneamente, evitando sinais ocupados ou o corte de comunicação entre elas.

Para que se obtenha melhores resultados utilizando este equipamento, é preciso realizar um estudo específico no local de emprego para verificar fatores como, quantidade de

repetidoras que deverão ser instaladas, locais de instalação no terreno, integração entre as mesmas e entre outros. (GRUPO CDC TELECOM, 2022).

A Figura 1, abaixo, ilustra o funcionamento de estações repetidoras:

Figura 1 – Funcionamento das Estações Repetidoras



Fonte: QTC da ECRA (2022).

Pode-se verificar na imagem acima que as capacidades de transmissão de estações de baixa potência são ampliadas através do uso de uma estação repetidora de alta potência instalada em uma posição de comando.

### 2.2.2 Software de Predição de Enlace

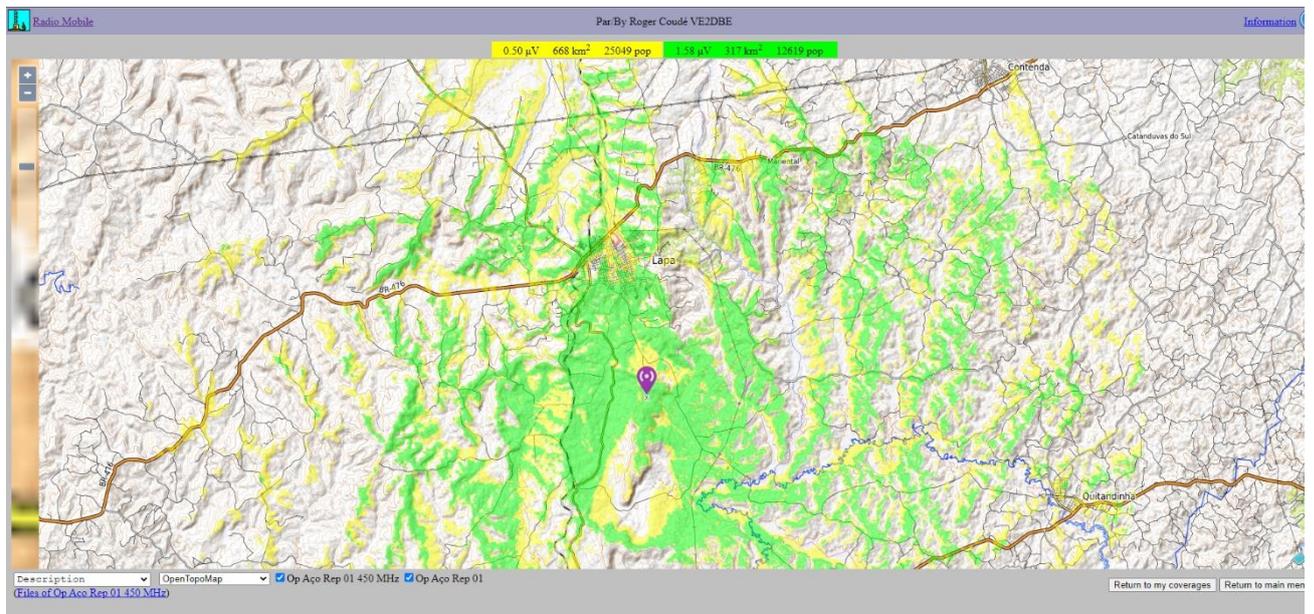
Devido ao ganho em velocidade e economia de recursos no planejamento de comunicações, faz-se necessário que as unidades de comunicações disponham de uma ferramenta computacional para predição da área de cobertura, para assim detectar possibilidades e deficiências na área proposta que só seriam detectadas após a instalação de uma repetidora no local.

Segundo o sítio Teleco (2018), predição é uma prática adotada inclusive pelas operadoras de telecomunicações que utilizam softwares como o *Radio Mobile*, desenvolvido por Roger Coudé para realização de análises:

Estes softwares, através de um modelo de predição, simulam uma área de cobertura no ambiente de interesse. Em seguida, a atenuação da intensidade do sinal recebido é estimada, de acordo com o modelo de predição adotado, para estimar a potência de recepção em cada receptor. Portanto, podemos estimar o ambiente quanto ao nível de sinal de determinadas áreas e regiões de sombra. [...] Alguns pontos requerem maior atenção quando utilizados na predição, como a topografia do terreno, frequência de operação a ser investigada, condições climáticas e a altitude, pois são diferentes para cada localidade, caracterizando assim um fator de atenuação diferenciado. (TELECO, 2018, p.1).

A Figura 2 abaixo mostra o resultado de uma predição de enlace realizada no *Radio Mobile* onde o símbolo no centro em roxo do mapa representa o local de instalação da estação repetidora. As áreas em verde e amarelo representam a cobertura dos locais onde os sinais são fortes e fracos, respectivamente. Os locais em branco são onde não há possibilidade de realização de enlace.

Figura 2 – Predição de enlace Radio Mobile



Fonte: Radio Mobile (2022).

### 2.3 OPERAÇÃO LANÇA/5ª BDA C BLD

As operações militares podem ser classificadas quanto à sua finalidade em básicas e complementares. As básicas são operações que, por si mesmas, podem atingir os objetivos determinados por uma autoridade militar ou civil, em situação de guerra ou em situação de não guerra. Na situação de guerra, subdividimos, ainda, em ofensiva e defensiva. O contexto tático da Op Lança/5ª Bda C Bld, a qual iremos analisar, está enquadrado em uma operação do tipo básica, de guerra e ofensiva. Ante o exposto, o Manual de Campanha - Operações EB70-MC-10.223 define operações ofensivas como:

As operações ofensivas (Op Ofs) são operações terrestres agressivas nas quais predominam o movimento, a manobra e a iniciativa, para cerrar sobre o inimigo, concentrar poder de combate superior, no local e no momento decisivo, e aplicá-lo para destruir ou neutralizar suas forças por meio do fogo, do movimento e da ação de choque. Obtido sucesso, passa-se ao aproveitamento do êxito ou à perseguição. (BRASIL, 2017, p. 3-1).

O Apvt Exi foi o contexto tático específico apresentado no relatório da Op Lança/5ª Bda C Bld, o qual é definido também pelo manual supracitado como:

O aproveitamento do êxito é a operação que se segue a um ataque exitoso e que, normalmente, tem início quando a força inimiga se encontra em dificuldades para manter suas posições. Caracteriza-se por um avanço contínuo e rápido das nossas forças, com a finalidade de ampliar ao máximo as vantagens obtidas no ataque e anular a capacidade do inimigo de reorganizar-se ou realizar um movimento retrógrado ordenado. É a que obtém os resultados mais decisivos dentre as operações ofensivas, pois permite a destruição do inimigo e de seus recursos com o mínimo de perdas para o atacante. (BRASIL, 2017, p. 3-1).

Do exposto, o manual Brasil (2020) define que o planejamento do Sistema de Comunicações no Apvt Exi deve ser detalhado, tendo como foco preservação da consciência situacional do comandante. Além disso, neste contexto ocorre, ainda o aumento no ritmo das operações, demandando um sistema flexível a fim de manter a continuidade das ligações e proporcionar rapidez no processo decisório. (BRASIL, 2020).

O objetivo desta operação foi manter as comunicações entre os PC das unidades operacionais e o PC Bda durante um deslocamento motorizado realizado por meio de 3 (três) E Prog paralelos. Estes eixos se prolongaram da cidade de Lapa-PR até Três Barras-SC percorrendo uma distância de aproximadamente 112 (cento e doze) km.

Para isso, a 5ª Cia Com Bld empregou repetidoras instaladas em 2 (duas) viaturas (Vtr) Módulos de Telemática Operacionais (MTO), os quais se movimentavam à medida que os PC avançavam no terreno. Por não haver pontos muito elevados no terreno, os alcances das repetidoras ficaram comprometidos. Devido à grande Área de Operações apoiada no Apvt Exi, foi necessária a padronização de 3 linhas de controle de comunicações para mudança de canal durante os deslocamentos. Assim, houve troca de canal mediante ultrapassagem das linhas de controle. As linhas de controle foram necessárias pois as repetidoras não são integradas e operam em frequências distintas, de forma que o rádio operador necessitou alterar o canal ao entrar em diferentes áreas de cobertura. (BRASIL, 2021).

O relatório da Operação Lança (2021) elencou como oportunidade de melhoria a necessidade de mais meios amplos e flexíveis para o desdobramento do sistema de comunicações nível Bda, tais como recursos satelitais e repetidoras dotadas de mobilidade

suficiente para o acompanhamento do deslocamento de uma Bda C Bld em uma Op Of Apvt Exi que segundo o Manual EB60-ME-11.401 (2017) é de 16 a 24 km/h.

Tendo como base a oportunidade de melhoria supracitada, o presente trabalho discorreu sobre a possibilidade do emprego do SARP como plataforma repetidora em apoio a operações que demandam mobilidade e flexibilidade dos meios de comunicações.

### **3 SISTEMA DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS (SARP) NO EXÉRCITO BRASILEIRO**

O EB vem estudando novas formas de emprego do SARP e adquirindo novas tecnologias para adequar-se aos desenvolvimentos tecnológicos atuais, conforme apresentado neste capítulo.

#### **3.1 PRINCÍPIO DE EMPREGO**

O emprego de SARP pela F Ter está relacionado à capacidade que esses sistemas têm de permanecer em voo por longos períodos, particularmente, sobre áreas hostis. Estes equipamentos são utilizados tanto para complementar e reforçar as capacidades de outros sistemas da F Ter, como para atuar como seus substitutos, em situações em que o risco e desgaste imposto às tripulações de sistemas tripulados seja demasiadamente elevado. (BRASIL, 2014).

As unidades de emprego das armas-base utilizam o SARP de menor complexidade e alcance para missões em suas Zonas de Ação (Z Aç) ou avançados, quando em missões de reconhecimento. As unidades da Aviação do Exército (Av Ex) operam SARP mais complexos, com maiores alcance, autonomia e capacidade de carga. As diversas possibilidades de emprego do referido equipamento englobam desde as ações de reconhecimento e logística até o aumento do nível de consciência situacional dos decisores em diversos níveis (BRASIL, 2014).

Por possuir um elevado rol de missões, esses sistemas podem comportar diversos tipos de carga útil, tais como imageamento, GE, iluminadores e designadores de alvos e, ainda, atuar como plataforma de armas. Para isso, o SARP é composto pelo módulo de voo, o módulo de controle em solo e o módulo de comando e controle, além da infraestrutura de apoio que provê a sustentabilidade à operação do sistema. O manual EB20-MC-10.214 Vetores Aéreos define os módulos da seguinte forma:

O módulo de voo consiste de: a) vetor aéreo (aeronave propriamente dita), com sua motorização, combustível e sistemas embarcados necessários ao controle, à

navegação e à execução das diferentes fases do voo. É constituído de um número variável de aeronaves, de modo a manter a continuidade das operações; e b) carga paga (*payload*), que compreende os equipamentos operacionais embarcados dedicados à missão, tais como optrônicos, rádios, armamento e outros. O módulo de controle em solo consiste da Estação de Controle de Solo (ECS), componente fixo ou móvel, que compreende os subsistemas de preparação e condução da missão, de controle da aeronave e de operação da carga paga. O módulo de comando e controle consiste de todos os equipamentos necessários para realizar os enlaces para os comandos de voo, para transmissão de dados da carga paga e para coordenação com os órgãos de Controle de Tráfego Aéreo (CTA) na jurisdição do espaço aéreo onde a ARP evolua. (BRASIL, 2014, p. 4-2 e 4-3).

Segundo o Manual Vetores Aéreos (2014) o sistema pode ainda estabelecer enlaces entre as estações de solo e as ARP por linha de visada direta (*Line of Sight – LOS*) ou além da linha do horizonte (*Beyond Line of Sight – BLOS*), por retransmissão terrestre ou via satélite, o que aumenta a complexidade do sistema. (BRASIL, 2014).

De forma a enquadrar as diversas especificações de SARP, o Quadro 1 abaixo mostra as diferentes possibilidades de categorização do sistema para a F Ter:

Quadro 1 - Classificação e categorias dos SARP para a F Ter

Categoria	Nomenclatura Indústria	Atributos				Nível do Elemento de Emprego
		Altitude de operação	Modo de Operação	Raio de ação (km)	Autonomia (h)	
6	Alta altitude, grande autonomia, furtivo, para ataque	~ 60.000 ft (19.800m)	LOS/BLOS	5.550	> 40	MD/EMCFA <sup>3</sup>
5	Alta altitude, grande autonomia	até ~ 60.000 ft (19.800m)	LOS/BLOS	5.550	> 40	
4	Média altitude, grande autonomia	até ~ 30.000 ft (9.000m)	LOS/BLOS	270 a 1.110	25 - 40	C Op
3	Baixa altitude, grande autonomia	até 18.000 ft (5.500m)	LOS	~270	20 - 25	F Op
2	Baixa altitude, grande autonomia	até 10.000 ft (3.300m)	LOS	~63	~15	GU/BiaBa/Rgt <sup>2</sup>
1	Pequeno	até 5.000 ft (1.500m)	LOS	27	~2	U/Rgt <sup>1</sup>
0	Micro	até 3.000 ft (900m)	LOS	9	~1	Até SU

1. Orgânicos de Grande Unidade.  
2. Atuando em proveito da F Op ou na vanguarda de GU.  
3. No contexto da Estrutura Militar de Defesa.

Fonte: Brasil (2014).

Para o emprego do SARP como plataforma de C<sup>2</sup>, o Manual Vetores Aéreos (2014) recomenda que sejam empregados, particularmente, os de categorias 3 e superiores, o que

permite aumentar o alcance da cobertura ou da precisão do sistema de C2 do elemento empregado, particularmente em áreas onde o terreno não é favorável para a propagação das ondas eletromagnéticas. (BRASIL, 2014).

### 3.2 SARP CATEGORIA 2 NAURU 1000C

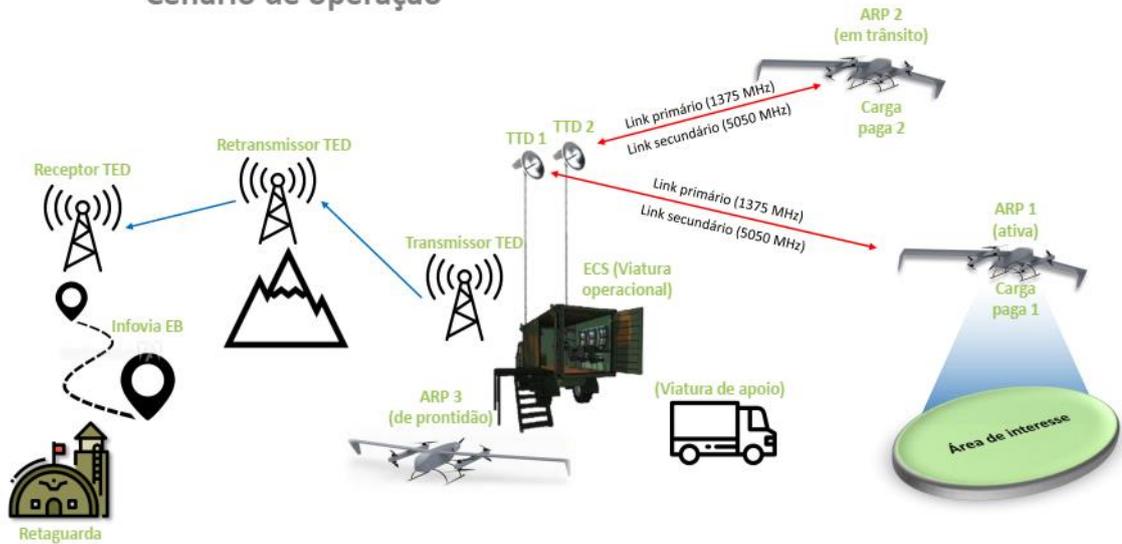
O Exército Brasileiro vem adquirindo o SARP Nauru 1000C desenvolvido pela empresa *XMOBOTS*. Esta parceria atuou conjuntamente não apenas na fabricação do sistema, mas também no treinamento de operadores, tanto no escopo da tecnologia empregada como nas funcionalidades, modos de operação dos sensores e equipamentos e manutenção. (INFODEFENSA, 2022).

O NAURU 1000C pode ser empregado em missões de vigilância, reconhecimento, inteligência e aquisição de alvos. Possui tanque de 50 litros de combustível e motores a propulsão elétrica para decolagem *Vertical Take-Off and Landing* (VTOL) automática, facilitando as operações. Ainda, executa diversos tipos de monitoramento aéreo, de até 10 horas de operação, em missões diurnas ou noturnas com alcance máximo de 60 km e peso de decolagem de 150 kg. Para executar as missões supracitadas, conta com uma torreta estabilizada com optrônicos capazes de varrer o espectro visível e infravermelho além de possuir telerômetro *laser* e designador *laser*. Seu teto operacional é de 10.000 (dez mil) pés, aproximadamente 3.048 (três mil e quarenta e oito) metros. (INFODEFENSA, 2022).

O sistema adquirido pelo Exército Brasileiro ainda possui um *Shelter* como unidade móvel para transporte e operação, o qual apresenta capacidade armazenar o módulo de voo, o módulo de controle em solo e o módulo de comando e controle, além da infraestrutura de apoio.

A empresa *XMOBOTS* representou graficamente um possível cenário de operação conforme Figura 3 abaixo:

Figura 3 – Cenário de Operação  
Cenário de operação



Fonte: Xmobots (2022).

Este cenário ilustra as possibilidades que o sistema apresenta nas realizações ligações do ARP em áreas de interesse remotas com a retaguarda da operação. Inclusive, utilizando-se de infovias do Exército Brasileiro, as quais podem ser desdobradas com a utilização de sistemas rádio, inclusive satelitais, de elementos de comunicações da F Ter. A Figura 4 apresenta, ainda, o emprego múltiplo de *Payloads* em ARP operando simultaneamente, ampliando as possibilidades operacionais do sistema.

Figura 4 - Nauru 1000C



Fonte: Infodefensa (2022).

#### 4 EMPREGO DO SARP COMO PLATAFORMA REPETIDORA

O objetivo deste capítulo é apresentar como as Forças Armadas dos Estados Unidos estão empregando o SARP em missões de repetidora rádio.

#### 4.1 REDE DE COMUNICAÇÕES AÉREA

A revista *Popular Science* (2022), em seu artigo, mostra como o *US Army* está desenvolvendo maneiras para melhorar suas comunicações. Uma delas é a utilização de ARP para vencer obstáculos naturais e montanhas, os quais tornam as comunicações difíceis. Quando os cadetes de *West Point* realizam exercícios entre montanhas e vales, eles estão aprendendo a lutar na guerra no que os militares chamam de “ambiente negado passivamente”. O termo significa que a paisagem natural interfere nos sinais de rádio, tornando difícil para os soldados em treinamento se comunicarem. Para solucionar o problema, o Exército está desenvolvendo uma “rede de comunicações aérea”, um sistema de ARP que pode servir como repetidor de sinais. (POPULAR SCIENCE, 2022, tradução nossa).

Segundo Scott Newman (2022), gerente de projetos do Programa do *US Army* e Executivo do Comando de Comunicações Táticas: “uma rede de comunicações aérea permite enviar dados para um equipamento na camada aérea e depois retornar ao solo, permitindo que o sinal salte sobre obstruções para obter efetivamente maior alcance e estender a área de comunicação”. Perder a comunicações pode significar ficar isolado, emboscado ou simplesmente não avançar com rapidez suficiente. Manter um link de comunicação pode permitir ter superioridade perante os inimigos, identificar fraquezas, compartilhar informações sobre ataques e manter a coesão durante o combate. (POPULAR SCIENCE, 2022, tradução nossa).

Na demonstração de tecnologia do Projeto Convergência de 2021, o *US Army* empregou VANT para facilitar as comunicações em ambientes negados passivamente, embora a rede de comunicações aérea possa também funcionar com helicópteros e aviação de asa fixa. Atualmente, o *US Army* utiliza o meio satelital para realizar contato em áreas de difícil propagação eletromagnética. Embora muitas redes de comunicação satelitais tenham como objetivo uma cobertura global contínua e confiável, os sinais podem ser bloqueados por Guerra Eletrônica e os satélites podem ficar vulneráveis em uma guerra se um país usar mísseis anti-satélite ou outro armamento espacial para destruí-los. (POPULAR SCIENCE, 2022, tradução nossa).

O Exército Brasileiro emprega o Sistema de Comunicações Militares por Satélite (SISCOMIS) para realizar enlaces em áreas de difícil contato. É um canal de comunicação de dados militares operacionais. Trata-se de uma infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI) completa para enlaces digitais, por meio de satélites de comunicações e de enlaces terrestres.

## 4.2 PAYLOADS DE COMANDO E CONTROLE

Tradicionalmente, empregar um *Payload* de  $C^2$  era considerado uma missão secundária em uma plataforma aérea, resultando baixo desempenho e disponibilidade. No entanto, com a introdução de plataformas leves, robustas e autônomas, capazes de voar a partir de locais áusteros e despreparados, os SARP podem agora cumprir essa missão, próximos às unidades avançadas. Ao contrário dos caros pacotes de sensores eletro-ópticos, muitas vezes excedendo o custo da própria plataforma aérea, um *Payload* de retransmissão aérea pode ser produzida a baixo custo, resultando em uma plataforma de missão com preço razoável, que pode ser operada por unidades do *US Army*. Essa capacidade pode expandir drasticamente os links de comunicação, principalmente em terrenos acidentados, montanhosos ou urbanos. Fontes da indústria indicaram que essa repetidora aérea para SARP poderia evoluir para um programa de aquisição abordando requisitos operacionais de curto prazo, para apoiar as operações do Exército dos EUA no Afeganistão. A indústria vem atendendo a esses requisitos com demonstrações iniciais de novas plataformas ideais para implantação futura. (DEFENSE UPDATE, 2010, tradução nossa).

A revista *Defense Update* (2010) publicou um teste realizado inclusive com rádios da empresa *Harris*, utilizados pelo Exército Brasileiro atualmente. Os rádios *Falcon III* fornecidos pela *Harris* têm operado em VANT *Shadow 200* como parte de um sistema de retransmissão aéreo, estendendo a distância das comunicações terrestres. O *Shadow 200* carrega dois conjuntos de rádio *Falcon III* montados em carenagens especiais. O *US Army* implantou pela primeira vez este *Communication Relay Package-Light* (CRP-L) no Iraque em meados de 2007. Voando a uma altitude de aproximadamente 14.000 pés acima do nível do mar, o sistema CRP-L estendeu o alcance das comunicações táticas para cerca de 170 km, muito além do alcance da linha de visada dos rádios VHF ou UHF. (DEFENSE UPDATE, 2010, tradução nossa).

Segue abaixo algumas características do SARP utilizado para o teste supracitado, evidenciadas pela Figura 5:

Figura 5 – Shadow 200 especificações

**Shadow®-200 FQ-7B**

**Mission: Provide Army Brigade Commanders with tactical level reconnaissance, surveillance, target acquisition, and battle damage assessment.**



**Capabilities:**

- Automatic Landing and Takeoff
- System transportable on 3 C-130s
- Compatible with AFATDS, ASAS and JSTARS CGS
- EO/IR Payloads
- Laser Designator
- Communications Relay

**Characteristics:**

Wing Span	14 Feet
Weight	380 lbs
Range	~126 km
Airspeed	60 kt loiter, 150 kt dash
Altitude	>14,000 Feet
Endurance	5+ Hours @ 50km
Primary Payload	EO/IR – up to 60 lbs
Launch Recovery	100m x 50m Area

**The Future:**

- Automatic Landing and Takeoff
- Communications Relay
- UGCS – Moves the GCS to a modern architecture based on STANAG 4586
- UGDT – TCDL compliant data terminal common with ERMP
- Re-Wing – Increases the maximum weight (462 pounds) and endurance (8.1 hours of the aircraft)
- EFI/Fuel System – Improves the reliability of the propulsion system
- Laser Designator – Adds the ability to designate for Hellfire Missiles

Fonte: US Army (2022).

A empresa de defesa *Thales* também está oferecendo o *Lightweight Multiband Airborne Radio* (LMAR) projetado especificamente para ARP. Este módulo leva dois rádios projetados para transporte aéreo, especificamente voltado para comunicações VHF/UHF em *Payloads*. O LMAR possui filtragem integrada, reduzindo a interferência de outras emissões eletromagnéticas na plataforma. Ele também suporta IP/VoIP integrado, facilitando a integração em diversas topologias de rede. (DEFENSE UPDATE, 2010, tradução nossa).

Em julho de 2008, um SARP foi empregado para conectar usuários a mais de 300 milhas de distância, aproximadamente 480 quilômetros. O *Payload* utilizado foi integrado ao *Zephyr UAV* movido a energia solar, desenvolvido pela *QinetiQ* e financiado em conjunto pelo Ministério da Defesa do Reino Unido e pelo Departamento de Defesa dos EUA. Nesse voo, o ARP movido a energia solar estabeleceu um recorde mundial não oficial de resistência para um VANT, pois permaneceu no ar, sem escalas, por 82 (oitenta e dois) horas e 37 (trinta e sete) minutos. O *Payload* especialmente projetado para este teste consistia em uma solução de quatro

rádios (AN/PRC-148 JEM) capaz de fornecer retransmissão pesando menos de cinco libras, aproximadamente 2 (dois) quilos e meio, o que incluía os rádios, cabos de retransmissão e antenas. (DEFENSE UPDATE, 2010, tradução nossa).

### 4.3 PROJEÇÃO DE COBERTURA TERRESTRE E AÉREA

Neste trabalho, o software *Radio Mobile* foi utilizado como ferramenta computacional de predição para estimar a projeção de cobertura de duas estações repetidoras. A primeira instalada em uma elevação do terreno e a segunda em um SARP. Ambas na mesma área de emprego da Op Lança.

#### 4.3.1 Equipamentos Rádio

Para que se tenham resultados semelhantes à realidade, é necessário inserir parâmetros de operação da repetidora e do equipamento rádio de baixa potência no *software*. Neste estudo utilizou-se as configurações de uma repetidora de alta potência que opera na faixa de UHF *Motorola GTR 8000* dotada de uma antena omnidirecional *Sinclair*, a mesma utilizada na Operação Lança. A Figura 6, abaixo, ilustra o equipamento supracitado.

Figura 6 – Repetidora GTR 8000 e Antena Omnidirecional



Fonte: Motorola Solutions (2022).

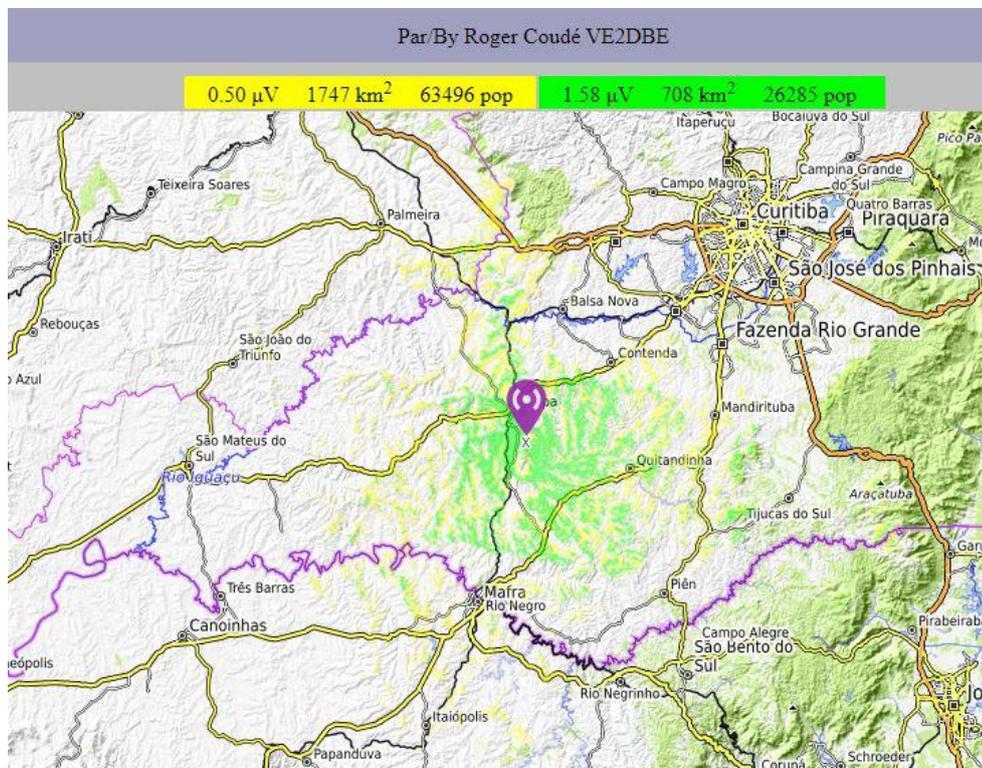
O equipamento rádio de baixa potência utilizado como parâmetro é o rádio UHF *Motorola APX 2500*. Por não haver nos manuais de operação do referido equipamento o seu alcance, será levado em consideração os dados médios de planejamento do manual EB60-ME-11.401 (2017) para um Grupo Rádio veicular UHF que é de aproximadamente 40 (quarenta) km.

Este dado é importante para planejamento pois o equipamento rádio de baixa potência precisa sensibilizar a repetidora ainda que a estação repetidora tenha capacidade de cobrir uma área maior que 40 (quarenta) km. Neste caso, o operador do rádio conseguiria escutar emissões rádio provindas da repetidora, porém não conseguiria ser ouvido quando tentasse falar na rede-rádio. Esta limitação citada poderia ser superada utilizando equipamentos rádio com antenas direcionais, porém não é objeto do atual estudo.

### 4.3.2 Predição de Enlace

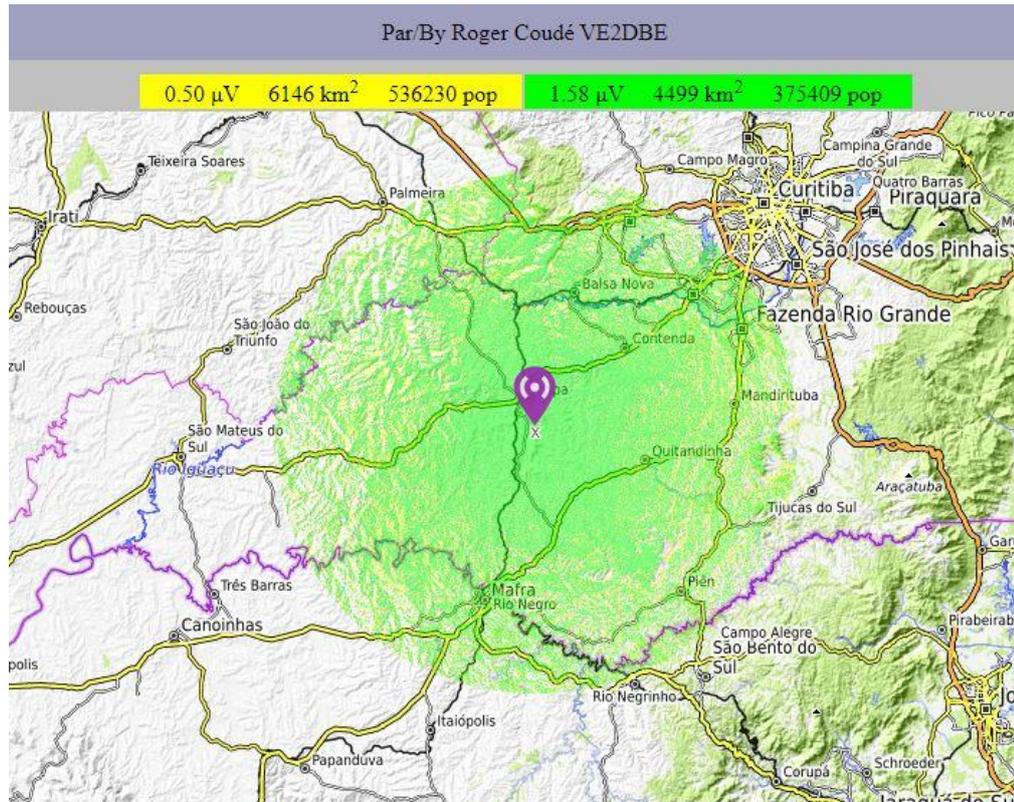
As Figuras 7 e 8 abaixo apresentam, respectivamente, a predição de enlace com uma repetidora posicionada no terreno elevado e uma repetidora aérea em um SARP. As áreas em verde representam sinais fortes e amarelo sinais fracos. Para a referida predição, considerou-se um SARP voando a um teto operacional de 10.000 (dez mil) pés de altitude, aproximadamente 3048 metros, na mesma posição geográfica da repetidora terrestre.

Figura 7 – Predição a partir da estação repetidora terrestre



Fonte: Radio Mobile (2022).

Figura 8 – Predição a partir da estação repetidora aérea



Fonte: Radio Mobile (2022).

Na Tabela 1, abaixo, estão compilados os dados resultantes da predição realizada:

Tabela 1 – Dados predição de enlace

	<b>COBERTURA TERRESTRE(KM<sup>2</sup>)</b>	<b>COBERTURA AÉREA (KM<sup>2</sup>)</b>	<b>GANHO (%)</b>
Sinal Forte (verde)	708	4499	635,4
Sinal Fraco (amarelo)	1747	6146	351,8

Fonte: Adaptada do Radio Mobile (2022).

Considerando uma cobertura de sinal forte, os dados apresentam ganhos consideráveis de mais de 600% na área de cobertura de uma estação repetidora aérea quando comparada a uma repetidora terrestre.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise da Op Lança, verificou-se que a Cia Com empregou um sistema de comunicações flexível a fim de manter a continuidade das ligações e proporcionar rapidez no processo decisório tendo em vista que se tratava de uma Op Apvt Exi caracterizada por um avanço contínuo e rápido. Porém, o apoio de comunicações limitou-se ao emprego de repetidoras em viaturas sobre rodas, diminuindo a capacidade de cobertura das transmissões eletromagnéticas na área de operações devido ao terreno acidentado do local.

Para este tipo de apoio de comunicações levanta-se a possibilidade do uso de equipamentos via satélite, porém com limitações quanto aos elevados investimentos necessários para mobilizar todos os elementos de uma Bda com tal tecnologia. A partir das dificuldades e limitações levantadas, o SARP, empregado como uma plataforma repetidora rádio, pode aumentar as capacidades dos Sistemas de Comunicações e C<sup>2</sup> da BDA neste contexto tático.

Esta afirmação se justifica quando levamos em consideração que a Força Terrestre está iniciando um projeto de aquisição do SARP *Nauru 1000C*. Apesar de estar sendo empregado, inicialmente, em missões de vigilância, reconhecimento, inteligência e aquisição de alvos, o referido ARP pode ser equipado com diferentes tipos de *Payloads* e se equipara ao *Shadow 200* em muitos aspectos. Testes realizados pelo *US Army* demonstram que tal emprego pode suprir necessidades no que tange a ampliação do alcance da cobertura ou da precisão do sistema de C<sup>2</sup>, particularmente em áreas críticas para a propagação das ondas eletromagnéticas e em operações que demandem grande mobilidade e flexibilidade.

Além disso, limitações de autonomia e compatibilidade rádio podem ser contornadas com o desenvolvimento de tecnologia propulsão solar a semelhança do SARP *Zephyr* e com a utilização de rádios da empresa *Harris* como repetidor, os quais estão consolidados nas unidades do Exército Brasileiro como equipamentos rádio de emprego tático.

Por fim, a predição de enlace realizada pelo software *Radio Mobile* ilustrou o ganho significativo da área de cobertura quando se compara o emprego de uma repetidora instalada em um ponto elevado no terreno a outra embarcada em um SARP a 10.000 (dez mil) pés de altitude.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Exército Brasileiro. Comando de Operações Terrestre. Manual de Campanha **EB70-MC-10.223 Operações**, 5ª Edição, 2017.

BRASIL. Exército Brasileiro. Comando de Operações Terrestres. **Normas Operacionais de Emprego para Aeronaves Remotamente Pilotadas pertencentes aos Sistemas de Material de Emprego Militar (SARP CAT 0 a 2)**. Brasília, 2018.

BRASIL. Exército Brasileiro. Comando de Operações Terrestres. 5ª Brigada de Cavalaria Blindada/5ª Companhia de Comunicações Blindada. **Relatório C<sup>2</sup> Operação Lança/5ª Cia Com Bld**, 1ª Edição, 2021.

BRASIL. Exército Brasileiro. Departamento de Educação e Cultura do Exército. **EB60-ME-11.401 MANUAL DE ENSINO DADOS MÉDIOS DE PLANEJAMENTO ESCOLAR**, 1ª Edição, 2017.

BRASIL. Exército Brasileiro. Estado Maior do Exército. Manual de Campanha **C11-30 As Comunicações na Brigada**, 2ª Edição, 1998.

BRASIL. Exército Brasileiro. Estado Maior do Exército. Manual de Campanha **EB20-MC-10.205 Comando e Controle**, 1ª Edição, 2015.

BRASIL. Exército Brasileiro. Estado Maior do Exército. Manual de Campanha **EB20-MC-10.214 Vetores Aéreos da Força Terrestre**, 1ª Edição, 2014.

BRASIL. Exército Brasileiro. Comando de Operações Terrestres. Manual de Campanha **EB70-MC-10.246 As Comunicações nas Operações**, 1ª Edição, 2020.

DEFENSE UPDATE. **Airborne Communications Relay Could Become Primary Mission for Tactical UAVs**. Disponível em: [https://defense-update.com/20100111\\_airborne\\_relays\\_for\\_uavs.html](https://defense-update.com/20100111_airborne_relays_for_uavs.html). Acesso em: 28 ago. 2022.

GRUPO CDC TELECOM. **Como funciona a comunicação via repetidora?** Disponível em: <https://grupocdctelecom.com.br/como-funciona-comunicacao-via-repetidora/>. Acesso em: 20 ago. 2022.

INFODEFENSA. **XMobots entregará em breve o sistema Nauru 1000C ao Exército Brasileiro**. Disponível em: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3488885/xmobots-realiza-check-operadores-iro-voar-novos-drones-do-exercito-brasileiro>. Acesso em: 27 ago. 2022.

MOTOROLA SOLUTIONS. **Rádio de Base GTR 8000 / Subsistema Expansível de Local**. Disponível em: [https://www.motorolasolutions.com/pt\\_xl/products/project-25-systems/astro-25-site-equipment/gtr-8000.html#tabproductinfo](https://www.motorolasolutions.com/pt_xl/products/project-25-systems/astro-25-site-equipment/gtr-8000.html#tabproductinfo). Acesso em: 13 set. 2022.

POPULAR SCIENCE. **Why the Us Army wants an 'aerial tier network' for better communications**. Disponível em: <https://www.popsci.com/techonology/army-develops-aerial-tier-network/>. Acesso em: 28 ago. 2022.

QTC DA ECRA. **ARRL lança revista destinada aos novos radioamadores.** Disponível em: <https://qtc.ecra.club/2020/01/arrl-lanca-revista-destinada-aos-novos.html>. Acesso em: 12 set. 2022.

RADIO MOBILE. **Freeware by VE2DBE Since 1988.** Disponível em: <https://www.ve2dbe.com/english1.html>. Acesso em: 12 set. 2022.

TELECO. **Redes Wireless: Introdução.** Disponível em: [https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialwirelessrb/pagina\\_1.asp#:~:text=Nos%20dias%20de%20hoje%2C%20a,Roger%20Coud%C3%A9\)%20para%20tal%20an%C3%A1lise](https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialwirelessrb/pagina_1.asp#:~:text=Nos%20dias%20de%20hoje%2C%20a,Roger%20Coud%C3%A9)%20para%20tal%20an%C3%A1lise). Acesso em: 12 set. 2022.

US ARMY. **U.S. Army Roadmap for Unmanned Aircraft Systems: 2010-2035.** Disponível em: <https://fas.org/irp/program/collect/uas-army.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2022.

XMOBOTS. **SARP CATG2 Nauru 1000C.** [Taubaté-SP], fev. 2021. 36 Slides.