

Simulações de partes de um sistema radar são bastante utilizadas por profissionais trabalhando em desenvolvimento, particularmente em aspectos envolvendo detecção de alvos e falsos alarmes. A proposta do SimSeeker  visualizar o sistema operando como um todo, com suas diversas interações: detecção, rastreamento em ângulo, rastreamento em distância e servomecanismo, além de contramedidas eletrônicas.

II. ESTRUTURA DO SIMULADOR

A Fig.3 ilustra as partes que compõem o SimSeeker.

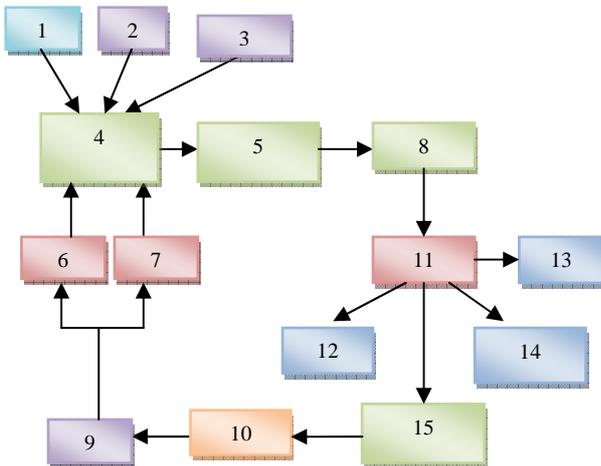


Fig.3. Estrutura do SimSeeker

Na figura pode-se identificar os seguintes componentes:

1. Clutter: a modelagem utilizada para distribuição estatística do clutter oceânico foi a de Weibull [1]:

$$f(x) = \frac{b}{a} \left(\frac{x}{a}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{a}\right)^b\right] \quad (1)$$

onde a , chamado parâmetro de escala, está ligado à potência do sinal de clutter e b , o parâmetro de forma, determina o formato da distribuição. A grande vantagem em utilizar a distribuição Weibull reside no fato de que ela representa uma família de curvas: variando os parâmetros a e b , uma grande faixa de comportamentos de clutter pode ser obtida [2, 3]. O gerador de clutter consiste num gerador de variáveis Weibull independentes que são, em seguida, submetidos a um filtro conformador a fim de deixar o sinal com a função de autocorrelação adequada [4].

2. Ruído térmico.
3. Efeitos ambientais: chuva e atenuação atmosférica.
4. Gerador de sinal radar.
5. Antena monopulso de amplitude.
6. Jamming lançado pelo navio (a completar)
7. Seção reta radar do alvo.
8. Geração de FI (filtros analógicos).
9. Coordenadas e dimensões dos alvos (até dois)
10. Dinâmica do míssil (a completar).

11. Computador do seeker: responsável pela detecção CFAR, cálculo do baricentro do alvo, demodulação digital de FI através de amostragem sub-Nyquist [5], AGC, STC, rastreamento em distância por filtro alfa-beta, etc.
12. PPI.
13. Osciloscópio.
14. Painel com informações gerais de simulação: SNR, tempo de simulação, etc.
15. Servomecanismo da antena.

Todos os módulos listados acima têm comportamento configurável. Assim, por exemplo, o CFAR utilizado pode ser um CA-CFAR, GO-CFAR, log-t-CFAR, etc. A antena monopulso pode utilizar tanto uma curva $|\text{sen}(x)/x|^2$ aproximada como o diagrama de irradiação medido de uma antena real.

III. OPERAÇÃO DO SIMULADOR

A interface de usuário do SimSeeker permite controlar os seguintes parâmetros de simulação:

- 1) Número de pulsos de integração do radar.
- 2) Parâmetros do servomecanismo da antena.
- 3) rea de busca do alvo: definida pelo ângulo de busca e pelas dimensões da janela de busca.
- 4) Dados dos alvos (até dois): localização em relação a um sistema de coordenadas, vetor velocidade, seção reta radar e tamanho físico.
- 5) Nível de clutter oceânico.
- 6) Parâmetros do filtro de rastreamento em distância.
- 7) PRF.
- 8) Parâmetros da antena.

Além disso, durante a simulação, os seguintes tipos de contramedidas eletrônicas podem ser lançadas pelo navio:

- 1) Barragem de ruído.
- 2) RGPO
- 3) Chaff (a ser implementado)

As Figs 4 a 6 mostram a operação do simulador em três momentos distintos.

Fig. 4: seeker recebeu os dados iniciais e entrou em modo BUSCA. Alvo configurado para coordenadas 2km x 11km, com velocidade de 30 nós orientada num ângulo de 45 graus em relação ao eixo x (pequena seta vermelha).

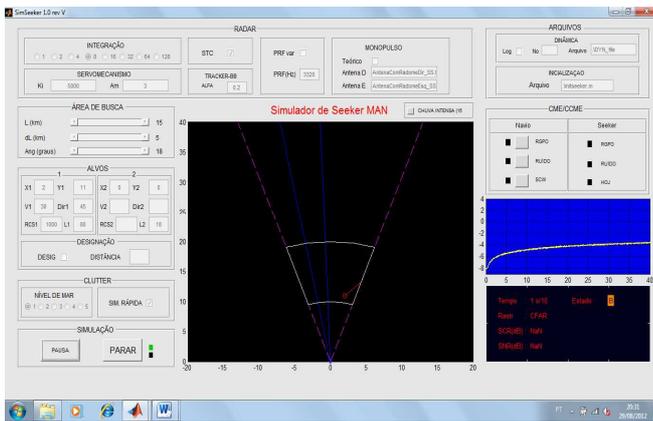


Fig.4. Seeker em modo BUSCA

Fig. 5: seeker detectou o alvo e passou para o estado CONFIRMAÇÃO DE ALVO (CA). Nesse estado, um critério N por M detecções é aplicado dentro de uma janela no entorno da primeira detecção. No monitor de sinal recebido, retângulo azul no canto inferior direito, é possível observar o sinal de eco correspondendo ao alvo detectado, pequeno pico a 11km de distância.

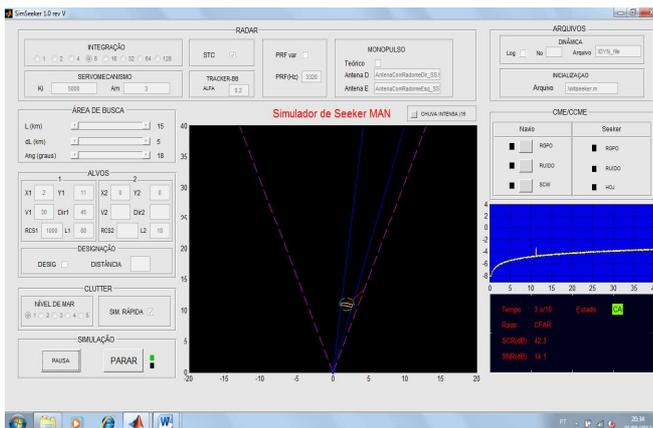


Fig.5. Seeker em modo CA

Fig. 6: alvo confirmado, janela de rastreamento é fechada em torno deste. A partir desse momento, o servomecanismo da antena passa a ser alimentado pelo erro de apontamento do processamento monopulso. A janela de rastreamento é constantemente atualizada pelo filtro alfa-beta. Inicia-se um movimento de guinada do míssil em direção ao alvo.

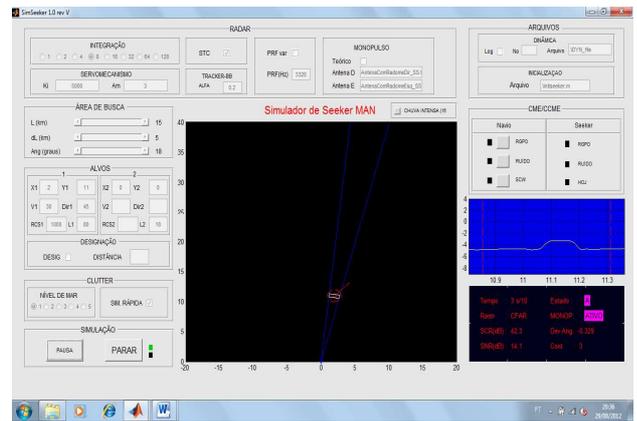


Fig.6. Seeker em modo ACOMPANHAMENTO

IV. APLICAÇÕES

A seguir passa-se a descrever algumas das aplicações possíveis com o simulador de seeker SimSeeker.

A Fig. 7 ilustra o efeito de uma rajada de ruído (CME, contramedidas eletrônicas) lançada pelo alvo sobre o seeker. Na parte de cima da figura, um alvo se movimentando a 20 nós está sendo rastreado. Já na parte de baixo, CME foi ativada (LED verde no botão RUÍDO), o que faz que o nível de ruído supere o do sinal, ocasionando a perda do alvo. Note-se o nível elevado de ruído no monitor de sinal recebido.

A Fig. 8 ilustra uma aplicação de RGPO (*range gate pull-off*). Na parte de cima da figura, vê-se um alvo sendo rastreado. Na figura logo abaixo, o botão de RGPO foi acionado, o que acarreta o aparecimento de um pulso interferente de mesma largura se sobrepondo ao eco verdadeiro e com potência superior. Na terceira figura de cima para baixo, vê-se o pulso interferente deslocando-se para trás e arrastando junto a janela de rastreamento, ampliada para melhor visualização. Finalmente, na última figura, vê-se o alvo já quase totalmente fora da janela de rastreamento.

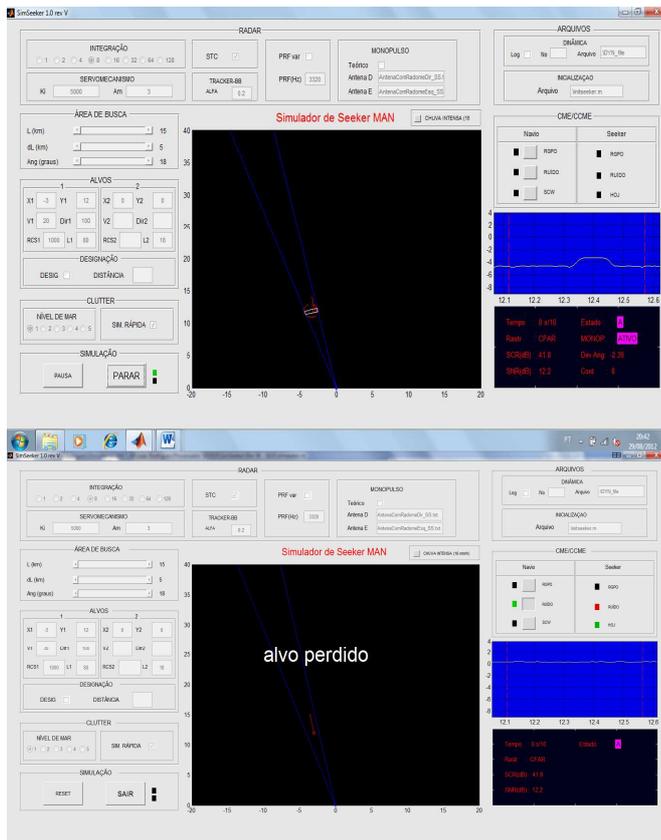


Fig.7. Aplicação de barragem de ruído

No painel de contramedidas há ainda um terceiro botão, para *chaff*, a ser implementado no futuro.

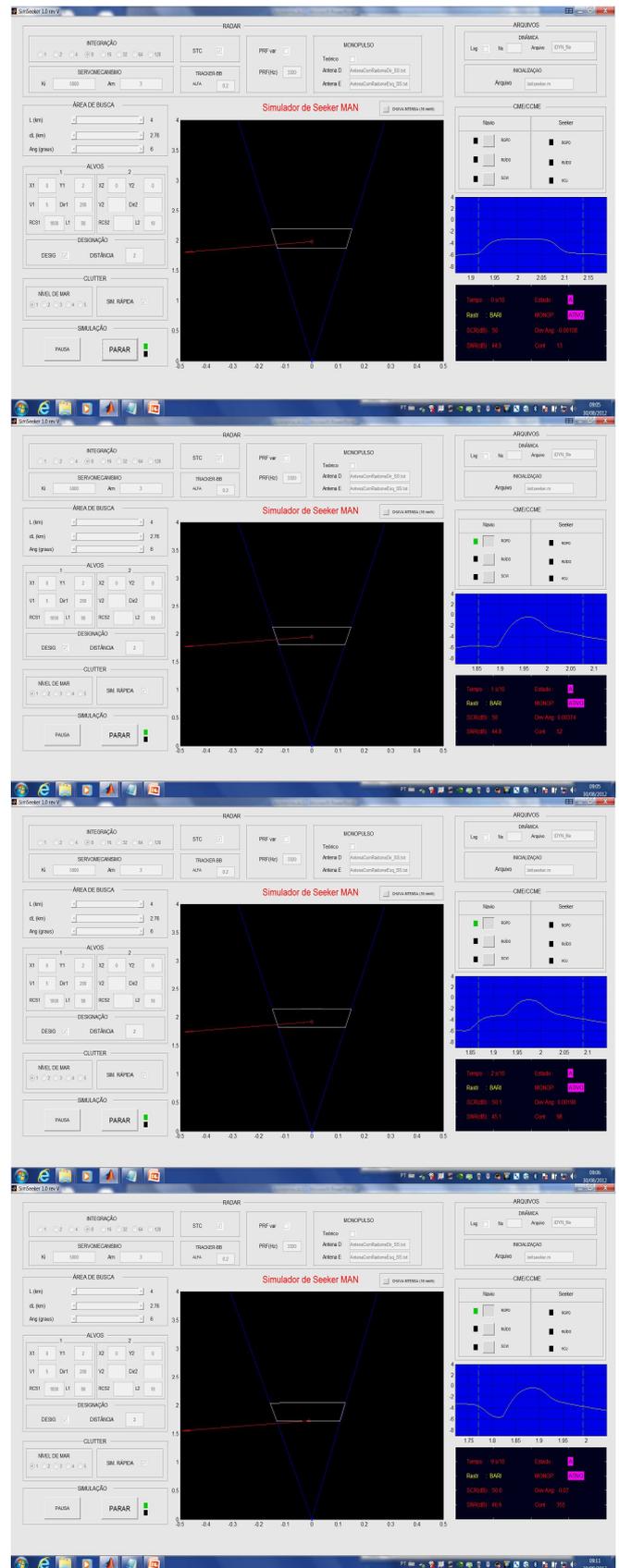


Fig.8. Aplicação de RGPO

Outro exemplo de aplicação do SimSeeker é o estudo da dinâmica do servomecanismo de controle da antena durante o rastreo angular. A partir do momento em que o alvo é detectado, a antena passa a ser controlada pelo sinal de erro do sistema monopulso. É importante que o feixe seja centralizado sobre o alvo o mais rápido possível e da maneira mais estável. A Fig. 9 mostra a variação angular do feixe da antena, a partir do momento em que ocorre a detecção. No caso, trata-se de um controlador PI cujos parâmetros são configuráveis no simulador. Na figura superior, usou-se uma relação sinal-clutter de 25dB, enquanto que, na figura abaixo, a relação sinal-clutter foi de 15dB. Vê-se perfeitamente o efeito desestabilizador do clutter sobre a dinâmica do servomecanismo. Um dos aspectos vantajosos de realizar a simulação conjunta das partes que compõem o sistema é justamente a possibilidade de ter uma visão comparativa das diversas limitações envolvidas. Por exemplo, as curvas da figura 9 mostram que, dependendo dos parâmetros envolvidos, o nível de clutter pode ter um efeito deletério tão intenso sobre a estabilização dos servomecanismos da antena como sobre a probabilidade de detecção de alvos.

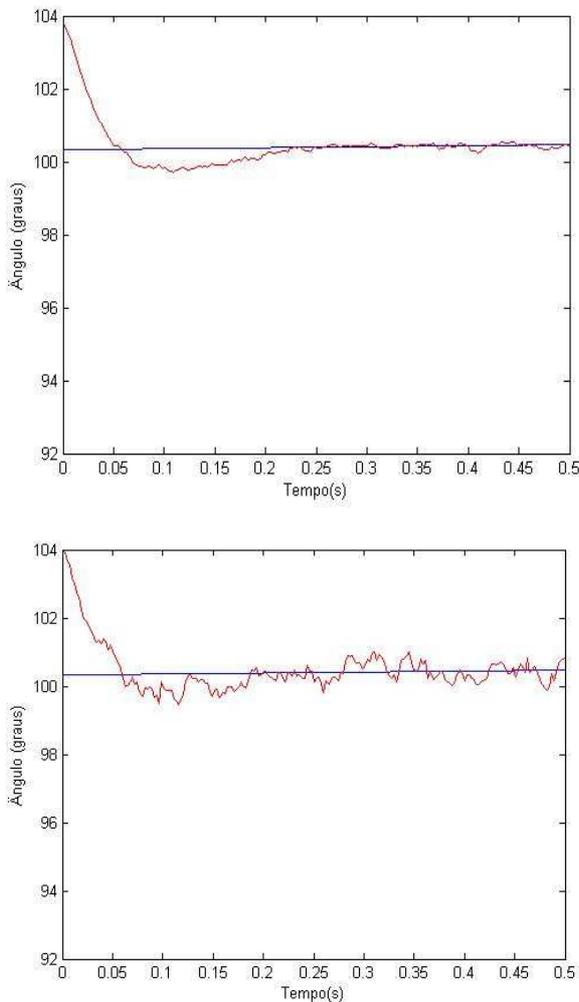


Fig.9. Rastreo angular após a detecção do alvo

IV. PRÓXIMOS PASSOS

São aspectos que deverão ser abordados nas próximas versões do SimSeeker:

- 1) Implementação de *chaff*.
- 2) Implementação da dinâmica do míssil.
- 3) Implementação de contra-contra-medidas eletrônicas (CCME) e detecção de *jamming*.
- 4) Modelagem de seção reta radar de alvos (RCS, *radar cross-section*) e suas variações estatísticas (Swerling-X).
- 5) Implementação de efeitos de cintilação de alvo (*glint*) e multi-percurso.

V. CONCLUSÃO

A construção do simulador SimSeeker, ainda em andamento, representa uma tentativa de compor um sistema de simulação conjunta dos principais componentes de recepção e processamento em um seeker para mísseis antinavio. Seu objetivo é fornecer uma ferramenta de validação de algoritmos de processamento de sinais e testes de componentes, minimizando os custos e o tempo de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

- [1] V. Anastassopoulos, G. A. Lampropoulos, "Optimal CFAR detection in Weibull clutter", IEEE Trans. on Aerosp. and Electronic Systems, vol 31, no 1, Jan/1995
- [2] G. B. Goldstein, "False-alarm regulation in log-normal and Weibull clutter", IEEE Trans. on Aerosp. and Electronic Systems, vol AES-9, no 1, Jan/1973
- [3] K. D. Ward, R. J. A. Tough, S. Watts, *Sea clutter: scattering, the K-distribution and radar performance*, IET Radar, Sonar, Navigation and Avionics Series 20, 2006
- [4] A. OchadlickG,Jr, J. Davis, W. Everett, J. Kraus, M. Rankin, "Spatial and temporal correlation of LOGAN-1 high-resolution radar sea clutter data", Geosc. And Remote Sensing Symposium, 1994, vol 2, p. 818-821.
- [5] R. G. Lyons, *Understanding Digital Signal Processing*, 2nd ed, Prentice-Hall, New Jersey, 2004