

# Emprego do Gerador de Ameaças de Sinais Radar TS-100+ Excalibur em Pesquisa, Desenvolvimento e Avaliações Operacionais em Áreas de Guerra Eletrônica

Felipe S. Ivo, Olympio L. Coutinho, Pedro C. S. Euphrásio, Elói Fonseca, Alexandre C. Coelho

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, Pça. Mal. Eduardo Gomes, 50 – Vila das Acácias, CEP 12228-900, São José dos Campos - São Paulo - Brasil.

**Resumo** — Esse trabalho apresenta as principais características do gerador de ameaças TS-100<sup>+</sup> Excalibur e destaca sua importância em campanhas de avaliação operacional de sensores, ensino e P&D. Estas avaliações têm contribuído para aumentar o conhecimento sobre o comportamento destes sensores quando submetidos a ameaças específicas, bem como têm proporcionado a realização de testes de validação mais rigorosos, além da redução dos gastos com horas de voo.

**Palavras-chaves** — Avaliação Operacional, RWR, Radar, MAGE.

## I. INTRODUÇÃO

Devido à equipagem de aeronaves das Forças Armadas com receptores embarcados de Guerra Eletrônica, a partir da década de oitenta, houve um aumento significativo da necessidade de testar, calibrar, avaliar e compreender a operação desses sensores, associado a um crescimento da demanda por treinamento dos operadores de guerra eletrônica envolvidos. Com o objetivo de suprir essas necessidades, a Força Aérea Brasileira adquiriu o equipamento Simulador de Sinais Radar TS-100+ Excalibur, sendo esse instalado inicialmente na Base Aérea de Salvador. Em 1998, o TS100<sup>+</sup> Excalibur foi transferido para o Laboratório de Guerra Eletrônica do ITA (LabGE) com objetivo de estender o seu emprego também em atividades de ensino e de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D)). Desde então, o LabGE tem empregado o TS100<sup>+</sup> Excalibur em atividades de ensino e pesquisa em Guerra Eletrônica nos cursos de Especialização em Análise em Ambiente Eletromagnético (CEAAE), no programa Pós-Graduação em Aplicações Operacionais (PPGAO) e demais cursos de pós-graduação do ITA. O LabGE tem ainda realizado diversas missões de apoio às Unidades Operacionais da FAB, Marinha, Exército e empresas de P&D contribuindo para melhoria do conhecimento e do emprego desses receptores embarcados e no desenvolvimento de novas tecnologias na área de guerra eletrônica.

Esse artigo tem por objetivo apresentar as principais características do Gerador de Ameaças TS100<sup>+</sup> Excalibur

Felipe S. Ivo, [fivo@ita.br](mailto:fivo@ita.br); Olympio L. Coutinho, [olympio@ita.br](mailto:olympio@ita.br); Pedro C. S. Euphrásio, [pedrocse@ita.br](mailto:pedrocse@ita.br); Elói Fonseca, [eloif@ita.br](mailto:eloif@ita.br); Alexandre C. Coelho, [acamacho@ita.br](mailto:acamacho@ita.br);

destacando sua importância em campanhas de avaliação operacional de sensores, ensino e P&D.

Na seção 2 serão apresentadas as principais características e o funcionamento do Gerador de Ameaças TS-100<sup>+</sup>. Na seção 3 será abordada a sua aplicação em Avaliações Operacionais. Na seção 4 serão abordadas as aplicações em ensino e pesquisa. Na seção 5 será abordada sua aplicação em desenvolvimento. Por fim, na seção 6 serão feitas as conclusões.

## II. GERADOR DE AMEAÇAS DE SINAIS RADAR TS-100<sup>+</sup> EXCALIBUR

Desenvolvido e fabricado pela empresa canadense Excalibur, o Gerador de Ameaças TS100<sup>+</sup> é um equipamento eletrônico programável capaz de gerar sinais de radar simples e complexos, na faixa de 0,5 a 18 GHz. Sua programação permite a inclusão de uma diversidade de sinais radar com diferentes características, programação esta denominada de biblioteca de emissores. Estes emissores podem então ser irradiados ou simulados, conforme será abordado posteriormente.

O Gerador de Ameaças TS-100<sup>+</sup> está mostrado na Fig.1. Ele é controlado por um microcomputador por meio de um software de controle e gerenciamento, denominado de Threat Builder, onde é inserida a biblioteca de emissores e cenários de simulação.



Fig. 1 - Gerador de Ameaças TS-100<sup>+</sup>

O TS-100<sup>+</sup> é composto pelos seguintes subsistemas: gerador de sinais, equipamentos de medição e calibração,

amplificadores de potência e antenas. O gerador de sinais é formado por placas controladas via software capaz de alterar os parâmetros de frequência, largura de pulso, frequência de repetição de pulso e potência do sinal irradiado. Os equipamentos de calibração são compostos basicamente por um frequencímetro e um medidor de potência. Já os amplificadores estão divididos de acordo com a faixa de frequência de operação: dois amplificadores de estado sólido com potência de saída de 50 w e outros dois amplificadores construídos com válvula TWT, com potência de saída de 70w. O simulador possui ainda um conjunto de 3 antenas do tipo corneta, uma para faixa de 0,5 a 2 GHz e outras duas para a faixa de 2 a 18 Ghz.

O software Threat Builder pode trabalhar em 2 modos distintos: o modo DOA e o modo Radiado. O modo DOA é utilizado para simular cenários eletromagnéticos dinâmicos 2D ou 3D com plataformas emissoras ou receptoras, que podem ser aéreas, navais e terrestre. Durante a simulação neste modo, são gerados os sinais dos emissores pré programados no software Threat Builder em oito portas de saída de RF, cujas intensidades variam de acordo com o diagrama de irradiação programado para o emissor/receptor e da posição geográfica das plataformas definidas no cenário de simulação. O sinal gerado nessas oito portas de RF é então aplicado diretamente no front-end do receptor em avaliação, no ponto onde entraria o sinal vindo das antenas. No modo Radiado, o Threat Builder permite ao operador controlar os parâmetros apenas da plataforma emissora. Os sinais programados são gerados em quatro portas de RF distintas, as quais são conectadas aos quatro amplificadores de potência e irradiados pelas respectivas antenas em direção a plataforma sob avaliação.

### III. TS-100<sup>+</sup> EXCALIBUR AVALIAÇÕES OPERACIONAIS

Dentre as principais aplicações do TS-100<sup>+</sup> EXCALIBUR na FAB, destaca-se a sua utilização como simulador de ameaça radar em Avaliações Operacionais de sistemas RWR e MAGE. Neste sentido, o LabGE tem prestado apoio técnico em diversas campanhas de AVAOP realizadas desde a sua alocação no ITA. Nestas campanhas, o TS-100<sup>+</sup> Excalibur é deslocado para a unidade operacional juntamente com uma equipe técnica do LabGE para a operação e apoio especializado. Antes do deslocamento, o órgão responsável pela avaliação envia a biblioteca de emissores para ITA, para que seja feita a programação prévia do Excalibur e a validação em laboratório dos emissores programados, tarefa essa que reduz significativamente o tempo do ensaio em campo, além de aumentar a confiabilidade dos sinais gerados. A seguir são apresentados algumas avaliações operacionais realizadas com o apoio do LabGE na simulação de bibliotecas de emissores radar.

#### A. 1º Avaop da aeronave AMX

Esta avaliação foi realizada pela equipe técnica do Laboratório de Guerra Eletrônica do ITA junto com uma equipe técnica do IAE/ASA.

O A-1 foi adquirido na década de oitenta e foi equipado com equipamentos de auto defesa para garantir uma maior sobrevivência no campo de batalha. De acordo com o projeto comprado pela FAB o RWR dessa aeronave deveria permitir um alerta antecipado de radar em todo os seus 360°. O

funcionamento deste RWR consiste em identificar uma ameaça programada em sua biblioteca assim que for sensibilizado por sinal radar, informando ao piloto o tipo de ameaça que esta sendo identificada, assim como a direção que a mesma se encontra.

Neste teste, o emprego do ts100+ Excalibur com a programação de uma biblioteca específica de emissores permitiu a equipe técnica/operacional identificar o funcionamento incorreto do algoritmo do processador do RWR que equipava a aeronave A-1. As ameaças irradiadas em direção a aeronave A-1 e interceptadas pelo equipamento não eram identificadas pelas bibliotecas que estavam previamente gravadas no RWR. A comprovação desta falha foi determinante na realização sem ônus para a FAB da correção do problema resultando em uma economia significativa de recurso orçamentário.

#### B. 2º Avaop da aeronave AMX

Esta Avaliação Operacional foi realizada pela equipe técnica do LabGE em conjunto com uma equipe do COMGAR, sendo o tema de um trabalho de conclusão de curso do CEAAE[1]. A Fig. 2 mostra o arranjo experimental montado para este segundo teste com o RWR ELT 156X.



Fig. 2 – Avaliação Operacional com a Aeronave A-1

Esta avaliação teve como objetivo principal avaliar os limites de operação e validar o receptor de alerta radar do A-1. Foi testado a eficiência deste receptor para cada um dos sinais emulados, com base em uma biblioteca ampla de emissores gerados pelo TS-100<sup>+</sup>, comprovando a grande versatilidade de emprego do simulador de ameaças neste tipo de avaliação, o qual foi utilizado tanto no modo DOA quanto do modo radiado. Esta Avaop possibilitou verificar a eficiência deste sensor avaliando o seu desempenho. Ela também contribuiu para consolidar o conhecimento e emprego do RWR em um ambiente eletromagneticamente denso, o qual seria impraticável sem o emprego do TS-100<sup>+</sup>.

#### C. Avaop das aeronaves R-99 A/B

Outra Avaop de grande importância foi a realizada com a cadeia reduzida do sistema Não Comunicações – NCOM, das aeronaves de reconhecimento R99 A/B em Anápolis – GO.

O Sistema NCOM embarcado nas aeronaves R-99 tem como função básica realizar a busca, interceptação e coleta de dados de sinais eletromagnéticos provenientes dos diversos emissores existentes em sua área de operação. A coleta dos dados na aeronave permite os registros das emissões para uma posterior análise.

Esta AVAOP teve o objetivo de explorar a capacidade de análise do sistema NCOM que equipa as aeronaves R99 A/B diante de um ambiente eletromagneticamente denso simulado em condições controladas em laboratório. Para cumprir esse objetivo, o COMGAR solicitou ao ITA a programação de uma biblioteca de emissores no TS-100+, no modo irradiado e DOA, a fim de se obter maiores informações sobre como é feito o processamento e a análise dos sinais interceptados pelo receptor NCOM.

A Fig.3 mostra um dos testes realizados nesta avaliação com o excalibur operando no modo radiado e emitindo sinais em direção a aeronave R-99. Essa avaliação contribui de forma significativa no aperfeiçoamento da equipe de operadores e mantenedores do sistema de guerra eletrônica NCOM da aeronave, bem como conhecer as características de operação, potencialidades e limites do equipamento. [2]



Fig. 3 – Avaliação Operacional da Aeronave R-99

### III. APLICAÇÃO EM ENSINO E PESQUISA

Um dos principais objetivos da transferência do Gerador de Ameaças TS-100+ para o ITA era aumentar seu escopo de aplicação, aproveitando ao máximo seu potencial e incluindo-o em atividades de ensino e P&D. Esta atividade tem sido realizada com sucesso pelo LabGE que o emprega em aulas de laboratório de análise de sinais radar nos cursos de CEAAE, bem como em apoio a programa de pesquisa relativos a teses de mestrado e doutorados do PPGAO. Desde a sua transferência para o ITA, o TS-100+ tem sido objeto de diversos trabalhos acadêmicos do CEAAE/PPGAO. Um destes trabalhos foi realizado por solicitação do Exército Brasileiro (EB), por meio da realização de um trabalho de conclusão de curso do CEAAE. Este trabalho teve como tema o estudo das possibilidades de emprego do TS-100+ em atividades de avaliação, treinamento e ensino de guerra eletrônica de interesse do EB, cujos resultados estão apresentados na ref. [3]. O TS-100+ também foi tema de um outro trabalho de conclusão de curso do CEAAE, feito por solicitação da Marinha do Brasil (MB). Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de uma metodologia de emprego do TS-100+ em avaliação de equipamentos

embarcados em plataformas aéreas e navais da MB. Para a elaboração desta metodologia, o LabGE disponibilizou sua equipe de técnicos e o TS-100+ para em conjunto com a MB realizarem o primeiro teste irradiado com uma aeronave em voo. Este teste foi realizado no pátio de estacionamento de aeronaves do CTA, com o Gerador de Ameaças emitindo sinais em direção ao helicóptero Super Linx da MB, seguindo a metodologia de ensaio proposta no trabalho. [4] A fig. 4 mostra um dos testes realizados neste trabalho.



Fig. 4 – Ensaio Dinâmico com o Helicóptero Super Linx da MB

O Gerador de Ameaças TS-100+ vem sendo também empregado com sucesso como apoio a teses de mestrado e doutorado do Programa de Pós-Graduação em Análise Operacional (PPGAO). Atualmente está sendo empregado como suporte a uma tese de doutorado. Esta pesquisa tem o objetivo de desenvolver um radar remoto com enlace a fibra óptica, separando o operador e a estação geradora de sinais dos amplificadores e das antenas. [5]. A fig. 5 mostra o arranjo experimental em que o gerador de sinais do Excalibur é separado pelo enlace a fibra óptica, esta enrolada em um carretel, a uma distancia de 500m da estação amplificadora..



Fig. 5 – Enlace Analógico a Fibra Óptica utilizando o TS-100+

### III. APLICAÇÃO EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

#### A. Ensaio com o Radar do MAR (Missil Anti-Radiação) em desenvolvimento pela Empresa de Tecnologia Militar MECTRON

A partir de 1998, teve início o programa para desenvolvimento de um míssil anti-radiação sendo esperada para o final de 2008 a conclusão do projeto. Desde o início, o programa vem sendo conduzido pelo CTA em parceria com a empresa de desenvolvimento de tecnologia Mectron.

O Míssil Anti-Radiação (MAR) é um míssil tático do tipo ar-superfície, de médio alcance, com guiamento passivo por radar, para ataque a sistemas de defesa antiaéreas baseados em terra ou em plataformas marítimas. Um óbice surgiu em 1999 quando o governo brasileiro tentou efetuar uma compra de antenas espirais e alguns outros sistemas para o desenvolvimento da cabeça de busca do MAR-1 com um fabricante de Las Vegas. O governo americano vetou a compra alegando que “não é interessante para a defesa americana o Brasil introduzir armamentos anti-radiação nessa região”. Diante deste obstáculo, o CTA, em parceria com a Mectron desenvolveram o módulo de recepção e controle do sistema de Busca do míssil, além do seu conjunto de antenas. O primeiro teste com a cabeça de recepção do míssil foi realizado recentemente, julho de 2008, sendo o LabGE o responsável pela emissão dos sinais radar através do Excalibur. Para realizar o ensaio equipou-se a aeronave HS-125 do GEV (Grupo Especial de Ensaio em Vôo), com o módulo de recepção e controle do míssil e foram emuladas uma diversidade de bibliotecas de sinais com o TS-100+, sendo dado como satisfatório os testes. A fig. 5 mostra a antena do Gerador de Ameaças apontando para a proa da aeronave HS-125, esta já equipada com o módulo de recepção do míssil. Este ensaio teve o objetivo a avaliar a precisão e o funcionamento do sistema de recepção e controle do míssil. [6]



Fig.5 – Teste com o Radar do Míssil MAR

## V. CONCLUSÃO

As avaliações e os testes de validações de receptores empregando o Gerador de Ameaças TS-100<sup>+</sup> têm permitido as Forças Armadas avaliarem operacionalmente às características dos seus sistemas de Guerra Eletrônica, assim como a melhor maneira de empregá-los, sejam estes sistemas embarcados em plataformas aéreas, terrestres ou navais. Estas avaliações têm comprovado que o Gerador de Ameaças TS-100<sup>+</sup> constitui uma ferramenta indispensável para a economia de custos operacionais envolvidos, pois o mesmo permite criar um ambiente com uma grande densidade de sinais simulando situações críticas e evitando que a aeronave opere em

ambientes hostis, assim como tem contribuído para o treinamento operacional da equipe de operadores e mantenedores destes sistemas.

O emprego do gerador de ameaças em Ensino e Pesquisa tem permitido a FAB a criação de novos conceitos e tecnologias.

Na área de desenvolvimento, o emprego do Gerador de Ameaças tem apoiado com sucesso a indústria nacional na concepção de novos produtos.

## REFERÊNCIAS

- [1] E. Montagner, RWR ELT-156X Correlação Digital de Dados, TI, CEAAE, julho de 2001;
- [2] E. Fonseca, F. S. Ivo, Relatório Técnico de Atividades na AVAOP R-99, julho de 2008;
- [3] Ezequiel, S. B, Aplicações do Simulador de Ameaças ts-100+ (excalibur) em Equipamentos de Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica de Não-Comunicações de Interesse do Exército Brasileiro, TI, CEAAE, julho de 2007;
- [4] A. P. Gonçalves, Estudo do Gerador de Ameaças TS-100 Excalibur como ferramenta de AVAOP para a MB, TI, CEAAE, julho 2008;
- [5] O. L. Coutinho, Aplicação de Moduladores Eletroópticos em Enlaces Analógicos a Fibra Óptica, tese de Mestrado, ITA, fevereiro de 2005.
- [6] Míssil MAR-1. Site de Pesquisa. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/MAR-1> . Acesso em 26 set. 2008.