

Proposta de um emulador de ameaças radar de 1 – 18 GHz baseado em instrumentação de RF para testes irradiados em solo do sistema de alerta radar da aeronave H225M do Exército Brasileiro

Vinycius dos Santos Monteiro¹, Felipe Streitenberger Ivo² e Rodrigo Janowski Zandoná²

¹Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais (EsAO), Rio de Janeiro/RJ – Brasil

²Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos/SP – Brasil

Resumo – A simulação de sinais radar é considerada ferramenta imprescindível para auxiliar no aprimoramento da pesquisa e ensino, além de oferecer suporte às demandas de testes e validações de Bibliotecas de Missão de receptores aeroembarcados de não comunicações. Isso, sem expor a plataforma aérea a ambientes hostis e a baixo custo. Nesse sentido, este trabalho objetiva apresentar uma proposta de emulador de sinais radar baseado em instrumentação de RF para testes do subsistema de alerta radar da aeronave H225M, em solo. Logo, como demonstrador de conceito foram realizados ensaios utilizando o emulador proposto e a aeronave H225M. Os testes realizados evidenciaram que o emulador de sinais radar irradiado apresentado, baseado em instrumentação de RF, permite verificar as capacidades de interceptação, detecção e classificação de sinais de um receptor de alerta radar. Isso, demonstrando no escopo deste trabalho o qual se concentrou no RWS do IDAS-3.

Palavras-Chave – Estatística aplicada e simulação, simulação de ameaças radar, receptor de alerta radar.

I. INTRODUÇÃO

A Aviação do Exército (Av Ex) é considerada ferramenta valiosa à disposição dos comandantes dos elementos da Força Terrestre (F Ter) para intervirem decisivamente na manobra. Ela reúne os meios aéreos de combate necessários que propiciam capacidades específicas e fundamentais; agregando qualidade e multiplicando o poder de combate para a condução das operações de amplo espectro [1].

Diante da importância a qual lhe é atribuída tanto pelas Forças amigas quanto pelas inimigas, ao ser considerada um alvo altamente compensador, a Brigada de Aviação do Exército, desde a sua criação, tem passado por constante atualizações tecnológicas dentre as quais cita-se: a modernização dos dispositivos aviônicos aeronáuticos e a sua compatibilização com o Óculos de Visão Noturna; a inclusão de equipamentos rádio com a capacidade de operar em modo seguro e; a aquisição, no ano de 2008, do helicóptero modelo H225M, primeira aeronave operacional do Exército Brasileiro (EB) com sistema de Guerra Eletrônica (GE) embarcado: O IDAS-3 (*Integrated Defense Air System, version 3*). Este sistema possibilita a autoproteção eletrônica através do monitoramento constante do espectro eletromagnético [2].

O emprego adequado desses modernos equipamentos de GE adquiridos pela Av Ex pode possibilitar à F Ter obter considerável assimetria no teatro de operações, dependendo

diretamente da correta configuração e utilização. Logo, é importante conhecer a forma apropriada de funcionamento e os modos de operação e desempenho. Isso, buscando explorar ao máximo suas capacidades quando empregados em ambientes eletromagnéticos operacionais.

Neste cenário de busca pelo aprimoramento da correta utilização dos equipamentos de GE os quais impactam diretamente na doutrina de emprego da Força, a simulação radar é considerada ferramenta indispensável pois possibilita, principalmente, testes de alta qualidade e confiabilidade a baixo custo devido a economia com a redução de gastos com horas de voo destinadas às campanhas de avaliação operacional de sensores radar. Também, viabiliza o acesso à capacitação de maior número de profissionais e um elevado nível de segurança durante as atividades visto que os experimentos não requerem, necessariamente, o acionamento dos motores da aeronave. Além disso, propicia maior comodidade visto que há a possibilidade de locomoção dos equipamentos de teste de solo até os helicópteros, reduzindo ainda mais os altos custos gerados pelo deslocamento das plataformas aéreas.

Ademais, por meio da simulação radar é possível validar Bibliotecas de Missão (BIM) o que proporciona maior confiabilidade do correto funcionamento do sistema de autodefesa quando empregado em missões reais; conhecimento aprofundado do comportamento dos sensores perante ameaças específicas e a realização de testes de aceitação de novos equipamentos radar de forma mais rigorosa, de acordo com os requisitos técnicos solicitados.

Assim, o presente estudo objetiva apresentar uma proposta de emulador de sinais radar que opere na faixa de frequência de 1-18 GHz baseado em instrumentação de RF para testes irradiados em solo do subsistema de alerta radar do sistema de autodefesa IDAS-3 da aeronave H225M, por meio de uma abordagem teórica e experimental.

Cabe ressaltar que estudo similar ao descrito neste trabalho relacionado ao emprego de simulador de sinais radar desenvolvido pela Marinha do Brasil, no ano de 2017, estimou uma economia de aproximadamente R\$ 2 milhões em atividades de testes desenvolvidas em apenas três dias. Isso, em razão da implantação da capacidade de emular radares alvos reais ao invés de realizar testes com seus meios, de acordo com [3].

Logo, a simulação radar é uma importante ferramenta para a realização de planejamento de missões, desenvolvimento de doutrina, avaliação e certificação de

V. S. Monteiro, monteiro.vinycius@eb.mil.br; F. S. Ivo, fivo@ita.br; R. J. Zandoná, zandona@ita.br.

Este trabalho foi financiado pelo Exército Brasileiro e pela Força Aérea Brasileira.

equipamentos bem como para a capacitação de pessoal.

II. A SIMULAÇÃO RADAR NA AVEX

A aquisição de modernos Materiais de Emprego Militar pelo EB tem requerido a qualificação e a atualização dos seus recursos humanos no tocante aos assuntos GE e simulação radar.

Dessa forma, desde o ano de 2007 há publicações sobre o assunto escritas por militares do EB. Exemplifica-se tal afirmação ao citar o trabalho de [4]. Nesta ocasião, buscou-se estudar o emprego do Simulador de Ameaça TS-100+ (EXCALIBUR) em equipamentos de Medida de Apoio à Guerra Eletrônica de Não-Comunicações de interesse do EB.

Devido ao alto custo de aquisição de inovadores e complexos equipamentos de simulação radar, como é o caso do Simulador de Ameaça TS-100+ (EXCALIBUR), este trabalho oferece uma alternativa inédita, ao possibilitar a emulação de sinais radar empregando instrumentação de RF para testes do subsistema de alerta radar da aeronave H225M, em solo.

Posto que a principal demanda de testes de simulação de sinais radar no EB está direcionada ao helicóptero modelo H225M, os experimentos para a validação do *Setup* proposto neste estudo limitaram-se a esta plataforma aérea.

III. O SISTEMA DE AUTODEFESA IDAS-3 DA AERONAVE H225M

O emprego da Av Ex em cenários operacionais está sujeito às ameaças de um ambiente hostil uma vez que a GE e as defesas inimigas, frequentemente, priorizam o ataque ao vetor aéreo devido a sua importância para as operações, e/ou pelo fato de causar um efeito moral e midiático dada a destruição de uma aeronave [5].

Logo, visando a permanência do vetor aéreo em combate, tornando-o menos susceptível e vulnerável aos ataques inimigos efetivos, as aeronaves do modelo H225M da Av Ex possuem embarcado um sistema integrado de defesa projetado pela empresa sueca SAAB: o IDAS-3. Esse sistema possui a função de proporcionar, primordialmente, a autoproteção da plataforma aérea através de diversos sensores, dentre os quais cita-se o de interesse deste trabalho: o *Radar Warning System* (RWS) [6]. De forma geral, o IDAS-3 visa oferecer no campo de batalha uma chance maior de sobrevivência das aeronaves sem reduzir suas capacidades operacionais.

IV. O SUBSISTEMA DE ALERTA RADAR RWS (RADAR WARNING SYSTEM) DO IDAS-3 DA AERONAVE H225M

O RWS embarcado na aeronave modelo H225M tem como objetivo prover a consciência situacional dos sensores inimigos à tripulação através da identificação e alarme imediato das ameaças radar. A identificação é realizada em tempo real a partir de uma biblioteca de emissores. Assim, uma indicação associada a um símbolo é gerada na tela multifuncional (*Multi Function Display* - MFD) da aeronave (figura 1) de acordo com a posição da emissão inimiga em relação ao helicóptero.



Fig. 1: Exemplo da simbologia exibida no MFD

Ademais, conforme é possível verificar também na figura 1, a posição do símbolo indica a direção da ameaça pela posição do azimute em relação ao nariz da aeronave e o alcance é exibido através da proximidade da simbologia em relação ao centro da tela.

V. FUNDAMENTOS DO FUNCIONAMENTO DE EQUIPAMENTO RADAR

Segundo [7], a forma de onda de um sinal de um transmissor de radar de defesa pode ser descrito como sendo do tipo pulsado ou contínuo o qual depende das aplicações e características de emprego do radar. No transmissor do radar, esta forma de onda é amplificada e irradiada por meio de uma antena de transmissão que, geralmente, excursionsa de forma vertical ou horizontal sobre um determinado volume do espaço com o objetivo de detectar alvos por meio de algum tipo de varredura.

O sinal de RF contínuo, denominado comumente de CW, consiste basicamente na amplificação e transmissão direta do sinal de RF proveniente de um oscilador sintonizado na frequência de operação do radar. Por sua vez, o sinal pulsado é obtido por meio de um chaveamento do oscilador de RF do radar. São apresentados nas figuras 2 e 3 os diagramas de blocos com os principais componentes para a simulação de um transmissor de forma de onda CW e pulsada, respectivamente. A fim de ilustrar o espectro típico de um sinal radar pulsado no domínio da frequência é apresentado a figura 4.

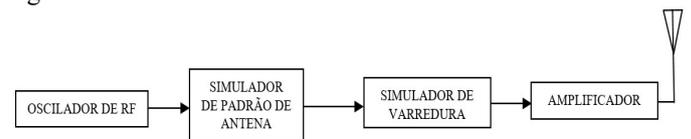


Fig. 2: Diagrama de blocos do princípio de funcionamento do simulador do transmissor radar CW.

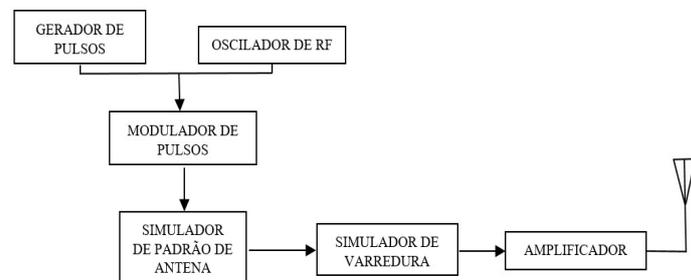


Fig. 3: Diagrama de blocos do princípio de funcionamento do simulador do transmissor radar pulsado.

O efeito da antena sobre o alvo é percebido na amplitude do sinal de RF quando há alguma excursão na direção do apontamento da antena do transmissor radar. Nesta condição, ocorre uma modulação em amplitude de baixa frequência do

sinal de RF do transmissor radar pelo padrão de irradiação (vertical ou horizontal) da antena de transmissão de acordo com o tempo de varredura. A fim de exemplificar tal efeito, a detecção de um sinal radar pulsado com varredura circular a partir de um receptor radar colocado sobre o alvo ocorre toda vez que o lóbulo principal ilumina o alvo. Nesta condição, observa-se que os valores máximos de amplitude do sinal do radar dependem do apontamento do lóbulo principal do feixe da antena na direção do alvo. Por sua vez, em situações em que o lóbulo principal não aponta para o alvo (iluminação dos lóbulos laterais ou traseiro) praticamente não há sinal detectado pelo receptor radar. Assim, a diferença de tempo entre as amplitudes máximas detectadas é equivalente ao tempo de varredura do radar.

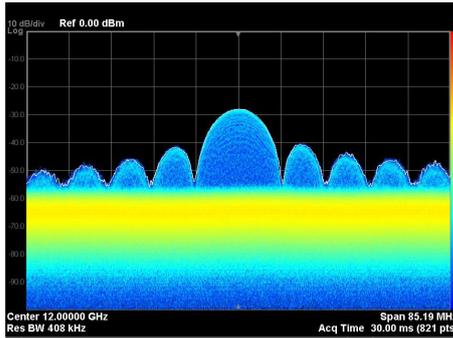


Fig. 4: Sinal radar pulsado típico de 12 GHz com pulsos de 0,1 microssegundos gerados a partir de um simulador radar observado no domínio da frequência a partir de um analisador de espectro de tempo real.

VI. IMPLEMENTAÇÃO DO EMULADOR DE AMEAÇAS RADAR DE 1-18 GHZ PARA TESTES IRRADIADOS DE SOLO DE SISTEMAS DE GE AEROEMBARCADOS

A implementação do emulador de ameaças radar foi realizada por meio de equipamentos do Laboratório de Guerra Eletrônica (LAB-GE) do ITA a partir de um arranjo experimental. Este é exibido no diagrama de blocos da Figura 5 e a sua implementação é demonstrada na Figura 6.

Neste arranjo experimental, a sequência de pulsos do transmissor radar foi gerada a partir do canal 1 de um gerador arbitrário de sinais modelo AGILENT AWG-33522A. Este sinal foi utilizado como sinal modulante do modulador de pulsos interno do gerador de sinais de RF AGILENT PSG-E8257D. Em seguida, foi obtido na saída desse gerador o sinal de RF pulsado de baixa amplitude na frequência de operação do radar simulado. Posteriormente, esse sinal radar foi acoplado a um modulador de pulso externo, o qual recebeu também um trem pulsos do canal 2 do gerador arbitrário de sinais AGILENT AWG-33522A. O sinal do canal 2 foi utilizado, também, para simular o tempo de iluminação da antena do radar sobre o alvo e o tempo de varredura do radar.

O sinal radar pulsado com a informação da antena foi acoplado por meio de um combinador de RF a um conjunto de amplificadores de alta potência os quais foram distribuídos de 0,5 a 18 GHz. De forma simultânea, a forma de onda de um segundo radar (pulsado ou contínuo) pode ser gerada de forma concorrente a partir de um segundo gerador de RF, modelo AGILENT E4422B. Esta forma de onda foi destinada também ao combinador de RF o qual permitiu que os sinais de ambos os geradores fossem reunidos ao amplificador de RF.

Para o ajuste e controle das formas de onda dos sinais gerados pelo simulador radar, utilizou-se um osciloscópio AGILENT DSO7104B. Assim, foi possível aferir as formas de onda dos canais 1 e 2 do gerador arbitrário AGILENT AWG-33522A.

Também, utilizou-se um analisador de sinais AGILENT N9020A com uma banda de tempo real de até 85 MHz para verificar a forma de onda radar a partir de uma amostra do sinal transmitido pelo amplificador.

Finalmente, os sinais radar amplificados foram acoplados a uma antena de transmissão modelo DRH-0118 (opera de 1 a 18 GHz) que foi utilizada para a irradiação dos sinais de RF na direção da aeronave com o sistema de alerta radar sob teste.

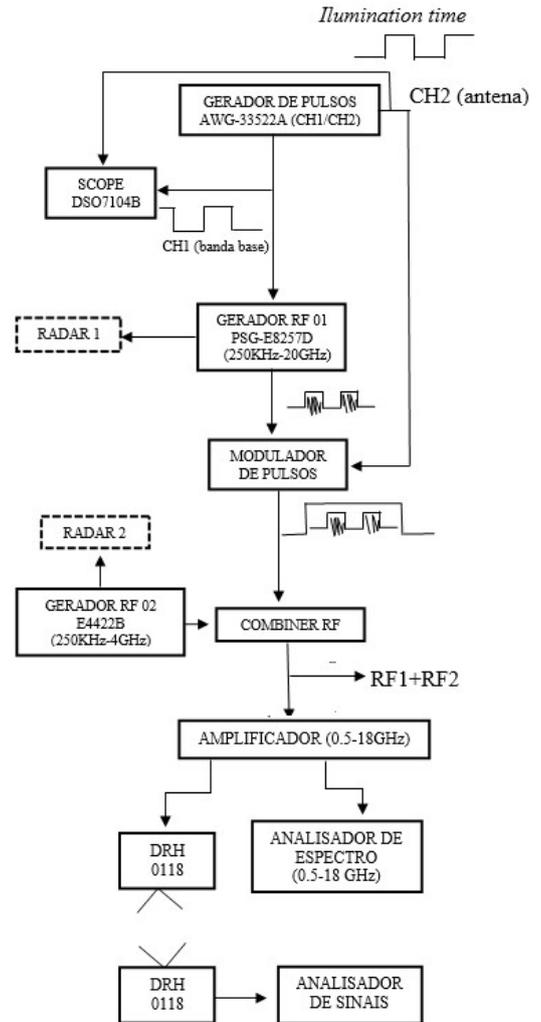


Fig. 5: Diagrama de blocos do simulador radar utilizado no experimento.



Fig 6.: Implementação do Simulador Radar.

VII. CAPACIDADES E LIMITAÇÕES DO EMULADOR DE AMEAÇAS RADAR PROPOSTO

As capacidades e limitações do emulador de ameaças radar proposto são apresentadas na tabela 1. Assim, o simulador de ameaças radar é capaz de simular 1 ameaça radar pulsada, ou contínua, na faixa de frequência de 1 a 18 GHz (com gerador de RF AGILENT PSG E8257D) e/ou 1 ameaça radar pulsada ou contínua, até a frequência de 4 GHz (com gerador de RF AGILENT E4422B). A frequência máxima da ameaça radar de 18 GHz foi limitada principalmente pelos cabos, conectores, amplificadores e antena de transmissão (DRH-0118), sendo esta última um fator limitante, também, para a menor frequência de transmissão (a antena opera de 1 até 18 GHz). A frequência máxima de 4 GHz da outra ameaça radar é limitada pela própria frequência de corte do gerador de RF AGILENT E4422B.

TABELA 1: CAPACIDADES E LIMITAÇÕES DO EMULADOR DE AMEAÇAS RADAR PROPOSTO

Faixa de Frequência (GHz)	Largura de Pulso mínima (ns)	Qtd de ameaças radar concorrentes	Simulação de varredura	Simulação do tempo de iluminação do radar sobre o alvo
1-18	10	2	Sim	Sim

Quanto à potência máxima de transmissão, essa foi limitada pelos amplificadores de potência de RF (tabela 2) e pelos ganhos das antenas. A antena DRH-0118 possui um ganho típico de 9 dB na polarização vertical.

TABELA 2: FAIXA DE FREQUÊNCIA E POTÊNCIA MÁXIMA DOS AMPLIFICADORES DE POTÊNCIA DE RF.

Equipamento	Frequência (GHz)	Potência máxima (W)
Amplificador 1	0,5-2	50
Amplificador 2	1 – 2	50
Amplificador 3	2- 8	70
Amplificador 4	8 – 18	70

A respeito das larguras dos pulsos, essas foram limitadas pelo modulador de pulso interno do gerador de RF AGILENT PSG E8257D (10 nanossegundos) e pelo gerador arbitrário AGILENT AWG 33522A utilizado para gerar os pulsos do radar no simulador proposto.

As capacidades de emissores transmitidos simultaneamente foram limitadas pela quantidade de geradores e combinadores de RF utilizados no arranjo experimental do simulador. Para esta configuração ficou limitado em até 2 emissores radar (um emissor criado através do gerador de RF AGILENT E4422B e outro emissor pelo gerador de RF AGILENT E82578B).

Os sinais de RF gerados puderam ser combinados da seguinte forma: dois sinais radar com amplitudes e frequências contínuas diferentes e concorrentes na mesma faixa de frequência do amplificador utilizado na transmissão; dois sinais radar pulsados com amplitudes e frequências diferentes e concorrentes na mesma faixa de frequência do amplificador e; um radar pulsado e o outro radar com onda contínua dispostos na mesma faixa de frequência do amplificador com amplitudes e frequências distintas.

A limitação de ambos os sinais estarem na mesma faixa de frequência do amplificador deve-se ao fato de o simulador utilizar apenas uma única antena DRH-0118 de transmissão a

qual é conectada na saída do amplificador utilizado para o teste.

O simulador radar proposto é ainda capaz de simular o tempo de iluminação da antena radar sobre o alvo e o tempo de varredura por meio do controle de pulsos. O padrão de irradiação da antena não é simulado.

VIII. LOCALIZAÇÃO DOS TESTES E A DISPOSIÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO UTILIZADA NO EXPERIMENTO

Os testes de demonstração experimental propostos neste trabalho com o simulador radar e o sistema de GE IDAS-3 da aeronave H225M foram realizados no Comando de Aviação do Exército (CAvEx), localizado em Taubaté - SP.

Tendo em vista as condições de propagação de sinais de RF (sem obstáculo e em campo aberto), as condições de campo distante e a disponibilidade de área para alocação da aeronave, foi escolhido como local para a realização do ensaio de solo o pátio de estacionamento de aeronaves do hangar do 1º Batalhão de Aviação do Exército. O *Setup* do experimento foi disposto de acordo com a figura 7.

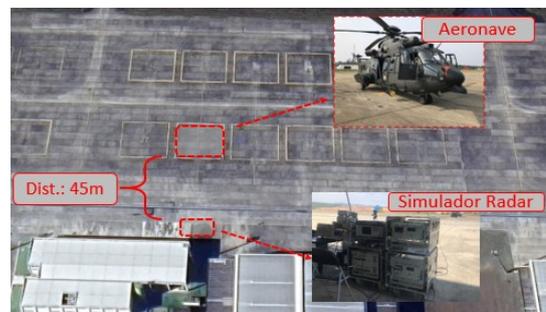


Fig 7.: Diagrama de blocos da disposição do experimento.

O simulador de radar foi posicionado na parte externa do hangar dentro de uma barraca de campanha e a aeronave foi estacionada no *spot* 26 da área de estacionamento. Nesta condição, a antena de transmissão do simulador radar ficou a uma distância de aproximadamente 45 metros das antenas de recepção do IDAS-3 dispostas na parte frontal da aeronave.

A uma distância de aproximadamente 3 metros das antenas de recepção do RWS da aeronave foi posicionado um tripé com outra antena DRH-0118 associada a um analisador de espectro modelo AGILENT E4407B com a capacidade de realizar a medição de frequência de até 26 GHz. Isso, a fim de realizar as medidas de possíveis sinais eletromagnéticos do ambiente que poderiam configurar ruídos e; aferir os sinais recebidos durante as experimentações. Essa antena foi colocada no mesmo alinhamento da antena da aeronave conforme é apresentada na Figura 8.



Fig 8.: Disposição das antenas por ocasião dos experimentos.

Para a realização dos experimentos, foi utilizado como aeronave de teste a versão operacional do helicóptero modelo H225M (denominada H-36 na Força Aérea), de prefixo EB 5014 do 1º B Av Ex, com o IDAS-3 embarcado.

É relevante mencionar que, para a realização dos testes em solo foram consideradas todas as fases de uma operação real envolvendo a operação de voo: obtenção e preparação das bibliotecas, programação do sistema IDAS-3 da aeronave, carregamento da biblioteca em momento que anteciparia o voo, o descarregamento dos sinais gravados após o voo e a análise e extração de dados por meio do *debriefing* do teste.

IV. DEMONSTRAÇÃO EXPERIMENTAL

De forma a demonstrar a capacidade do emulador de ameaças radar proposto como ferramenta de solo para avaliar as funcionalidades de detecção, processamento e classificação de sinais de receptores de GE aeroembarcados, foram realizados testes irradiados do sistema RWS da aeronave H225M do EB com o emulador proposto. A demonstração experimental se restringiu a faixa de frequência de operação do emulador: 1 a 18 GHz.

Os testes de detecção de ameaça radar foram divididos da seguinte forma: teste operacional e de detecção de sinais radar simultâneos, ambos emulados com parâmetros radar de ameaças fictícias.

O teste operacional teve como principal objetivo demonstrar a capacidade de testar, de forma simulada e, em solo, a capacidade de resposta do sistema IDAS-3 às assinaturas radar encontradas em possíveis cenários operacionais de combate, sem expor a plataforma nestes ambientes hostis. As características dos sinais radar gerados neste teste tiveram como referência [8]. Assim, foram simulados duas assinaturas radar na banda X denominadas EDT-FILA e RVT. As assinaturas radar, os modos de operação e as bandas de operação dos testes podem ser verificados na tabela 3.

TABELA 3: PARÂMETROS DAS AMEAÇAS RADAR UTILIZADAS NOS TESTES.

Teste	Assinatura radar	Modos de Operação	Bandas de Operação
Operacional	EDT FILA	Aquisição (Modo 1)	Banda X (8-12 GHz)
		Rastreo (Modo 2)	
	RVT	Vigilância (Modo 1)	
Detecção de sinais radar simultâneos	P01 (Sinal pulsado) CW2 (Sinal contínuo)	Tracking	Banda L (1-2 GHz)

Cabe ressaltar que a capacidade do RWS do IDAS-3 em reconhecer possíveis modos de operação destas ameaças também foi verificada no teste operacional. Isso porque foram simuladas as formas de ondas associadas a diversos modos de operação das ameaças operacionais fictícias. Assim, especificamente para o EDT-FILA foi associado uma assinatura radar de aquisição (modo 1) e outra assinatura radar de rastreo (modo 2).

O teste de detecção de sinais radar simultâneos teve como principal objetivo demonstrar a capacidade do emulador de ameaças proposto em testar a capacidade de processamento do receptor do RWS do sistema IDAS-3 de detectar sinais

radar quando submetido à emissão simultânea de sinais CW e pulsados em condições controladas. As características dos sinais radar gerados neste teste tiveram como referência as bandas de operação do RWS do sistema IDAS-3 e as referências [9], [10] e [11]. Observa-se que neste teste, tendo em vista diminuir possíveis sinais interferentes provenientes de multicaminhos no solo, a potência de transmissão foi atenuada e a aeronave foi reposicionada a uma distância de 35 metros da antena do simulador radar.

Os sinais radar utilizados para o teste de detecção simultânea foram um sinal contínuo e um pulsado, denominados de CW2 e P01 escolhidos na faixa de frequência de 1,35 até 2,0 GHz.

Ressalta-se que as varreduras dos emissores simulados foram realizadas na condição de radar de acompanhamento (*tracking*) e transmitidos pela mesma antena do emulador radar.

X. RESULTADOS

Inicialmente, é apresentado na figura 9 os sinais de RF ativos no ambiente do teste na faixa de frequência de operação do RWS. As atividades destes sinais foram medidas através do analisador de espectro AGILENT E4407B do *setup* de aferição de sinais localizado próximo à aeronave. Observa-se que no ambiente do experimento havia apenas sinais ativos na faixa de frequência de 500 MHz a 2 GHz (figura 9). Ressalta-se que estes sinais de RF não se encontravam nas frequências dos emissores propostos para os testes.

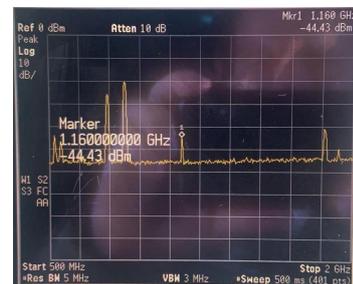


Fig. 9: Medição dos sinais eletromagnéticos no local de realização do teste.

Seguindo a metodologia proposta, os resultados dos sinais emulados nos testes do RWS foram verificados a partir da simbologia apresentada no MFD da aeronave. Isso, de acordo com a programação realizada para cada um dos modos emitidos pelo simulador radar da referida ameaça (tabela 4).

TABELA 4: IDENTIFICAÇÃO DAS AMEAÇAS RADAR NO MFD.

Teste	Modos de Operação	Simbologia de identificação MFD (RWS)
Teste operacional	Aquisição (Modo 1)	EDT (triângulo vermelho)
	Rastreo (Modo 2)	EDT (retângulo laranja)
	Vigilância (Modo 1)	RVT (triângulo vermelho)
Processamento do RWS	Tracking	P01 e CW2 (triângulo vermelho)

Para os testes de detecção da ameaça radar fictícia EDT FILA foram verificadas as simbologias no MFD de maneira adequada de acordo com as Figuras 10 e 11. Conforme programado, foram exibidos um radar de aquisição de alta

prioridade (modo 1) e um radar de rastreamento de baixa prioridade (modo 2). Verificou-se ainda a correta marcação da direção de chegada de ambos emissores.



Fig. 10: Apresentação no MFD do trigrama pré-programado para o MODO 1 da ameaça radar fictícia denominada de EDT-FILA.



Fig. 11: Apresentação no MFD do trigrama pré-programado para o MODO 2 da ameaça radar fictícia denominada de EDT-FILA.

Quanto à emulação da assinatura RVT, a aeronave identificou a ameaça de maneira adequada conforme a metodologia proposta e a programação, sendo a classificação da ameaça radar exibida no MFD de acordo com a Figura 12.



Fig. 12: Apresentação através do MFD do trigrama correspondente a emulação da ameaça RVT.

Quanto aos testes de detecção simultânea, houve a correta detecção de ambos os sinais emitidos, CW2 e P01, conforme é possível observar na Figura 13.



Fig. 13: Identificação do trigrama correspondente as ameaças CW2 e P01 do teste de detecção simultânea (um sinal pulsado junto a um sinal contínuo).

XI. CONCLUSÃO

A emulação de sinais radar de forma controlada para a realização de testes de receptores de GE é uma ferramenta

indispensável para a avaliação de desempenho operacional de diversos sensores pois possibilita o conhecimento mais aprofundado do comportamento dos equipamentos perante ameaças específicas. Isso, com maior segurança e a baixo custo devido a possibilidade de os testes serem realizados com a aeronave em solo e sem o acionamento dos motores.

Por sua vez, os testes realizados neste trabalho demonstraram que o emulador de sinais radar irradiado proposto, baseado em instrumentação de RF, permite verificar as capacidades de interceptação, detecção e classificação de sinais de um receptor de alerta radar conforme evidenciado no escopo deste estudo o qual se concentrou no RWS do IDAS-3.

Desta forma, os testes operacionais utilizando o emulador proposto foram capazes de verificar a real capacidade de resposta do RWS do IDAS-3 quando submetido às condições adversas de detecção de sinais.

Finalmente, considera-se que o presente trabalho foi uma importante ferramenta para o adestramento dos militares envolvidos ao contribuir para que novas doutrinas de emprego operacional do equipamento possam ser futuramente exploradas.

REFERÊNCIAS:

- [1] BRASIL, “EB20-MC-10.214 Vetores Aéreos Da Força Terrestre”, Brasília, DF, 2014.
- [2] R. V. Maggi, “A aquisição da capacidade GE pela Aviação do Exército”, Rio de Janeiro, RJ, 2020.
- [3] Brasil, “Oficiais do CGEM recebem título de ‘Guerreiro Honorário’”, 2021. <https://www.marinha.mil.br/noticias/oficiais-docgem-recebem-titulo-de-guerreiro-honorario> (acessado out. 29, 2021).
- [4] S. B. Ezequiel, L. C. Olympio, e P. C. S. Euphrásio, “Aplicações do Simulador de Ameaça TS-100+ (Excalibur) em equipamentos de Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica de Não-Comunicações de interesse do Exército Brasileiro”, p. 5, 2007, [Online]. Available at: https://www.sige.ita.br/edicoes-antiores/2007/st/GE_06.pdf.
- [5] BRASIL, “EB70-MC-10.204. A Aviação do Exército nas Operações”, Brasília, DF, 2019.
- [6] Saab, “IDAS / CIDAS range of Integrated Defensive Aids Suites self protection for airborne platforms”. <https://www.saab.com/globalassets/sites/defexpo/electronic-warfare/idas.pdf> (acessado jul. 12, 2023).
- [7] D. L. Adamy, *EW 102: A Second Course in Electronic Warfare*. London, 2004.
- [8] E. da S. Bastos, “Aplicações do Simulador de Ameaça TS-100+ (EXCALIBUR) em equipamentos de Medida de Apoio à Guerra Eletrônica de Não-Comunicações de interesse do Exército Brasileiro”, São José dos Campos, SP - Brasil, 2007.
- [9] BRASIL, “Guerra Eletrônica”, Brasília, DF, 2011.
- [10] D. L. Adamy, *EW101: A first course in electronic warfare*. London, 2001.
- [11] C. Pandolfi, E. Fitini, G. Gabrielli, E. Megna, e A. Zaccaron, “Comparison of analog IFM and digital frequency. *Week 2010, Eur. Radar Conf. EuRAD 2010*, n° October, p. 232–235, 2010.