

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA DISTÂNCIA DE *BURNTHROUGH* EM CENÁRIOS DE INTERFERÊNCIA ELETRÔNICA

André Martins Krüger (Instituto Tecnológico de Aeronáutica)

Diego Nunes Alves (Instituto de Aplicações Operacionais); Natália Galvão Silva (Instituto Tecnológico de Aeronáutica)

Resumo - Este trabalho surge da necessidade de estudos sobre interferência eletrônica, uma vez que a FAB está adquirindo vetores os quais possuem grandes capacidades na área de Guerra Eletrônica. Para tanto, faz-se necessário realizar análises sobre as potencialidades e limitações dessas formas de interferência. Neste trabalho, estuda-se como a distância de *burnthrough* influencia a eficácia de técnicas de despistamento como o RGPO (*Range Gate Pull-Off*) em algumas das missões realizadas pela FAB. Em um cenário de uma *self-screening jamming* contra radares terrestres diretores de tiro por exemplo, a depender de algumas características dos meios envolvidos, verifica-se a existência de uma distância de *burnthrough* operacionalmente significativa. Já em missões de combate aéreo com interferência em mísseis semi-ativos, por razões como a similaridade das potências do radar aeroembarcado e interferidor simulados, aquela distância não apresenta relevâncias operacionais. Tal afirmação também se aplica quando a ameaça passa a ser mísseis ativos. Isso se deve principalmente à relação de potências do *seeker* desse armamento e do interferidor analisados.

I. INTRODUÇÃO

Na guerra moderna, o uso de sistemas eletrônicos avançados, seja em comunicação, seja em armamentos ou plataformas de combate, tem se tornado indispensável. Vive-se em uma época cujas bombas são inteligentes, os vetores aéreos possuem grandes capacidades tecnológicas e a Guerra Eletrônica (GE) se faz presente na maioria das plataformas militares.

Diante do exposto, faz-se necessário verificar os pontos fortes e fracos desses sistemas de GE com o intuito de se conhecer as vantagens e desvantagens de suas operações. Especificamente sobre interferidores eletrônicos, uma característica presente em técnicas de despistamento é a distância de *burnthrough*, a qual pode impactar negativamente no sucesso da interferência. Dessa forma, precisa-se analisar qual a influência da existência dessa distância nas diversas missões realizadas pela FAB.

II. DISTÂNCIA DE *BURNTHROUGH*

Para que uma técnica de despistamento eletrônico tenha sucesso, existe uma relação ideal entre os valores das potências do sinal do interferidor e do sinal eco do radar-vítima. Para interferidores convencionais, no caso da técnica RGPO/RGPI por exemplo, essa relação (*Jammer-to-Signal Ratio - JSR*) deve ser ao menos da ordem de 7 dB a 10 dB [1] e [2].

Dito isso, devido às atenuações atmosféricas sofridas por uma onda eletromagnética em sua propagação, conclui-se que quanto menor a separação entre o interferidor e o radar-vítima, menor é o valor da JSR. Isso se deve ao fato do sinal proveniente do radar chegar com uma potência maior no interferidor quando estes se encontram a pequenas distâncias. Logo, existe uma certa posição na qual a razão *jammer/signal* é menor do que o valor mínimo previsto e com isso a probabilidade da técnica de despistamento funcionar é degradada. Nesse ponto, tem-se a distância de *burnthrough* [3] e [4].

III. DISTÂNCIA DE *BURNTHROUGH* EM UM CENÁRIO DE EMPREGO AR-SUPERFÍCIE

Iniciando uma análise da influência da distância de *burnthrough*, verificou-se qual seria seu impacto durante um cenário de *self-screening jamming* em uma missão de ataque ar-superfície. Nele, a aeronave atacante mantém sua altitude durante toda a navegação até o lançamento do armamento (modalidade de emprego denominada CCRP) e concomitantemente realiza interferência eletrônica em um radar terrestre diretor tiro (Figura 1).

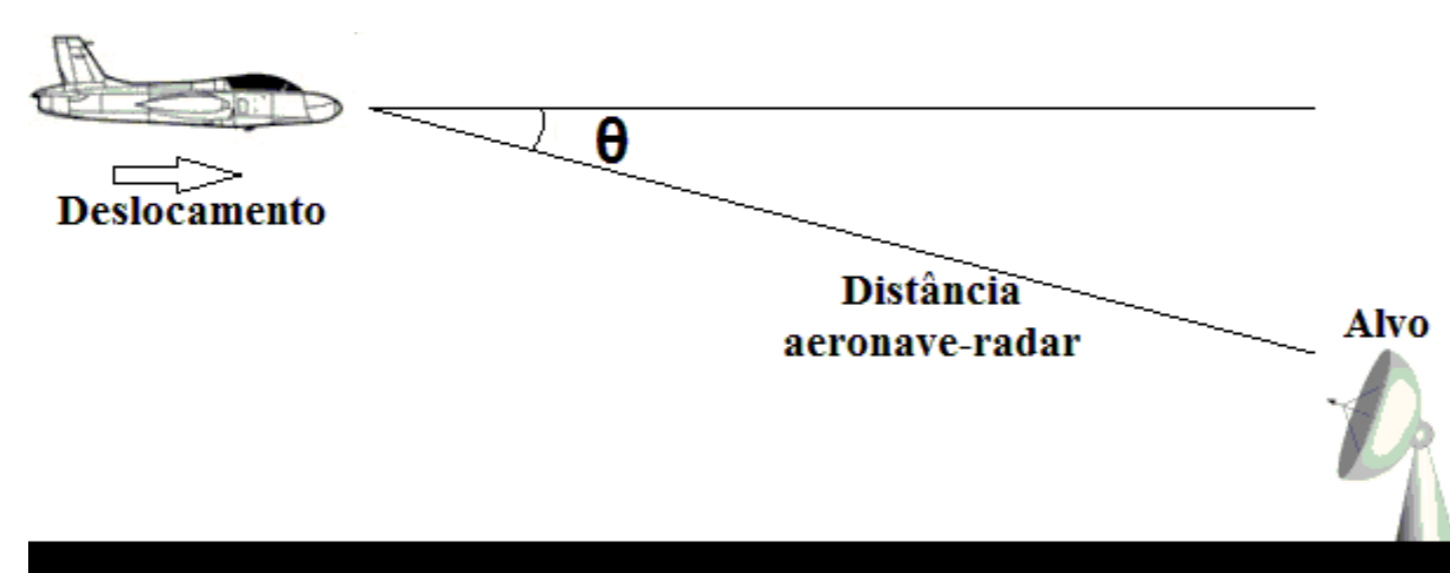


Figura 1 – Cenário de emprego ar-superfície analisado

Por meio do *software* de simulação eletromagnética FEKO, adquiriu-se valores de RCS de uma determinada aeronave no plano vertical, para um ângulo θ variando de 0° a 60° . Os dados são visualizados na Figura 2.

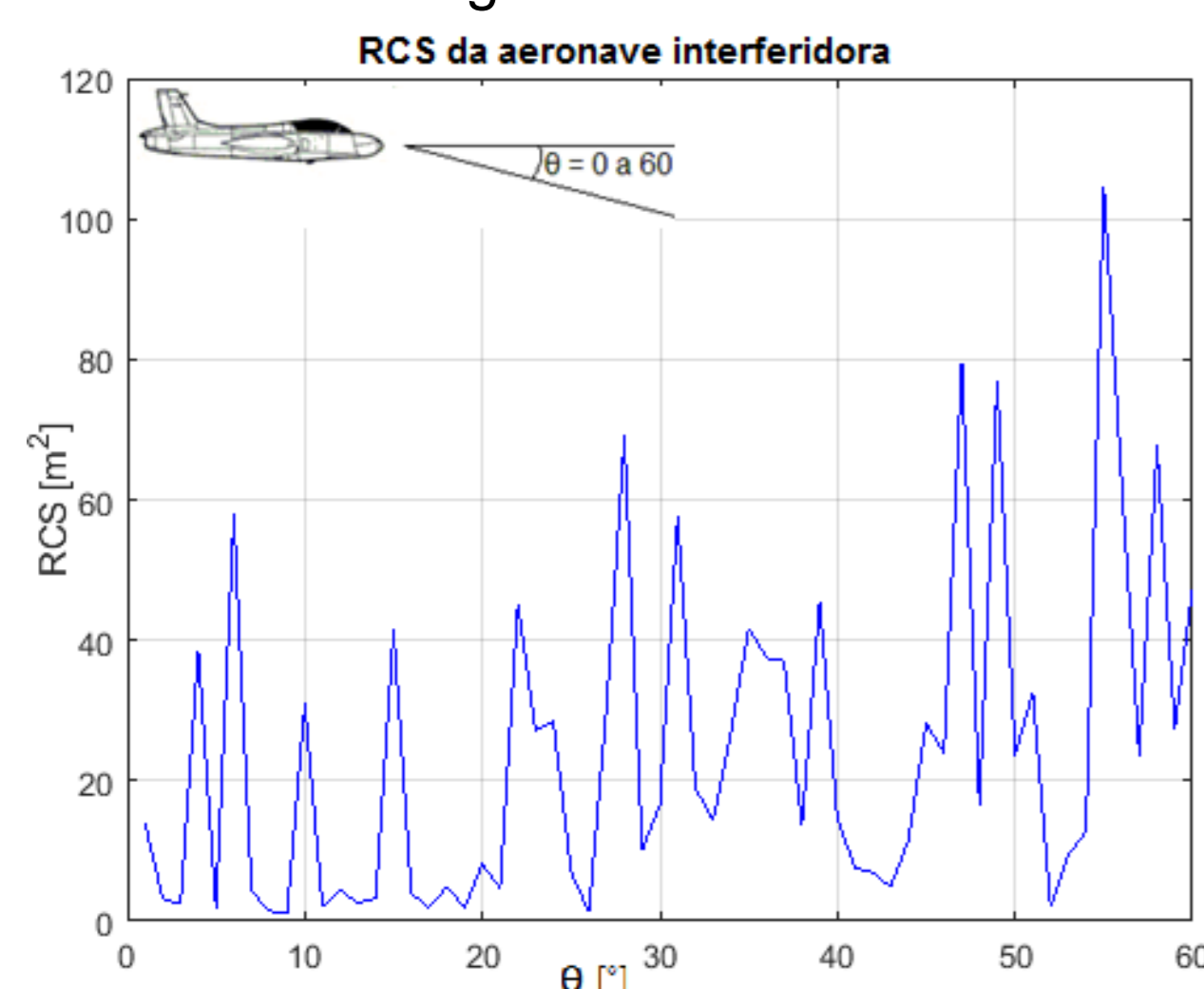


Figura 2 – RCS no plano vertical (de 0° a 60°)

Utilizando-se de valores reais de potências, frequências, ganhos e perdas, calculou-se a distância de *burnthrough* para cada um dos valores de RCS encontrados. Do resultado, visto na Figura 3, a região que se encontra abaixo da curva do gráfico representa distâncias aeronave-radar nas quais a JSR não atinge os 10 dB mínimos requeridos. Por outro lado, a região que está acima dessa curva se refere às posições em que essa relação é igual ou maior que 10 dB.

Posteriormente, visando identificar o momento em que a aeronave interferidora atinge a distância de *burnthrough* durante sua navegação até o alvo, simulou-se 4 cenários diferentes. Em cada um deles se alterou apenas a altitude de voo: 5000 ft, 10000 ft, 15000 ft e 20000 ft. Com o deslocamento da aeronave interferidora, seu ângulo θ com relação ao radar aumenta. Logo, a distância em linha

de visada (Figura 1) entre a aeronave e o radar decresce de forma exponencial. Com isso, calculou-se os valores dessas distâncias para as 4 altitudes de navegação simuladas, sobrepondo-as no mesmo gráfico da Figura 3. O resultado pode ser visto na Figura 4.

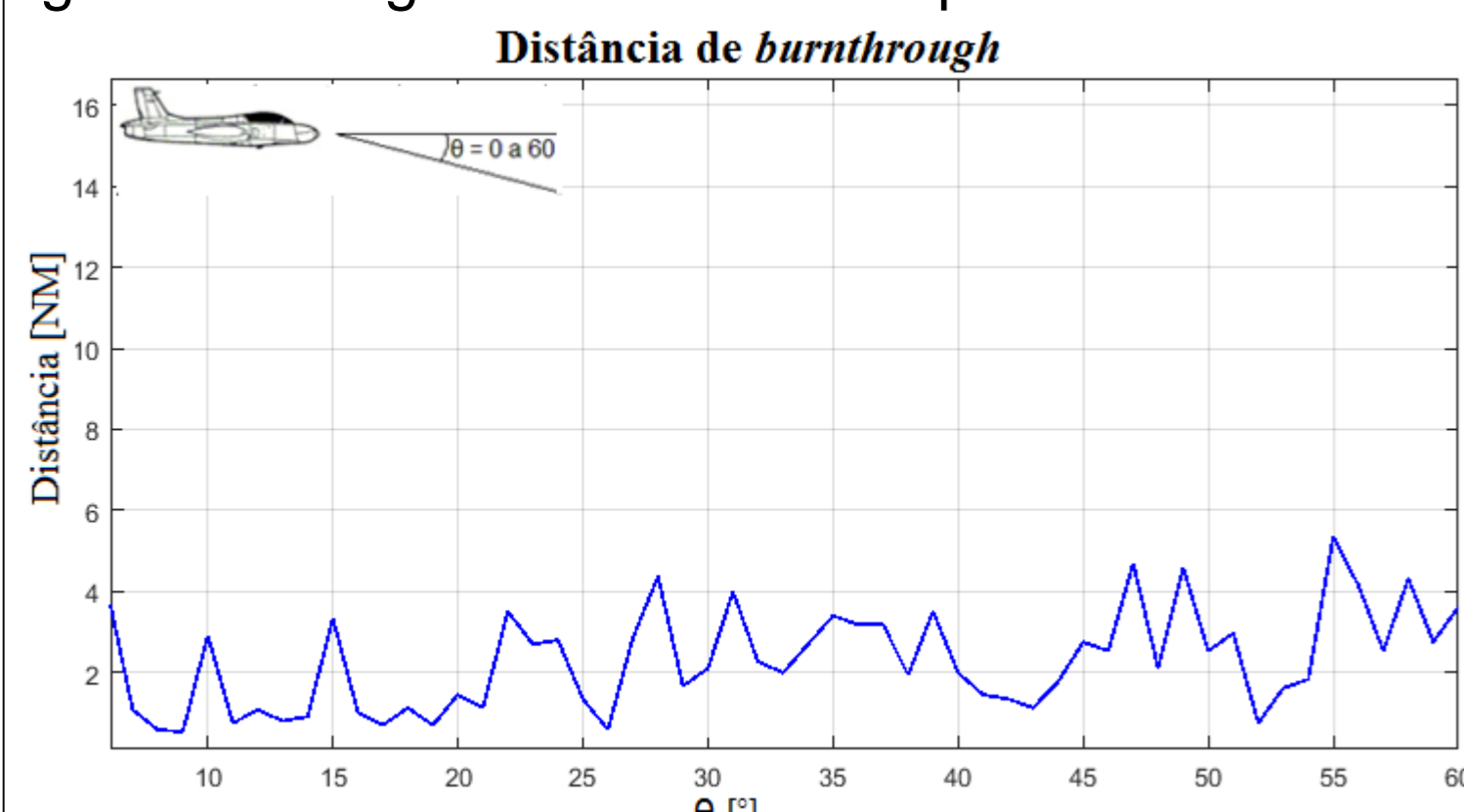


Figura 3 – Distância de *burnthrough* para cada valor de RCS

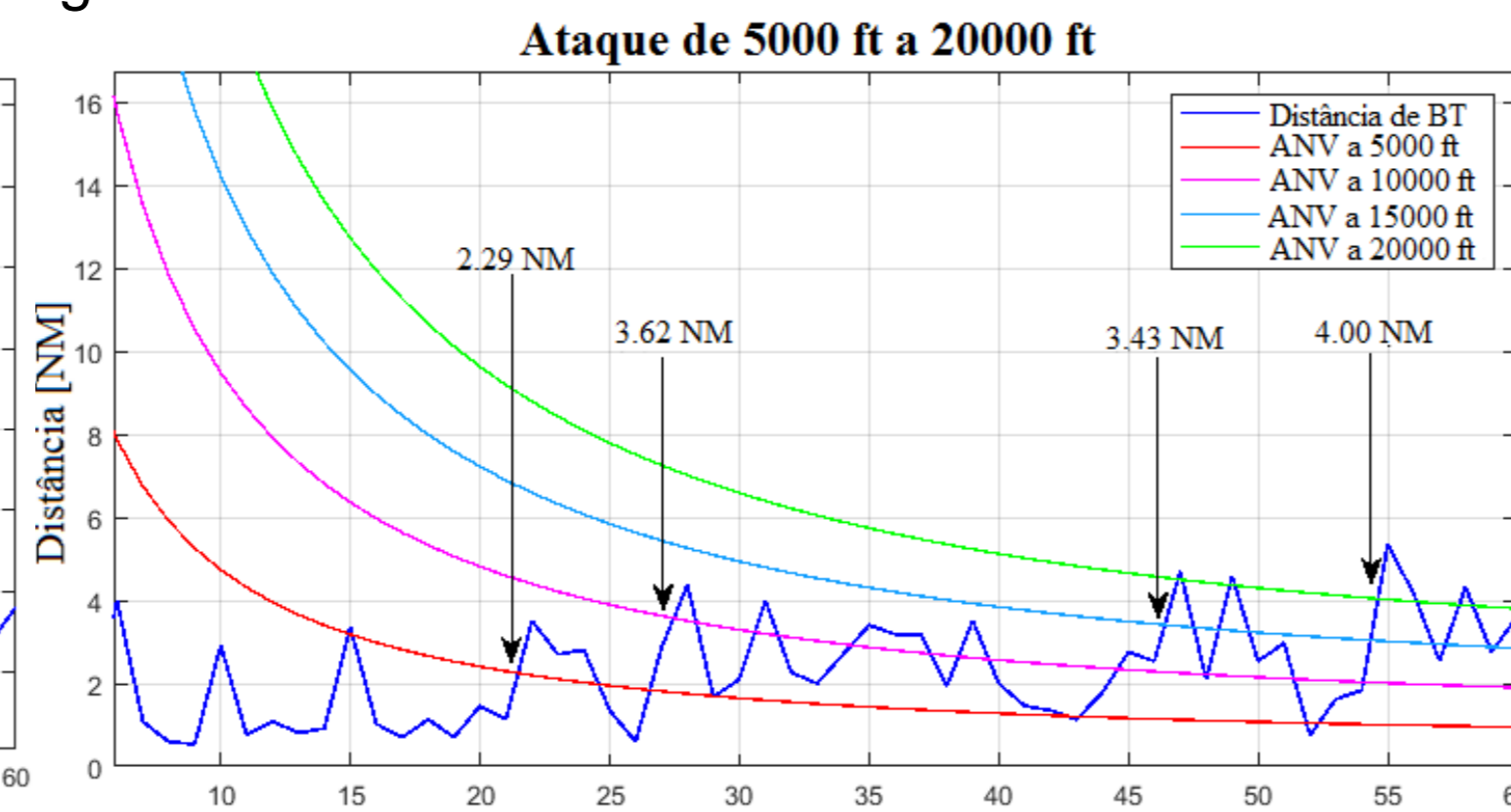


Figura 4 – Distância de *burnthrough* em função da altitude de voo

Verifica-se por exemplo que, caso a aeronave realize uma navegação a 5000 ft, nas distâncias em linha de visada com o radar menores que 2,29 NM o interferidor não terá condições de inserir uma JSR mínima de 10 dB (momento em que a curva vermelha cruza com a curva azul). A mesma associação pode ser feita para as demais altitudes de navegação.

Porém, para uma análise mais apurada, precisa-se calcular a componente horizontal dessas quatro distâncias com base no seus ângulos de visada associados. De 5000 ft a 20000 ft, os valores resultantes foram 2,12 NM, 3,22 NM, 2,38 NM e 2,35 NM respectivamente. Logo, a diferença entre o melhor e o pior cenário é de 1,1 NM, o que representa apenas 9,4s de voo em uma navegação com 420 kt.

Por conseguinte, conclui-se que, com base no cenário simulado e para os equipamentos analisados, a distância de *burnthrough* deve ser levada em consideração. Entretanto, a variação na altitude de navegação da aeronave interferidora não acarretará em momentos significativamente diferentes em que a técnica de despistamento deixará de ser eficaz.

IV. DISTÂNCIA DE *BURNTHROUGH* EM UM CENÁRIO DE EMPREGO AR-AR

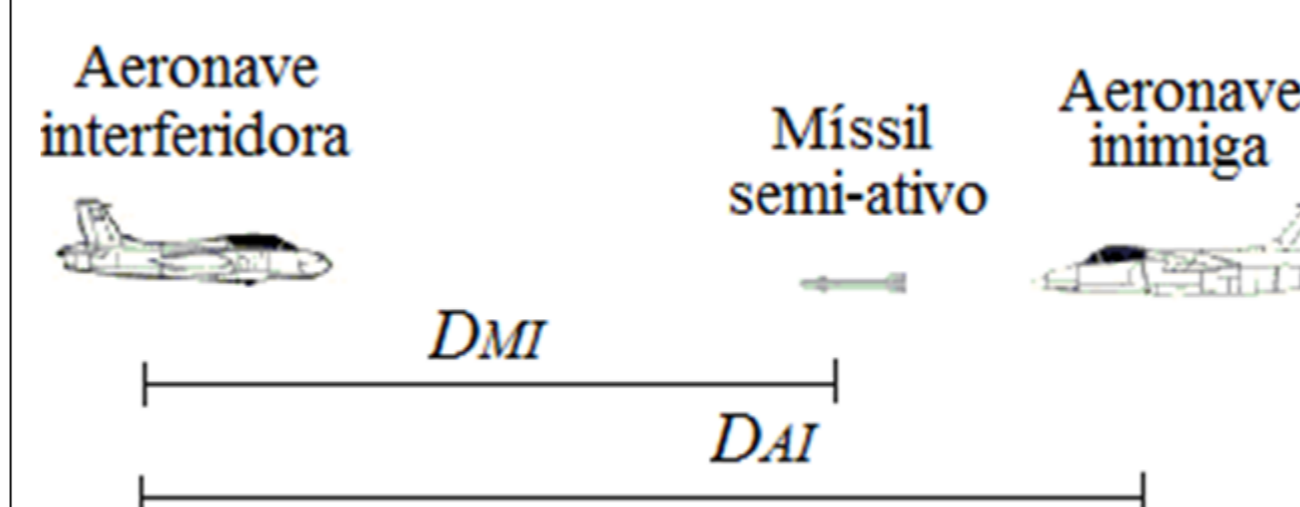


Figura 5 – Cenário de emprego ar-ar analisado

Dito isso, utilizando-se de variáveis como potência do radar aeroembarcado (P_r) e do interferidor (P_i), ganhos da antena do radar aeroembarcado (G_r) e do interferidor (G_i), RCS da aeronave interferidora (σ) e perdas devido à polarização das ondas (L_p), chega-se na equação (1) após alguns desenvolvimentos [1]. Nela, verifica-se que o cálculo da distância de *burnthrough* (representado como $D_{AI \min}$) não depende da distância míssil-interferidor, mas apenas das demais variáveis mencionadas.

$$D_{AI \min} = \sqrt{\frac{10P_r G_r \sigma}{(4\pi)P_i G_i L_p}} \quad (1)$$

Posteriormente, utilizando o valor da RCS média do setor frontal da aeronave interferidora, com base na Figura 5 e na equação (1), calculou-se a distância de *burnthrough*. Como resultado, verifica-se na Figura 6 que o valor da distância em que a relação J/S não atinge 10 dB é 0,2862 NM. Nessa figura, observa-se que para distâncias menores que a calculada, a potência do interferidor não consegue ser 10 dB maior que a potência do sinal eco radar. Já distâncias maiores que esta, a relação JSR mínima em questão é atingida.

Com isso, conclui-se que a técnica de despistamento possui condições de funcionar durante todo o tempo de navegação do míssil. Isso porque, conforme visto na equação (1), a posição desse armamento não é relevante para o cálculo da distância de *burnthrough*. Mesmo que ele atinja valores menores que o calculado, a relação J/S mínima de 10 dB continuará sendo mantida. Além disso, as aeronaves envolvidas nesse tipo de combate dificilmente se aproximam a distâncias menores que a calculada, o que ratifica a afirmação da manutenção da JSR mínima necessária para que o despistamento seja eficaz.

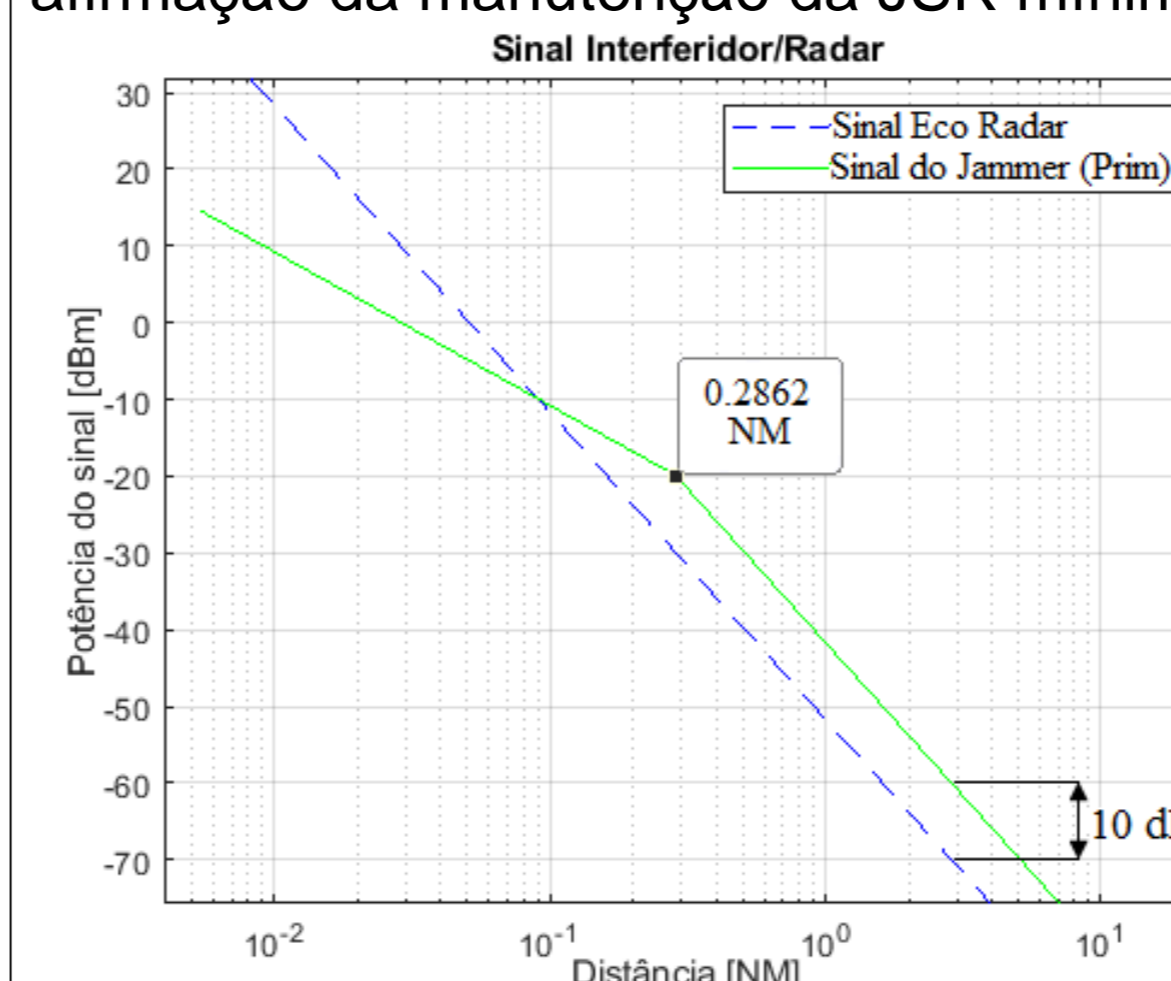


Figura 6 – Distância de *burnthrough* contra um míssil semi-ativo

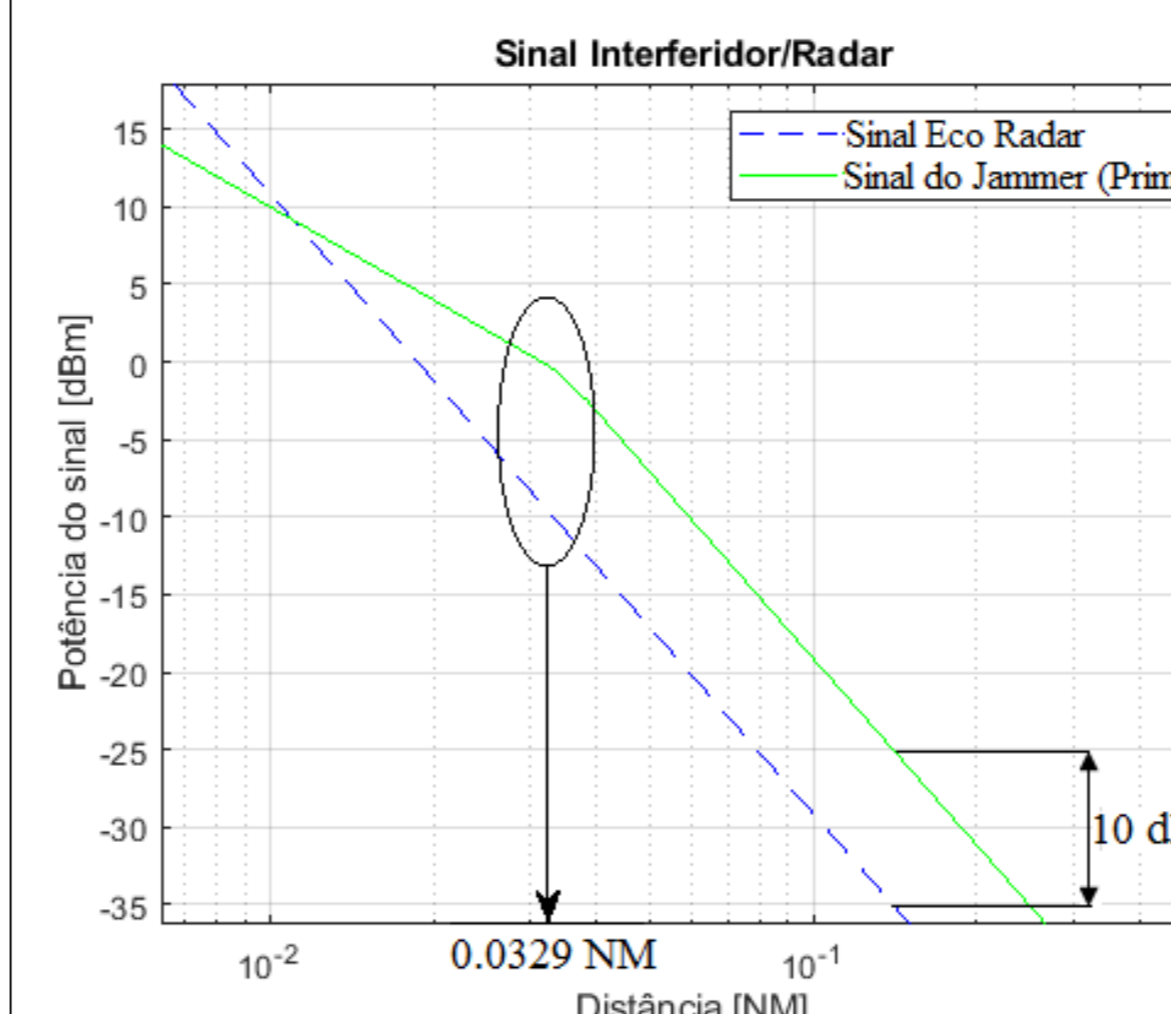


Figura 7 – Distância de *burnthrough* contra um míssil ativo

V. CONCLUSÃO

Para o cenário analisado de interferência em radares terrestres diretores de tiro, a depender da RCS da aeronave interferidora, bem como demais características dos equipamentos envolvidos, a distância de *burnthrough* poderá ser um fator relevante durante um planejamento de missão, juntamente com alcance radar inimigo, tempo de reação e etc. Isso porque dependendo dos fatores supracitados, poderão existir distâncias consideráveis em que a técnica de despistamento não funcionará.

Já nos cenários ar-ar simulados, a distância de *burnthrough* não apresentou valores relevantes quando se utilizou mísseis semi-ativos. Devido à similaridade de potências do interferidor e do radar aeroembarcado analisados, associado com as grandes distâncias envolvidas em um combate BVR (*Beyond Visual Range*), aquele conceito tende a ser irrelevante em um aspecto operacional. O mesmo pode ser dito para o cenário simulado com mísseis ativos. Pelo fato da potência do *seeker* estudado ser inferior a do interferidor, a distância *burnthrough* calculada foi consideravelmente baixa. Nesse cenário, existe uma ínfima probabilidade do míssil, ao longo de sua navegação, atingir uma distância da aeronave interferidora menor que as calculadas, fato este que tornaria a técnica de interferência ineficaz.

REFERÊNCIAS

- SCHLEHER, D.C. **Electronic Warfare in the Information Age**. Boston: Artech House, 1999. 605 p.
- NERI, F. **Introduction to Electronic Defense Systems**. 2nd ed. Boston: Artech House, 2001. 622 p.
- ADAMY, David. **EW 101: A first course in electronic warfare**. Artech house, 2001.
- BOYD, Joseph Aubrey et al. **Electronic Countermeasures**. **Electronic Countermeasures**, 1978.