

# UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE SEGURANÇA DAS COMUNICAÇÕES NOS RÁDIOS HARRIS MPR 9600 PELAS ORGANIZAÇÕES MILITARES DE COMUNICAÇÕES: PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS PARA PLANEJAMENTO E EMPREGO EM OPERAÇÕES

Eurésio Macedo Ferreira Júnior\*

Augusto da Silva Guimarães\*\*

## RESUMO

Este estudo apresenta uma análise sobre a utilização em operações militares das tecnologias de segurança das comunicações disponíveis no equipamento rádio HARRIS MPR 9600 (Falcon II), notadamente a criptografia, o estabelecimento automático de enlace e o salto de frequência. Buscou-se através dessa análise, verificar em que grau essas tecnologias estão sendo utilizadas, identificando as possíveis deficiências existentes e os fatores que influem positivamente em seu uso. Buscou-se, também, analisar possíveis soluções para suprimir as deficiências encontradas e permitir a elaboração de uma cartilha de procedimentos para o planejamento e emprego desse transceptor, visando maximizar a eficiência operacional e a segurança na exploração das comunicações na faixa de alta frequência. Para isso, inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico e, posteriormente, foi feita uma coleta de dados, por meio da aplicação de questionário na amostra selecionada e de entrevistas com militares especialistas. Como resultado, verificou-se que essas tecnologias vêm sendo utilizadas nas operações, entretanto em um nível aquém do que se poderia. As principais deficiências encontradas estão diretamente relacionadas a capacitação técnica insuficiente dos militares que planejam, configuram ou operam os rádios. Os principais fatores de êxito levantados estão relacionados à uma instrução de qualidade aliada ao emprego de ferramentas computacionais que auxiliem no estabelecimento dos enlaces. Como soluções apontadas, estão a melhoria da formação técnica, principalmente dos radioperadores durante a Instrução Individual de Qualificação e a utilização de programas como o VOACAP na predição e acompanhamento dos enlaces ionosféricos. Assim, concluiu-se a respeito das informações que deveriam constar na cartilha e com isso, foi escriturada a padronização constante do Anexo A a este trabalho.

**Palavras-chave:** Rádio MPR 9600. Criptografia. Estabelecimento Automático de Enlace. Salto de frequência.

## ABSTRACT

This study presents an analysis of the use in military operations of communications security technologies available on the HARRIS MPR 9600 (Falcon II) radio equipment, notably encryption, automatic link establishment and frequency hopping. Through this analysis, we sought to verify the level to which these technologies are being used, identifying the possible existing deficiencies and the factors that positively influence their use. It was also sought to analyze possible solutions to overcome the deficiencies found to enable the elaboration of a procedural booklet for planning and use of this transceiver, aiming to maximize the operational efficiency and safety in the exploitation of communications in the high frequency band. For this, a bibliographic survey was initially performed and later a data collection was made by applying a questionnaire to the selected sample and interviews with military specialists. As a result, it has been found that these technologies have been used in operations, however at a level below that could be. The main deficiencies found are directly related to the insufficient technical training of the military who plan, configure or operate the radios. The main success factors are related to a quality instruction coupled with the use of computational tools to assist in the establishment of links. The pointed-out solutions are the improvement of the technical training, mainly of the radioperadores during the Qualification Individual Instruction and the use of programs like VOACAP in the prediction and monitoring of the ionospheric links. Thus, it was concluded about the information that should be included in the booklet and with that, the standardization in Annex A to this work was written.

**Keywords:** MPR 9600 radio. Encryption. Automatic Link Establishment. Frequency hopping.

---

\* Capitão da Arma de Comunicações. Bacharel em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) em 2010.

\*\* Capitão da Arma de Comunicações. Bacharel em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) em 2006. Mestre em Ciências Militares pela Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais (EsAO) em 2015.

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta uma análise a respeito do emprego das tecnologias de segurança das comunicações do equipamento rádio MPR 9600 em operações militares, notadamente as tecnologias de criptografia, estabelecimento de enlace e salto de frequência. Está enquadrado na área de estudo da Doutrina, dentro da linha de pesquisa Doutrinas de Emprego Militar, conforme a Portaria nº 517, de 26 de setembro de 2000, do Comandante do Exército Brasileiro (BRASIL, 2000).

Os sistemas de comunicações estão sempre em constante evolução tecnológica. Acompanhando esse processo, o Exército Brasileiro implementou na última década um intenso processo de modernização de seus meios de comunicações rádio, visando estar preparado para ser empregado tanto em operações convencionais quanto em operações subsidiárias.

No que tange a doutrina de emprego em combates convencionais, foram adquiridos equipamentos rádio da fabricante americana HARRIS, das famílias Falcon II, voltada à operação na faixa de HF, e Falcon III, voltada à operação nas faixas de VHF e UHF. Esses equipamentos, após aquisição centralizada pelo então Centro de Comunicações e Guerra Eletrônica do Exército (CComGEx), foram distribuídos às Organizações Militares (OM) a partir de 2011, juntamente com a realização de cursos de capacitação técnica para o pessoal envolvido com sua utilização.

Nas operações militares desenvolvidas pela Força Terrestre, normalmente a maioria dos meios de comunicações rádio opera em faixas mais elevadas de frequência, devido à possibilidade de utilização de antenas menores, maior portabilidade dos equipamentos e maiores capacidades de transmissão de dados. Exceção a esse *modus operandi* se dá em operações na região da Floresta Amazônica, que devido grande absorção das ondas eletromagnéticas pela vegetação presente, obriga a utilização de equipamentos rádio na faixa de HF, por serem mais resistentes a esse processo.

A faixa de HF, conforme o Manual C 24-18 Emprego do Rádio em Campanha (BRASIL, 1997), constitui-se em um importante recurso a ser empregado, principalmente devido às suas características peculiares que lhe conferem um alcance muito elevado, por meio de enlaces via ionosfera. Entretanto, esse alcance elevado acarreta uma maior necessidade de proteção da informação, seja através de tecnologias embarcadas nos equipamentos ou por meio de técnicas e procedimentos de operação desses meios.

Em termos de operações convencionais, o rádio Harris MPR 9600 (Falcon II) é uma das opções para estabelecer comunicações na faixa de HF. Esse equipamento conta com diversas tecnologias de segurança, caracterizadas por agregarem proteção tanto do conteúdo quanto da transmissão da informação, desde o transmissor até o receptor, como a criptografia, o salto de frequência e o modo estabelecimento automático de enlace (ALE). A figura 1 apresenta o transceptor MPR 9600, sem seus acessórios característicos.



FIGURA 1 – Transceptor Harris MPR 9600 (Falcon II)

Disponível em <<https://www.harris.com/product-line/harris-falcon-radios>>. Acesso em 29 Abr 2019.

Por outro lado, conforme percepção pessoal do autor nas diversas operações das quais participou, é comum verificar a baixa utilização dessas tecnologias nas operações realizadas pela Força Terrestre. Diversos fatores podem estar contribuindo para esse fato como, por exemplo, um baixo nível de adestramento dos militares no emprego desses meios ou um planejamento falho no tocante a quais frequências utilizar nos diferentes períodos do dia.

Buscando apresentar soluções que minimizassem esse problema, foi realizada essa pesquisa, que buscou mapear especificamente quais motivos estão relacionados a essa tendência de pouca utilização desses recursos do rádio MPR 9600 e, com base neles, propor uma sequência de procedimentos e orientações que norteasse o emprego desse meio de comunicações.

Iniciamos o delineamento da pesquisa com a definição de termos e conceitos, a fim de viabilizar a solução do problema de pesquisa, sendo baseada em uma revisão da literatura existente a respeito das tecnologias de segurança do equipamento rádio MPR 9600 e dos fatores relacionados ao planejamento de enlaces na faixa de HF.

Segundo Flach (2014, p. 6), o rádio MPR 9600 “realiza transmissão e recepção em HF, na frequência de 1,6 a 29,99 MHz, possibilitando criptografia de voz, transmissão de dados, salto de frequência e modo ALE”.

Nesse contexto, o Caderno de Instrução Medidas de Proteção Eletrônica apresenta uma definição sucinta do conceito de salto de frequência:

“Os equipamentos-rádio mais modernos possuem tecnologia de salto de frequência, que também é conhecida como antibloqueio. É uma tecnologia intrínseca ao rádio, necessitando do operador apenas o acionamento de uma chave ou botão. A configuração dessa tecnologia é complexa, exigindo, entre outros procedimentos, perfeito sincronismo entre os postos. Normalmente, o antibloqueio também acarreta perda de alcance efetivo do equipamento rádio”. (BRASIL, 2014, p. 2-7).

A criptografia é uma técnica que consiste em converter uma mensagem de sua forma original para outra não inteligível, de modo que só possa ser conhecida (decriptografada) por seu destinatário (BRASIL, 2014). No tocante a técnica de criptografia utilizada, Flach (2014) apresenta que “o rádio MPR 9600 utiliza somente a chave CITADEL 128 bits”, que consiste em um algoritmo simétrico que garante grande segurança ao conteúdo da mensagem em face a interceptações não autorizadas. O transceptor realiza a criptografia tanto de voz quanto de dados automaticamente, através de algoritmos presentes em seu *firmware*.

Por outro lado, a tecnologia ALE pode ser definida como:

Um sistema que permite uma avaliação automática (de forma empírica) das condições de propagação e escolha das melhores frequências para efetuar enlaces HF. A sigla ALE vem do nome *Automatic Link Establishment* ou estabelecimento automático de enlaces. (CONHECENDO..., 2018, p. 1).

Dessa forma, o sistema ALE permite que o equipamento emita periodicamente um *beacon*, de forma transparente ao operador, para realizar uma sondagem das frequências previamente definidas nas configurações do rádio, escolhendo e memorizando a melhor frequência de operação para cada horário. Assim, quando se realizar uma chamada, o equipamento buscará na memória a melhor frequência armazenada para transmissão e a utilizará para realizar o enlace, ajustando o ganho de potência conforme o nível de sinal recebido no terminal de destino. Esses *beacons* são emissões de sinal teste em radiodifusão, que identificam as estações transmissoras e permitem às estações receptoras avaliar o nível de sinal recebido, formando assim uma lista ordenada por qualidade de sinal emitido por estação, dentro de horários estabelecidos (CONHECENDO..., 2018).

Cabe salientar que a tecnologia ALE não é por si só uma tecnologia de segurança propriamente dita e sim uma opção que facilita o trabalho do operador. Entretanto, como a frequência de transmissão sofre mudança automática e por normalmente esse recurso estar associado a um controle automático de potência transmitida, para fins desse estudo, essa tecnologia foi considerada como uma medida de segurança das comunicações.

### 1.1 PROBLEMA

No sentido de orientar a pesquisa e o desenvolvimento deste estudo, foi formulado o seguinte problema:

Tomando por base a utilização dos rádios Harris MPR 9600 (Falcon II) em operações militares, em que medida é possível empregar com eficiência suas tecnologias de segurança das comunicações, notadamente a criptografia, o salto de frequência e o estabelecimento automático de enlace?

### 1.2 OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo geral formular uma cartilha de procedimentos para o planejamento e emprego de tecnologias de segurança das comunicações presentes nos rádios HARRIS MPR 9600. Essa cartilha visa auxiliar no pleno emprego dos recursos tecnológicos de segurança do referido equipamento rádio e por conseguinte, dos procedimentos de Medidas de Proteção Eletrônica (MPE) dos operadores, aumentando, dessa forma, o nível de segurança na exploração das comunicações nas operações militares do Exército Brasileiro.

Para viabilizar a consecução do objetivo geral do trabalho, foram formulados os objetivos específicos abaixo relacionados, que permitiram o encadeamento lógico do raciocínio descritivo apresentado neste estudo:

a) verificar em que grau as tecnologias de criptografia, salto de frequência e estabelecimento automático de enlace presentes no rádio HARRIS MPR 9600 estão sendo utilizadas em operações militares;

b) identificar as possíveis deficiências existentes no uso dessas tecnologias pelas OM de comunicações e guerra eletrônica do Exército Brasileiro;

c) identificar quais os fatores que influem decisivamente no correto planejamento e emprego dessas tecnologias em operações militares;

d) analisar soluções que poderiam satisfazer as deficiências porventura existentes, relacionando-as aos fatores de sucesso levantados.

### 1.3 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES

A realização deste estudo se justificou na tendência observada em algumas OM de Comunicações da não utilização plena dos recursos oferecidos pelo transceptor HARRIS MPR 9600 em operações, notadamente de suas tecnologias de segurança das comunicações. Assim, visando maximizar a eficiência operacional do referido equipamento, era necessário propor soluções que facilitassem a consecução desse objetivo e, por esse motivo, foi realizado esse trabalho.

Como contribuição, a cartilha de procedimentos que foi formulada como produto desse estudo pode auxiliar nesse processo, aumentando a segurança nos enlaces na faixa de HF e podendo ser utilizada para auxiliar no adestramento dos militares, colaborando, indiretamente, para a melhoria da operacionalidade do Exército Brasileiro como um todo.

## 2 METODOLOGIA

Para colher subsídios que permitissem formular uma possível solução para o problema, o delineamento desta pesquisa contemplou leitura analítica e fichamento das fontes, questionários, argumentação e discussão de resultados. Adotou-se o método indutivo como padrão no desenvolvimento da pesquisa.

A partir da análise dos dados e informações obtidos sobre a utilização em operações das tecnologias de criptografia, salto de frequência e estabelecimento automático de enlace dos rádios MPR 9600 pelas OM de comunicações, buscou-se elaborar uma proposta de cartilha de procedimentos para utilização dessas tecnologias, visando facilitar e permitir a utilização plena desses recursos.

Quanto à forma de abordagem do problema, esse estudo utilizou-se dos conceitos de pesquisa qualitativa, baseando-se nos dados obtidos por meio da aplicação dos questionários para qualificar o cenário de emprego dessas tecnologias.

Quanto ao objetivo geral, foi empregada a modalidade exploratória, principalmente pelo pouco conhecimento disponível, notadamente escrito, acerca do tema. Assim, após uma revisão da literatura acerca das tecnologias de segurança das comunicações e dos manuais de utilização do transceptor, foi aplicado um questionário no universo dos capitães alunos do Curso de Comunicações da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais do corrente ano, que por serem oriundos ou já terem servido nas mais diversas Organizações Militares de Comunicações do Exército Brasileiro, possuíam experiência e vivência no assunto alvo deste trabalho.

### 2.1 REVISÃO DA LITERATURA

O delineamento da pesquisa iniciou-se por meio da definição de termos e conceitos, a fim de viabilizar a solução do problema proposto. Para isso, foi realizada uma revisão da literatura produzida no período de jan/1995 a dez/2018 a respeito do assunto. Essa delimitação temporal ampla baseou-se na necessidade de relacionar os manuais em uso no Exército Brasileiro, os estudos e trabalhos produzidos em relação às ferramentas computacionais de predição de enlaces e o material produzido especificamente para o rádio MPR 9600.

Esse material específico consultado foi bem mais recente, compreendendo a última década do período supramencionado. Esse intervalo menor se fez necessário para adequar as fontes de pesquisa à versão dos transceptores MPR 9600 em uso na Força Terrestre, tendo em vista que as sucessivas atualizações de *firmware* e das

tecnologias disponíveis, bem como a natural evolução das versões do equipamento, poderiam causar um afastamento entre as informações levantadas e a realidade operacional existente.

O limite anterior foi determinado almejando incluir os manuais de comunicações ainda em uso pela Força Terrestre, notadamente os manuais C 24-16 – Documentos de Comunicações (BRASIL, 1995) e C 24-18 – Emprego do Rádio em Campanha. (BRASIL, 1997). Entretanto, para o material bibliográfico relacionado ao transceptor MPR 9600 e aos *softwares* de predição de enlaces foi elencado um período mais recente, englobando os últimos dez anos do período pesquisado.

Foram utilizadas as palavras-chave MPR-9600, criptografia, ALE, salto de frequência, predição de enlaces, enlaces HF e VOACAP, bem como seus correlatos em inglês e espanhol, na base de dados RedeBIE, em sítios eletrônicos de procura na internet, biblioteca de monografias da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais (EsAO) e da Escola de Comunicações (EsCom), sendo selecionados apenas os artigos em português, inglês e espanhol.

Quanto às operações militares englobadas pela pesquisa, não houve restrição quanto ao tipo, a única condição imposta foi ter sido realizada pelo Exército Brasileiro.

a. Critério de inclusão:

- Estudos publicados em português, espanhol ou inglês, relacionados ao transceptor HARRIS MPR 9600, bem como seus manuais operacionais e guias de utilização;
- Estudos publicados em português, espanhol ou inglês, relacionados às tecnologias de criptografia, salto de frequência e estabelecimento automático de enlace rádio;
- Manuais e outras publicações doutrinárias em uso pelo Exército Brasileiro que se relacionam ao tema alvo do estudo;
- Manuais, guias e tutoriais de utilização de programas de predição de enlaces rádio em HF, notadamente os relacionados a ferramenta VOACAP.

b. Critério de exclusão:

- Estudos que abordam o emprego de outras tecnologias de segurança das comunicações, diferentes das três selecionadas para esta pesquisa;
- Manuais, guias e estudos a respeito de outros equipamentos rádio ou que não estivessem diretamente relacionados ao transceptor HARRIS MPR 9600;



- Manuais e outras publicações doutrinárias em uso pelo Exército Brasileiro que se não se relacionam de modo pertinente ao tema alvo do estudo.

## 2.2 COLETA DE DADOS

Na sequência do aprofundamento teórico a respeito do assunto, o delineamento da pesquisa contemplou a coleta de dados pela realização de entrevistas exploratórias com militares que possuíam experiência no emprego do rádio em operações e aplicação de questionário na amostra delimitada.

### 2.2.1 Entrevistas

Com a finalidade de ampliar o conhecimento teórico e identificar experiências relevantes, foram realizadas entrevistas exploratórias com os seguintes especialistas, em ordem cronológica de execução:

Nome	Justificativa
ERICK STEINHORST – 2º Ten EB	Militar do 1º B Com com experiência em uso do transceptor MPR 9600 em operações no CMS
MATHEUS NERY CHAVES – Cap EB	Militar da 14ª Cia Com Mec com experiência no emprego do MPR 9600 em operações no CMO e antigo instrutor do C Com da AMAN
DAVI FERREIRA FERNANDES – 1º Ten EB	Militar da Cia C2 com experiência no emprego do MPR 9600 em operações no CML e CMP e antigo instrutor do C Com da AMAN

QUADRO 1 – Quadro de especialistas entrevistados

Fonte: O autor

### 2.2.2 Questionário

A amplitude do universo de pesquisa foi estimada a partir do quantitativo de OM operacionais da Arma de Comunicações do Exército Brasileiro, que conforme levantamento realizado em 1º de julho de 2019, perfazia um total de 30 organizações, sendo 8 batalhões (inclusive o 1º BGE), 17 companhias (inclusive a Cia C2) e 5 pelotões. O estudo foi limitado às OM operacionais típicas de comunicações e guerra eletrônica, tendo em vista o enfoque dado ao uso do transceptor MPR 9600 em operações militares, sejam elas reais ou simuladas.

A amostra selecionada para responder aos questionários ficou restrita aos oficiais alunos do Curso de Comunicações da EsAO do ano de 2019 que serviram em alguma dessas OM no período compreendido entre 31 de janeiro de 2012 até 31 de dezembro de 2018, período no qual o referido equipamento rádio já se encontrava em

distribuição aos quartéis da Força Terrestre. Esse conjunto abrangeu 31 militares, perfazendo um total de 26 OM de comunicações (86,7%) representadas. O efetivo da amostra permitiu que a pesquisa realizada obtivesse um nível de confiança de 90%, com margem de erro de 6%, considerando o número de quartéis de comunicações representados em comparação ao total.

Após a confecção do questionário e antes de sua aplicação no conjunto amostral, foi realizado um pré-teste com quatro capitães alunos do C Com da EsAO, que atendiam aos pré-requisitos para integrar a amostra proposta no estudo, com a finalidade de identificar possíveis falhas no instrumento de coleta de dados. Ao final do pré-teste, não foram observados erros que justificassem alterações no questionário e, portanto, seguiram-se os demais de forma idêntica.

A sistemática de aplicação dos questionários ocorreu de forma indireta, por meio de formulário eletrônico distribuído aos 31 militares que correspondiam a amostra selecionada para a pesquisa, não havendo necessidade de invalidar nenhum deles por preenchimento incorreto ou incompleto.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De um modo geral, percebe-se que a sistemática de emprego dos equipamentos rádio em HF no Exército Brasileiro é bastante influenciada pelas condições características de cada região do território nacional. Verifica-se, por exemplo, que nas regiões cobertas por vegetação mais densa, como na floresta amazônica e no pantanal, o emprego de rádios em HF é mais intenso, enquanto em regiões mais urbanizadas, como na região sudeste brasileira, seu uso é gradualmente preterido pela utilização de rádios em VHF/UHF.

Visando apresentar uma visão mais generalista da utilização do transceptor MPR 9600 em operações, a amostra contemplou representantes de todos os Comandos Militares do país. Devido a janela temporal delimitada para o estudo e a rotina de transferências existente na Força, pôde-se obter experiências de militares que serviram nos mais diversos ambientes operacionais do território nacional.

Inicialmente, buscou-se identificar em quais OM operacionais de comunicações cada um dos militares do universo amostral já havia servido, agrupando as respostas por Comandos Militares para facilitar a visualização da representatividade dos dados em relação ao território nacional. O gráfico 1, a seguir, apresenta esses resultados.

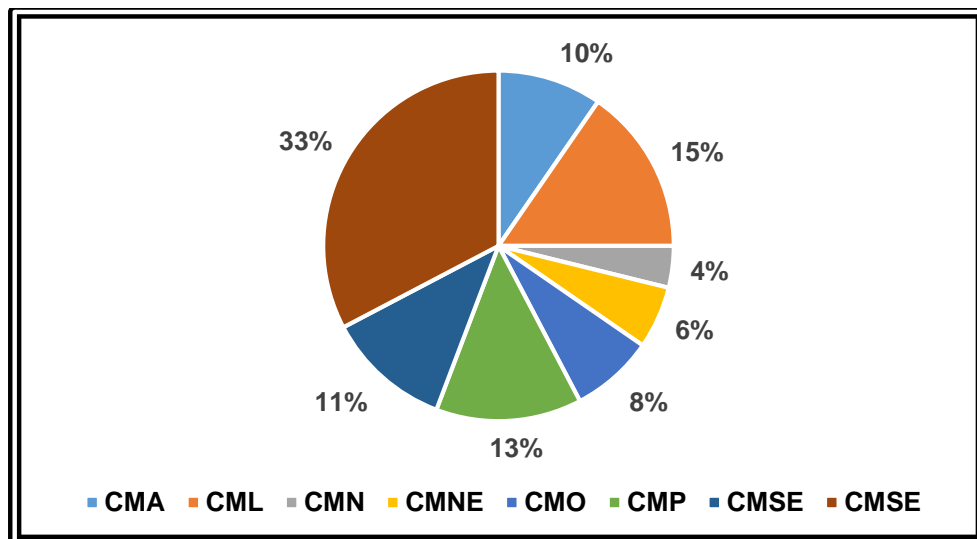


GRÁFICO 1 - Distribuição da amostra por Comandos Militares  
Fonte: O autor

Do gráfico 1, verifica-se a maior parte das OM nas quais os integrantes da amostra já haviam servido se concentram no Comando Militar do Sul (CMS). Esse resultado já era esperado, pois essa região concentra mais de um quarto das OM de

comunicações do Exército. O Comando Militar do Norte (CMN) obteve uma relativa baixa representatividade, provavelmente por ter sido criado mais recentemente, no ano de 2013 e por só possuir uma Cia Com em seu quadro organizacional. Os demais comandos obtiveram uma representatividade mais equilibrada entre si.

Após isso, buscou-se verificar de que maneira a amostra havia empregado o transceptor MPR 9600 em operações militares, estando os resultados obtidos representados no quadro 2, a seguir.

<b>Forma de utilização</b>	<b>Quantitativo</b>	<b>Percentual (%)</b>
Diretamente, utilizei pessoalmente o rádio	11	35,5
Indiretamente, tive contato com o rádio, mas somente para coordenar seu emprego	8	25,8
Indiretamente, tive contato com o rádio, mas sem estar responsável por operá-lo ou coordenar seu emprego	4	12,9
Indiretamente, atuando como elemento de GE em ações contra tropas que empregavam o rádio	1	3,2
Nunca empreguei o referido rádio em operações	7	22,6

QUADRO 2 – Utilização do rádio em operações militares

Fonte: O autor

Verifica-se que a maior parte da amostra trabalhou diretamente com o equipamento rádio (35,5%) ou estava em uma função que envolvia a coordenação de seu emprego (25,8%), o que permite concluir que os dados levantados representam com grande fidelidade o cenário real de emprego desses transceptores.

Cabe salientar que um dos militares da amostra também já atuou como elemento de Guerra Eletrônica (GE) em ações contra tropas que utilizavam o referido rádio, o que lhe permitiu vivenciar uma outra faceta de seu emprego, qual seja a efetividade das tecnologias de segurança existentes no mesmo. Entretanto, como o formulário era anônimo, não foi possível identificá-lo para a realização de uma entrevista.

Percebe-se também, que 7 militares (22,6%) nunca empregaram o rádio MPR 9600 em operações. Foram levantadas as possíveis razões para a não utilização desse equipamento e as respostas compiladas são apresentadas no quadro 3, a seguir.

<b>Motivos</b>	<b>Quantitativo</b>	<b>Percentual (%)</b>
Empreguei outro rádio HF, apesar desse equipamento estar disponível na OM	4	57,1

QUADRO 3 – Motivos de não utilização do rádio

Fonte: O autor

Motivos	Quantitativo	Percentual (%)
Empreguei outro rádio HF, pois esse equipamento não estava disponível na OM	2	28,6
Não havia necessidade da utilização de rádios HF	1	14,3

QUADRO 3 – Motivos de não utilização do rádio (continuação)

Fonte: O autor

Da análise do quadro, verifica-se que a maior parte dos militares que não utilizou o transceptor MPR 9600, empregou outro rádio em substituição. A grande maioria das OM de comunicações do Exército possui equipamentos rádio civis, notadamente o Yaseu System 600 e o Vertex Vx-1700, transceptores dotados de grande potência e deficientes em tecnologias de segurança das comunicações. Pode-se inferir que, em algumas das operações relacionadas, esses equipamentos foram utilizados em detrimento do transceptor MPR 9600, o que pode ter contribuído para a inserção de uma vulnerabilidade de interceptação ou interferência externa nas redes rádio criadas. Um pequeno percentual da amostra (28,6%) não dispunha dos rádios alvos desse estudo para utilização, o que pode ter ocorrido no início ou ao longo de seu processo de distribuição para as unidades da Força Terrestre.

Do quantitativo amostral que respondeu ter empregado direta ou indiretamente o rádio, buscou-se verificar quais tecnologias de segurança das comunicações elencadas para esse trabalho haviam sido utilizadas nas operações. Os dados foram reunidos e estão distribuídos conforme gráfico 2, a seguir.

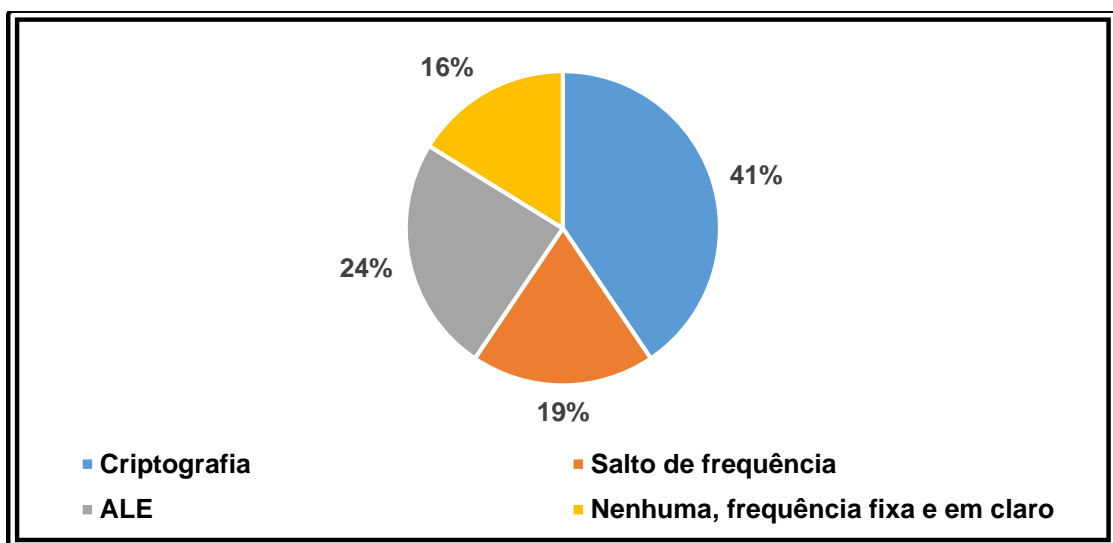


GRÁFICO 2 – Tecnologias do rádio utilizadas nas operações

Fonte: O autor

Analisando o gráfico, percebe-se que a grande maioria (41%) do conjunto amostral utilizou criptografia de dados, sendo seguida pela tecnologia ALE (24%) e pelo salto de frequência (19%). Entretanto, um percentual relativamente elevado (16%) de militares especializados em comunicações empregou o transceptor MPR 9600 sem tecnologia alguma de segurança.

Isso denota que ainda há espaço para melhoria no emprego dessas tecnologias em operações. Ressalta-se o fato de que se as tropas especializadas evidenciaram um percentual considerável como esse, a tendência é que ele seja muito maior nos elementos não especializados, como elementos de manobra, de apoio de fogo, de apoio ao movimento e logísticos da Força Terrestre.

A próxima etapa do levantamento de dados foi identificar quais as principais deficiências verificadas pelos militares consultados, na utilização das tecnologias de segurança das comunicações do transceptor MPR 9600. Dessa forma, foi elaborado o quadro 4, a seguir.

<b>Deficiências</b>	<b>Quantitativo</b>	<b>Percentual (%)</b>
O operador não adestrado no uso das tecnologias	18	31,6
Dificuldade na programação ou configuração do rádio	17	29,8
Ao usar as tecnologias, o enlace se tornava instável	9	15,8
Ao usar as tecnologias, o enlace não se estabelecia	7	12,3
Utilização de antenas não adequadas ao tipo de enlace desejado	6	10,5

QUADRO 4 – Principais deficiências no emprego do rádio

Fonte: O autor

Do gráfico observa-se que a maior parte da amostra (31,6%) reconhece que a deficiência mais recorrente em operações é a falta de adestramento adequado por parte do operador no uso das tecnologias do transceptor. Isso pode significar que as instruções ministradas aos radioperadores podem estar sendo insuficientes no tocante ao emprego da criptografia, do modo ALE e do salto de frequência nos enlaces.

Da mesma forma, outra grande parcela do conjunto amostral (29,8%) indicou que a dificuldade na programação ou configuração dessas tecnologias se constituía em uma deficiência de relevância, o que poderia ser contornado através da elaboração de um procedimento operacional padrão para configuração do transceptor, justificando uma vez mais, a realização desse estudo.

Por outro lado, 28,1% dos pesquisados indicaram problemas de instabilidade ou de estabelecimento do enlace quando empregadas essas tecnologias. Esse fato pode estar relacionado a peculiaridade das transformações sofridas pela camada ionosférica ao longo do dia e da noite.

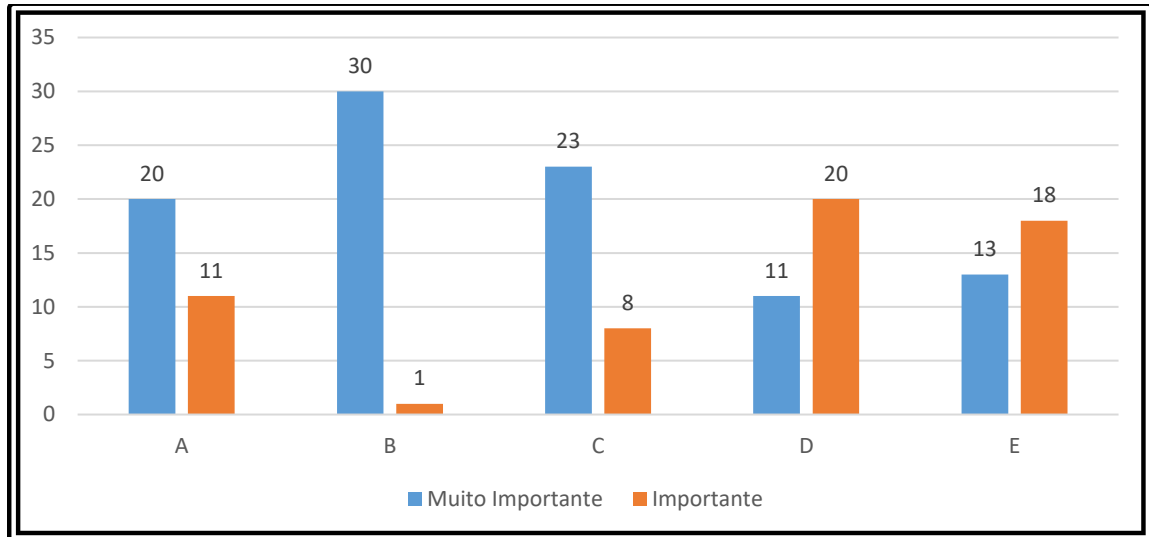
Enlaces ionosféricos tendem a exigir um contínuo acompanhamento dos radioperadores em termos da frequência utilizada, que tende ser mais elevada na medida que a temperatura e incidência solar aumentam. Essa atividade solar pode chegar inclusive a inviabilizar enlaces na faixa de HF nos períodos mais quentes do dia, principalmente quando não se empregam potências elevadas na transmissão. A utilização de *softwares* de previsão de enlaces em HF, como a ferramenta *Voice of America Coverage Analysis Program (VOACAP)*, disponível na internet e de uso gratuito, poderia minimizar essas deficiências.

Finalizando a análise do quadro 4, percebe-se ainda que 10,5% da amostra indicou que a utilização de antenas não adequadas ao tipo de enlace que se desejava realizar configurava-se em uma deficiência. Uma antena veicular do transceptor MPR 9600 do tipo vertical, normalmente é utilizada quando se deseja empregar a componente superficial do enlace para estabelecer uma ligação rádio na linha de visada, ou no máximo até a linha de horizonte rádio. Utilizá-la em enlaces ionosféricos é até possível, mas não recomendado, pois incute no sinal uma grande perda de potência irradiada, principalmente devido ao tamanho reduzido da antena, o que exige circuitos sintonizadores para a realização do casamento da impedância entre o transceptor e a antena, permitindo que a frequência de utilização se torne ressonante.

Da mesma forma, por recomendação da fabricante HARRIS presente no Manual de Operações (HARRIS, 2012), quando se emprega a antena dipolo no rádio na configuração *manpack*, é necessário ajustar o comprimento da antena à faixa de frequência na qual o transceptor está sendo empregado, visando diminuir perdas. Esse procedimento é feito através do enrolamento das extremidades da antena e, normalmente, não é realizado pelos operadores do equipamento, o que pode prejudicar a sua eficiência.

Ao término do levantamento de informações do universo amostral, buscou-se identificar os principais fatores de êxito relacionados ao emprego do rádio MPR 9600, ou seja, as condicionantes que influem positivamente e de modo decisivo em seu uso, relacionando-os ao respectivo grau de importância que cada militar consultado julgava atribuir a cada um dos fatores. Foram elencados cinco fatores iniciais e deixou-se em

aberto a possibilidade de inclusão de mais fatores pelos pesquisados. Cada militar poderia julgar cada fator em três níveis de importância, sendo eles: muito importante, importante e irrelevante. Com base nos resultados foi elaborado o gráfico 3, a seguir, que apresenta a contagem absoluta das respostas, não em termos percentuais.



Legenda:

- A - Uso de programas de predição na seleção das frequências
- B - Adestramento correto dos radioperadores
- C - Capacidade técnica dos militares que realizarão a configuração do rádio
- D - Planejamento adequado, verificando possíveis zonas de silêncio e estado da ionosfera
- E - Utilização correta dos acessórios do rádio

GRÁFICO 3 – Fatores de êxito relacionados ao emprego do rádio

Fonte: O autor

Percebe-se que nenhum dos fatores inicialmente levantados recebeu a atribuição de valor irrelevante, o que denota que todos eles têm fundamental importância no emprego das tecnologias do rádio nas operações. Considerando apenas a gradação de valor “muito importante”, identificamos primeiramente o correto adestramento dos operadores, com 30 indicações, sendo seguida pela capacidade técnica dos militares que realizam a configuração dos equipamentos, com 23 indicações. Esses dois fatores se relacionam diretamente com a qualidade da instrução ministrada aos militares que trabalham com o transceptor MPR 9600 e demonstram que esse adestramento deve ser realizado a contento.

O uso de programas de predição de enlaces aparece na sequência, com 20 indicações, o que permite inferir que a utilização de ferramentas computacionais no estudo do estabelecimento e acompanhamento dos enlaces deve ser cada vez mais



incentivado, devendo ser incluída na rotina de capacitação dos planejadores e operadores desse equipamento rádio.

A utilização correta dos acessórios do rádio, como antenas, sintonizadores, portas de conexão de dados e amplificadores externos de potência, recebeu 13 indicações de gradação muito importante, sendo seguida pelo planejamento adequado dos enlaces, principalmente no tocante ao estado da camada ionosférica e zonas de silêncio, que recebeu 11 indicações dessa gradação de valor.

Esses dois fatores estão relacionados ao procedimento correto e adequado, seja do planejador do sistema de enlace rádio HF, seja do operador do transceptor propriamente dito. Isso reforça, mais uma vez, a importância do adestramento e capacitação adequada dos militares que trabalharão com esse equipamento em operações.

Um comentário realizado em um dos questionários, corrobora a eficiência e importância do uso dessas tecnologias em operações, notadamente o ALE. Esse comentário está transcrito a seguir, entretanto como o formulário não era identificado, não foi possível determinar o autor.

O emprego do ALE é fundamental, permitindo o uso de uma ampla faixa de frequências que permitirá, quase com certeza, estabelecer o enlace, independente de um trabalho de predição mais aprimorado (o rádio encontrará a melhor frequência). A desvantagem é que a sinalização do ALE é bem demorada, e o ideal é o emprego ponto a ponto, não em uma rede com várias estações. (Autor desconhecido)

Por fim, foi perguntado aos pesquisados se havia alguma consideração a ser realizada sobre o presente estudo, e duas considerações foram feitas. A primeira delas é que existe a necessidade de aquisição de acessórios do transceptor, como antena banda larga, fonte de alimentação para estação fixa e alto-falante para uso veicular. A segunda encontra-se transcrita a seguir.

O rádio cumpre muito bem a função de realizar um enlace de uma equipe com equipamento *manpack* à uma base com equipamento estacionário, de maior potência e com a antena apontada para a direção geral da equipe que está no terreno. Foi o melhor emprego que encontramos, sendo que o rádio sempre atendeu às necessidades de comunicações enquanto empregado desta forma, mesmo operado por militares com pouca instrução. O trabalho de configuração do ALE se mostrou importantíssimo. (Autor desconhecido)

Da análise dos comentários e considerações realizadas, verifica-se que as tecnologias do transceptor MPR 9600 são eficientes, mesmo diante das deficiências encontradas, como a falta de acessórios e adestramento incompleto dos operadores.

Corrigindo-se as deficiências e criando-se estratégias para melhorar os fatores de êxito apontados, o ganho operacional em termos de segurança das comunicações em enlaces HF poderá ser maximizado, o que indiretamente reflete positivamente na operacionalidade do Exército Brasileiro.

Nas entrevistas realizadas, buscou-se em uma primeira etapa, verificar se o panorama de emprego das tecnologias do transceptor rádio estavam coerentes com o encontrado na aplicação do questionário na amostra. Dessa forma, verificou-se que as respostas dos militares especialistas estavam coerentes com os dados levantados pelo questionário.

Em uma segunda etapa, a entrevista buscou avaliar um cenário não abordado pelo questionário diretamente, qual seja o nível do adestramento e capacitação técnica dos diversos elementos envolvidos no emprego operacional desses rádios. Os entrevistados foram perguntados a respeito de alguns fatores e diante deles deveriam julgar o nível de satisfação aos requerimentos necessários ao pleno emprego das tecnologias do rádio em operações. Os dados foram tabulados e encontram-se apresentados no gráfico 4, a seguir. Os entrevistados não estão na ordem apresentada anteriormente nesse trabalho, visando não identificar qual a resposta foi dada por qual especialista.

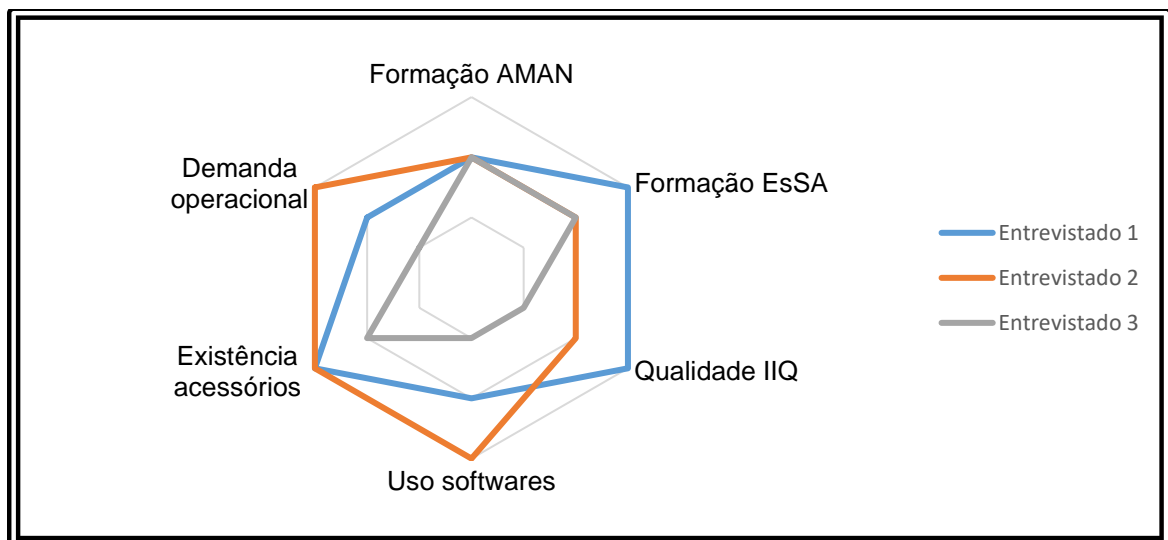


GRÁFICO 4 – Gradação do nível de satisfação aos requerimentos operacionais do rádio  
Fonte: O autor

As linhas hexagonais do gráfico representam o nível de satisfação que os entrevistados atribuíam aos fatores levantados em relação aos requerimentos operacionais para o emprego do transceptor que cada um possuía devido às suas

experiências profissionais individuais. A linha mais interna representa o grau insuficiente, a intermediária representa o grau satisfatório e a linha mais externa representa o grau muito satisfatório.

Percebe-se pelo estudo do gráfico, que a formação da Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN) e da Escola de Sargentos das Armas (EsSA) foi considerada satisfatória ou muito satisfatória por todos os entrevistados. Como o curso nessas escolas ocorre de maneira mais controlada e centralizada, é mais simples garantir o mínimo de capacitação aos oficiais e sargentos combatentes de comunicações.

No que tange a qualidade da Instrução Individual de Qualificação (IIQ), os resultados oscilaram nos três níveis possíveis, o que retrata as individualidades das formações dos soldados e cabos radioperadores nas diversas OM de comunicações do país. Assim, há espaço para melhoria nessa capacitação, o que corrobora os dados obtidos através da aplicação do questionário.

O emprego de *softwares* para predição de enlaces e a demanda por equipamentos que operam em HF nas operações realizadas também obtiveram os três níveis de gradação. Esse fato demonstra as especificidades de cada OM e as diferentes demandas que cada ambiente operacional exige.

Em locais planos e em regiões de grandes centros populacionais a demanda por enlaces em HF não é tão grande como por exemplo em regiões extensas de vegetação mais densa, o que influi diretamente no que é ou não enfatizado nas instruções da IIQ, no tocante ao emprego ou não de programas de predição de enlaces em HF.

Por fim, verifica-se que a existência de acessórios como antenas, cabos, conectores, sintonizadores externos e amplificadores estão no mínimo no nível satisfatório para os três entrevistados. Essa disponibilidade é crucial para permitir o correto emprego do transceptor MPR 9600, adequando-o a cada tipo de enlace a ser realizado, bem como a natureza do apoio a ser prestado (fixo, veicular ou portátil).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto às questões de estudo e objetivos propostos no início deste trabalho, conclui-se que a presente investigação atendeu ao seu propósito, ampliando a compreensão sobre o emprego das tecnologias de criptografia, salto de frequência e estabelecimento automático de enlace em operações militares.

A revisão de literatura possibilitou concluir que as tecnologias de segurança das comunicações presentes no equipamento rádio MPR 9600 são eficientes, entretanto, o rádio não apresenta uma interface amigável, sua configuração é complexa e envolve conhecimento técnico aprofundado do operador no tocante aos recursos e parâmetros de funcionamento a serem configurados. Esse fato, poderia estar contribuindo para um índice de utilização dessas tecnologias aquém do esperado para organizações militares típicas de comunicações.

A compilação de dados permitiu identificar que o grau de utilização das tecnologias do rádio em operações é bem variado, alcançando 41% da amostra para o emprego de criptografia nos enlaces, o que demonstra preocupação intrínseca com as Medidas de Proteção Eletrônica. Por outro lado, a utilização do salto de frequência e modo ALE atingiram respectivamente 19% e 24% da amostra, um índice relativamente baixo quando comparado ao da criptografia. E ainda se verificou que 16% da amostra nunca haviam utilizado alguma dessas tecnologias em operações, o que demonstra um grande espaço para desenvolvimento e melhoria desse índice.

As principais deficiências encontradas no uso dessas tecnologias estão relacionadas a capacitação técnica dos operadores, seguida por instabilidade no estabelecimento dos enlaces e na utilização inadequada dos acessórios do transceptor, principalmente no tocante ao tipo de antena empregada nas operações.

Os fatores de sucesso apontados para a plena utilização desses recursos em operações foram primeiramente um bom adestramento dos militares, tanto de quem planeja a utilização do equipamento quanto de quem o configura e opera. Na sequência foram apontados o emprego de ferramentas computacionais, como o VOACAP, para a predição e cálculo dos enlaces, o uso correto dos acessórios do transceptor e o correto planejamento das ligações, considerando as características de comportamento da ionosfera no período das operações.

A fim de maximizar o emprego do rádio MPR 9600, foram analisadas soluções para suprimir as deficiências encontradas, associando-as aos fatores de êxito levantados.

Dessa forma, verificou-se que deve ser dada uma maior ênfase no período de formação do cabo e do soldado radioperadores, notadamente na IIQ, visando capacitá-los a entender o funcionamento sucinto desses recursos de segurança, bem como a possuir habilidade para realizar sua configuração e emprego operacional. Também foi verificado que a utilização de *softwares*, como o VOACAP, deveria ser impulsionada, pois permite uma previsão com adequado índice de confiabilidade sobre as melhores faixas de frequências que permitam a concretização e manutenção dos enlaces ionosféricos ao longo do dia.

Por fim, é importante que as OM de comunicações disponham de acessórios (como antenas, sintonizadores externos, amplificadores de potência, fontes de alimentação e alto-falantes externos) adequados ao fim operacional a que se destina o uso desses transceptores, consonante à natureza e as características do ambiente operacional no qual serão empregados.

Assim, de posse da análise dos fatores anteriormente citados, foram traçados parâmetros que possibilitassem empregar com eficiência as tecnologias de segurança das comunicações do rádio MPR 9600, notadamente a criptografia, o salto de frequência e o modo ALE. Com base nesses parâmetros, foi elaborada uma cartilha de procedimentos constante do Anexo A a este estudo, que visa possibilitar o máximo rendimento operacional desses equipamentos em operações militares reais ou simuladas, nos mais diversos ambientes do país.

Recomenda-se, por fim, que a cartilha seja utilizada como uma ferramenta auxiliar na capacitação técnica dos militares que empregam o equipamento rádio HARRIS MPR 9600, servindo também como um procedimento operacional padrão para emprego na instalação e funcionamento de um posto rádio em HF em operações militares.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6022**: informação e documentação: artigo em publicação periódica científica impressa: apresentação. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002a.

\_\_\_\_\_. **NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002b.

\_\_\_\_\_. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. 3. ed. Rio de Janeiro, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. Resolução Nº 194, de 6 de dezembro de 1999. Aprova a Destinação de faixas de radiofrequências para fins exclusivamente militares. Poder Executivo, Brasília, DF, 1999.

BRASIL. Portaria Nº 517, de 26 de setembro de 2000. Define Ciências Militares, fixa sua abrangência e estabelece a finalidade de seu estudo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, n. 191, 3 out. 2000. Seção 1, p. 4.

\_\_\_\_\_. Exército. **C 24-09: Exploração em Radiotelefonia**. 4. ed. Brasília, DF, 2004.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **C 24-16: Documentos de Comunicações**. Brasília, DF, 1995.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **C 24-18: Emprego do Rádio em Campanha**. 4. ed. Brasília, DF, 1997.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **C 34-1: Emprego da Guerra Eletrônica**. 2. ed. Brasília, DF, 2009.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **EB70-CI-11.403: Caderno de Instrução Medidas de Proteção Eletrônica**. 1. ed. Brasília, DF, 2014.

BROWN, Bob. **HF Propagation tutorial**. 2017. Disponível em <<http://www.astrosurf.com/luxorion/qs1-hf-tutorial-nm7m7.htm>> Acesso em: 20 jul. 19

CARVALHO, Luiz Pinto de. **Introdução a Sistemas de Telecomunicações: Abordagem Histórica**. São Paulo: LTC - Grupo GEN, 2014.

CONHECENDO o Sistema ALE. In: LIVROZILLA. **A maior coleção do mundo de apresentação**. 2018. Disponível em: <<http://livrozilla.com/doc/1402156/conhecendo-o-sistema-ale-%C3%A9-um-sistema-que-permite-uma>>. Acesso em: 20 jul. 2019.

FLACH, Alan Diego. **Falcon II – MPR 9600**. Brasília: EsCom, 2014, 56p.

FRENZEL JUNIOR, Louis E. **Fundamentos de Comunicação Eletrônica - Linhas, Micro-ondas e Antenas**. 3. ed. São Paulo: Mc Graw Hill Brasil, 256 p.

HARRIS. **MPR-9600 Rádio HF Tático Avançado**: Manual de Operação. Melbourne, 2012. 222 p.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos da metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LUETZELSCHWAB, Carl. **An Introductory Tutorial to VOACAP**: Running Your Own Propagation Predictions. 2005. Disponível em <<https://www.arrl.org/files/file/Technology/propagation/Voacap.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2019.

OLIVEIRA. Hélio Magalhães de. **Engenharia de Telecomunicações**. 1. ed. Recife: HM, 2012, 673 p.

PERKIÖMÄKI, Jari. **VOACAP Quick Guide**: HF Propagation Prediction and Ionospheric Communications Analysis. 2018. Disponível em <<http://www.voacap.com/>>. Acesso em: 20 jul. 2019

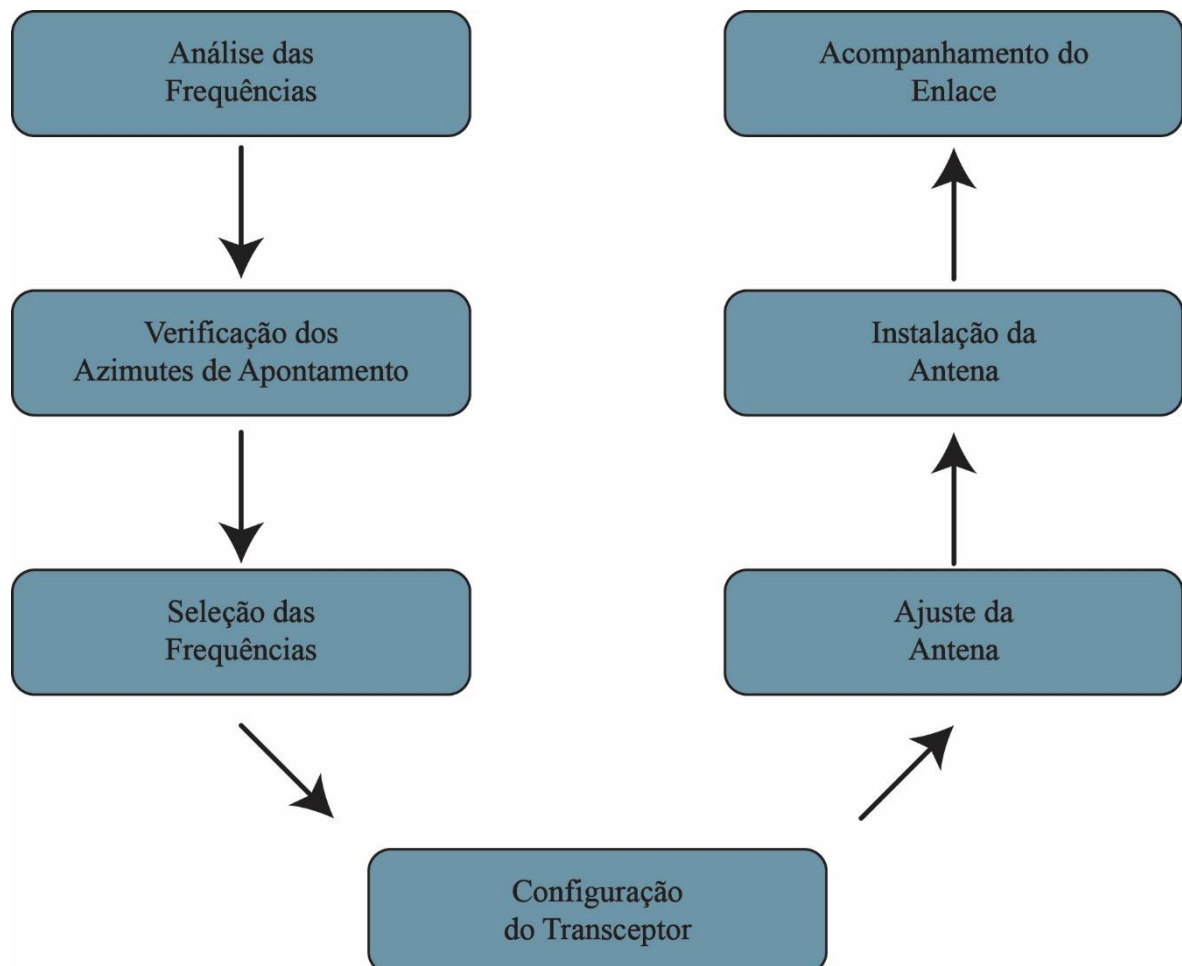
PERKIÖMÄKI, Jari; WATSON, James; JUOPPERI, Juho: **VOACAP Online**. 2019. Disponível em <<http://www.voacap.com/hf/>> Acesso em: 20 jul. 2019.

SIMON, Haykin; MOHER, Michael. **Sistemas de Comunicação**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman Companhia Editora LTDA, 2010, 512 p.

**ANEXO A**  
**PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS PADRÃO PARA PLANEJAMENTO E**  
**EMPREGO DO RÁDIO HARRIS MPR 9600 (FALCON II)**

## 1. INTRODUÇÃO

A presente cartilha tem por finalidade fornecer um guia rápido para planejamento, configuração e emprego do equipamento rádio HARRIS MPR 9600 (Falcon II). As informações de configuração dos diferentes modos de funcionamento do transceptor constam na Nota de Aula Falcon II – MPR 9600 da EsCom, elaborada pelo Cap Com Alan Diego Flach, revisada em 2014. Enlaces ionosféricos na faixa de HF demandam conhecimento técnico, perseverança e acompanhamento periódico dos operadores, devido às diversas transformações sofridas pela ionosfera ao longo do dia, consonante à variação da incidência solar sobre ela. O fluxograma abaixo, apresenta um resumo da sequência das etapas a serem seguidas para utilização do transceptor.

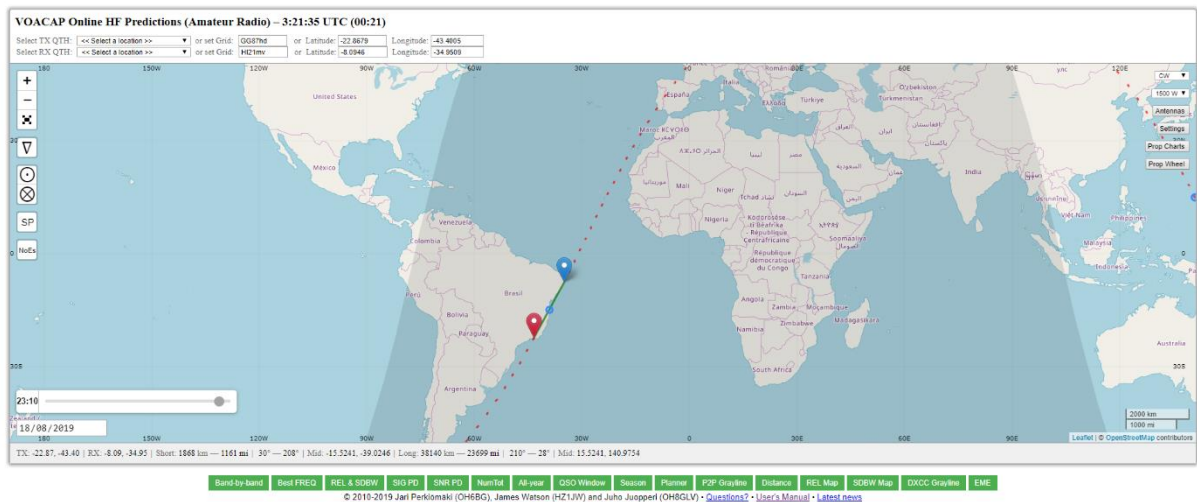




## 2. ANÁLISE DAS FREQUÊNCIAS POSSÍVEIS (VOACAP)

2.1 O software VOACAP (*Voice of America Coverage Analysis Program*) é uma ferramenta online que permite calcular as melhores faixas de frequências para enlaces em HF ao longo das horas do dia;

2.2 Acessar o site <<http://www.voacap.com/hf/>>;



2.3 Colocar o cursor vermelho na estação transmissora e o cursor azul na receptora;

2.4 No canto superior direito, selecionar a modulação (SSB), a potência de transmissão (o máximo possível para o transceptor em configuração *manpack* é 20 W), o tipo de antena a ser utilizada e no botão “*Settings*” configurar a banda a ser utilizada no item *Coverage Area Map Settings*;

2.5 Preenchidos os campos acima, clicar no botão “*Best Freq*” na parte inferior da tela. Uma nova janela irá se abrir;

VOACAP Online HF Predictions - Google Chrome

Não seguro | voacap.com/hf/result.html

Aug 2019 SSN = 8. Minimum Angle= 0.100 degrees  
 GG87HD HI21MV AZIMUTHS N. MI. KM  
 22.87 S 43.40 W - 8.10 S 34.95 W 30.12 207.84 1011.7 1873.6  
 REQ.SNR = 38 dB, TX POWER = 0.02 kW, SHORT-PATH

The best operating frequencies (FREQ, FREQ2, FREQ3) by hour

UTC	SDBW	ΔSIG	REL	SNR	ΔSNR	MUFday	FOT	MUF	HPF	FREQ	FREQ2	FREQ3
01	-111 (S8)	14.5	38%	36	21.1	99%	9.5	13.3	16.9	3.6	5.4	14.1
02	-111 (S8)	13.9	37%	36	19.9	100%	8.7	12.3	15.6	3.6	5.4	7.1
03	-111 (S8)	14.0	37%	36	19.7	100%	7.8	11.0	14.0	3.6	5.4	10.1
04	-111 (S8)	14.1	37%	36	19.5	100%	7.6	10.7	13.5	3.6	5.4	10.1
05	-111 (S8)	14.2	43%	37	19.8	99%	7.2	10.2	12.9	3.6	5.4	10.1
06	-113 (S8)	18.8	38%	36	24.8	98%	5.7	8.0	10.1	3.6	5.4	7.1
07	-115 (S7)	21.5	32%	34	27.5	92%	4.0	5.6	7.2	3.6	5.4	7.1
08	-118 (S7)	23.0	37%	35	27.5	76%	5.0	6.5	8.3	5.4	3.6	7.1
09	-119 (S7)	28.3	69%	46	30.9	63%	7.8	11.0	14.0	10.1	5.4	7.1
10	-111 (S8)	16.3	98%	59	22.0	86%	11.2	15.8	20.1	14.1	10.1	7.1
11	-107 (S9)	25.0	97%	66	28.3	51%	12.9	18.2	23.1	18.1	14.1	10.1
12	-109 (S8)	20.9	99%	64	25.0	72%	13.6	19.2	24.4	18.1	21.1	14.1
13	-111 (S8)	18.6	99%	62	23.1	77%	14.6	19.6	24.9	18.1	21.1	14.1
14	-112 (S8)	23.2	96%	60	27.2	71%	15.5	20.3	25.7	18.1	21.1	14.1
15	-108 (S9)	29.8	94%	67	33.9	48%	15.6	20.9	26.5	21.1	18.1	14.1
16	-108 (S9)	26.8	96%	66	29.8	53%	15.2	21.4	27.2	21.1	18.1	24.9
17	-107 (S9)	24.9	98%	67	28.5	59%	15.6	22.0	28.0	21.1	18.1	14.1
18	-107 (S9)	21.6	99%	67	24.6	62%	15.8	22.3	28.3	21.1	18.1	14.1
19	-106 (S9)	22.2	99%	68	26.4	66%	16.2	22.8	29.0	21.1	18.1	14.1
20	-106 (S9)	24.0	98%	68	27.1	67%	16.2	22.8	29.0	21.1	18.1	14.1
21	-106 (S9)	33.0	95%	69	36.5	52%	15.1	21.3	27.1	21.1	18.1	14.1
22	-111 (S8)	14.8	97%	56	19.4	91%	12.8	18.0	22.9	14.1	18.1	5.4
23	-109 (S8)	26.5	93%	60	29.3	64%	10.6	15.0	19.0	14.1	5.4	3.6
24	-111 (S8)	11.9	40%	36	19.3	100%	9.7	13.7	17.4	3.6	5.4	14.1

[View the prediction as text.](#)

© 2010-2019 Jari Perkiömäki (OH6BG), James Watson (HZ1JW) and Juho Juopperi (OH8GLV).

2.6 A coluna em vermelho, representa a Frequência Ótima de Trabalho (FOT) para um determinado horário do dia. As linhas em verde apresentam os diversos parâmetros do enlace para cada hora do dia no formato UTC (lembrar que o fuso de Brasília é UTC - 3h). O campo em azul representa os azimutes de apontamento das antenas, e serão utilizados na próxima etapa.

### 3. VERIFICAÇÃO DOS AZIMUTES DE APONTAMENTO DAS ANTENAS

3.1 De posse dos azimutes obtidos no item anterior, acessar o site <<https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml#declination>>;

3.2 Inserir as coordenadas selecionadas para a estação transmissora e utilizadas no VOACAP, selecionando corretamente os hemisférios. Após isso, clicar no botão "Calculate";

## Magnetic Field Calculators

Declination U.S. Historic Declination Magnetic Field Magnetic Field Component Grid

### Magnetic Declination Estimated Value

Declination is calculated using the most recent [World Magnetic Model \(WMM\)](#) or the [International Geomagnetic Reference Field \(IGRF\)](#) model. For 1590 to 1900 the calculator is based on the [gufm1](#) model. A smooth transition from [gufm1](#) to IGRF was imposed from 1890 to 1900. The [Enhanced Magnetic Model \(EMM\)](#) is a research model compiled from satellite, marine, aeromagnetic and ground magnetic surveys which attempts to include crustal variations in the magnetic field too fine to appear in the World Magnetic Model. Declination results are typically accurate to 30 minutes of arc, but environmental factors can cause magnetic field disturbances. The calculator provides an easy way for you to get results in HTML, XML, CSV, or JSON programmatically (API). For more information click the information button above.

#### Calculate Declination

Latitude:   S  N

Longitude:   W  E

Model:  WMM (2014-2019)  IGRF (1590-2019)  
 EMM (2000-2019)

Date: Year: 2019 Month: 8 Day: 19

Result format:  HTML  XML  CSV  JSON  PDF

#### Lookup Latitude / Longitude

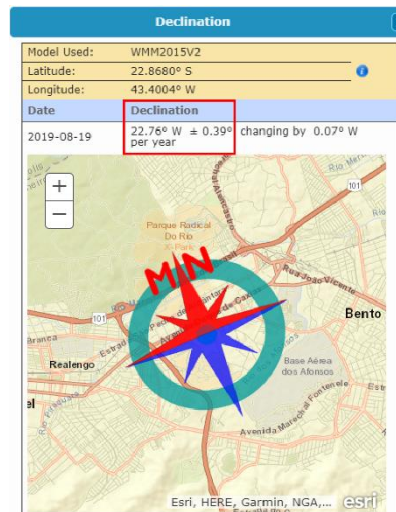
Enter a street address, street name, or street intersection. For best results, include as much location information as possible with the street address in your search, such as city, state, zip code.

Location:

NOAA > NESDIS > NCEI (formerly NGDC) > Geomagnetism Questions: [geomag.models@noaa.gov](mailto:geomag.models@noaa.gov)

Home | Contacts | Data | Disclaimers | Education | News | Privacy Policy | Site Map | Take Our Survey | FAQ | Today's Space Weather

3.3 Será aberta uma nova janela com os dados da declinação magnética (em vermelho na imagem a seguir) para o local da estação transmissora. Repetir o mesmo procedimento para a estação receptora;



3.4 Com os valores da declinação magnética e os azimutes obtidos anteriormente no software VOACAP, calcular o azimute magnético, adicionando ou subtraindo os dois valores conforme a direção de deslocamento do norte magnético (no território brasileiro, adiciona-se).

#### **4. SELEÇÃO DAS FREQUÊNCIAS CONFORME RESOLUÇÃO DA ANATEL**

4.1 Essa etapa visa realizar o enquadramento das frequências prováveis para realização dos enlaces na banda de frequências disponíveis para o Exército e/ou Forças Armadas (se autorizado);

4.2 A Resolução Nº 194, de 6 de dezembro de 1999, aprovou a destinação de faixas de radiofrequências para fins exclusivamente militares. É um documento de acesso restrito e, portanto, a divulgação da mesma não será realizada nesse guia;

4.3 Entretanto, basta consultar as faixas disponíveis para o Exército e relacionar as faixas de frequências obtidas no VOACAP (FOT) para o horário desejado.

#### **5. CONFIGURAÇÃO DO RÁDIO MPR 9600**

5.1 Para esta etapa de configuração, recomenda-se a utilização da Nota de Aula Falcon II – MPR 9600 da EsCom, elaborada pelo Cap Com Alan Diego Flach, com a última revisão em 2014. Essa apostila detalha de maneira didática e sequencial, todos os passos necessários para se realizar a configuração do MPR 9600 nos modos Frequência Fixa (FIX), Salto de Frequência (HOP) e Estabelecimento Automático de Enlace (ALE), bem como do sistema criptográfico a ser utilizado quando transmitindo em modo “Cripto”.

#### **6. TAMANHO IDEAL DA ANTENA**

9.1 O tamanho ideal de uma antena dipolo é igual a metade do comprimento de onda da frequência na qual ela está operando. Logo, para saber o tamanho aproximado da antena dipolo de meia onda a ser usada no transceptor, basta aplicar os dados da frequência na seguinte equação (em MHz):

$$Antena = \frac{1,5}{10f}$$

9.2 De posse desse valor, deve-se enrolar as pontas da antena do transceptor até que ela obtenha aproximadamente o valor calculado como comprimento total, visando melhorar o casamento de impedância entre a antena e o transceptor e evitando perdas de propagação.

## 7. INSTALAÇÃO DA ANTENA

10.1 Na instalação da antena, deve-se evitar que obstáculos metálicos estejam na região de campo próximo da antena, que pode ser calculado de modo aproximado pela equação (em metros):

$$\text{Campo próximo} = 10 \times \lambda$$

## 8. ACOMPANHAMENTO DA ESTABILIDADE DO ENLACE

11.1 Ao longo do dia, as frequências ideais para estabelecimento do enlace ionosférico vão naturalmente se alterando, tendendo a serem mais elevadas na medida em que se eleva a incidência solar na ionosfera;

11.2 Dessa forma, é importante que os operadores tenham em mente as frequências previamente calculadas no software VOACAP e na medida do passar das horas, irem alterando as frequências em utilização no rádio;

11.3 Diversos fenômenos naturais interferem nas condições da ionosfera, principalmente os relacionados a atividade solar. Para acompanhar a previsão das ocorrências desses fenômenos, pode ser utilizado o site <<https://dx.qsl.net/propagation/>>. Essa página (em inglês) apresenta diversas informações sobre os mais variados fenômenos relacionados aos enlaces ionosféricos, e permitirá aos operadores terem ciência de eventuais ocorrências que possam prejudicar o estabelecimento dos enlaces.