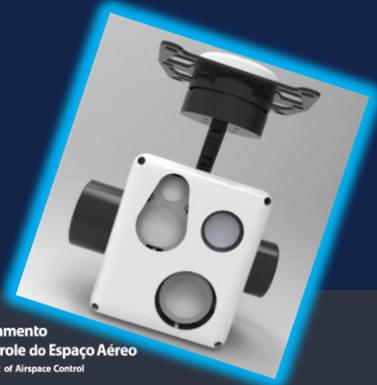
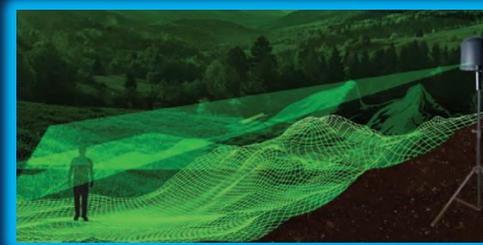




**Departamento
de Controle do Espaço Aéreo**
Department of Airspace Control



Sistema de Contenção de Aeronave Não tripulada (C-UAS - COUNTER UNMANNED AIRCRAFT SYSTEM) NO SISCEAB



Palestrante: Cap Esp CTA Miranda

Objetivo:



**Apresentar os Estudos Realizados pelo DECEA
sobre C-UAS.**

- 1. Apresentação;**
- 2. Fases do Sistema de Contenção de Drones;**
- 3. Componentes do Sistema de Contenção de Drones;**
- 4. Resultado dos Testes em São José dos Campos;**
- 5. Resultado dos Testes no Santos Dumont - RJ;**
- 6. Conclusão.**

1. Apresentação:



DECEA – Departamento do Controle do Espaço Aéreo

- Missão: “Contribuir para a garantia da soberania nacional, por meio do gerenciamento do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro”.
- Visão: “Ser reconhecido como referência global em segurança, fluidez e eficiência no gerenciamento e controle integrado do espaço aéreo”.



1. Apresentação:

O DECEA coordenou, supervisionou e avaliou os Testes de Detecção, Identificação, Localização e Contenção de Drones nos Aeroportos Santos Dumont - RJ e Prof. Urbano Ernesto Stumpf de São José dos Campos no período entre os anos de 2020 e 2021.



1. Apresentação:

O objetivo é apoiar os estudos do C-UAS existentes visando a integração de meios em desenvolvimento para definição de um Sistema de Contenção de Drones que atenda os interesses do Administrador Aeroportuário e do DECEA para a manutenção da segurança dos aeródromos e do espaço aéreo no seu entorno.



1. Apresentação:

A importância desse assunto é devido ao aumento do número de ocorrências com drones ingressando em áreas próximas aos aeroportos com o aumento do número de operações de drones no Brasil. A função do DECEA é a manutenção da segurança da aviação na utilização deste espaço aéreo.



1. Apresentação:

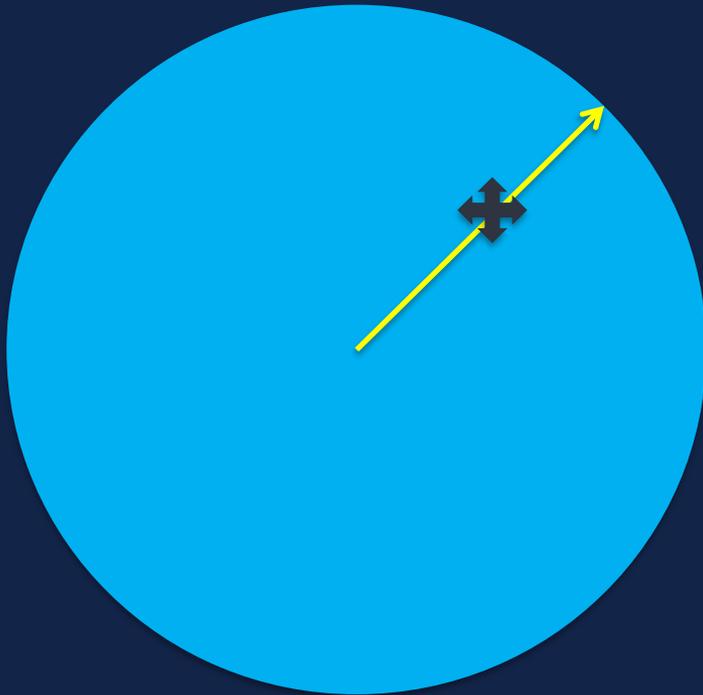
Atualmente, várias empresas possuem Sistemas Antidrone, mas ainda há a necessidade de aperfeiçoar as ferramentas para atender às necessidades dos clientes, tais como, alcance da cobertura lateral e vertical; precisão da posição e trajetória do drone; diferenciação entre drones e alvos falsos; integração entre os sistemas de detecção, identificação e contenção; operação dos sistemas em coordenação com o tráfego de aeronaves tripuladas; entre outros.

1. Apresentação:

O objetivo deste trabalho é gerar um relatório com os resultados dos testes, o desempenho alcançado pelos sistemas, de forma isolada e em conjunto num ambiente altamente complexo, as ações recomendadas e as lições aprendidas para que o DECEA produza uma base de conhecimento sobre o assunto para a geração de um modelo de negócio com as especificações e os requisitos mínimos necessários para que as empresas interessadas atendam às necessidades dos futuros clientes e para a elaboração de legislação.

2. Fases do Sistema de Contenção de Drones:

- 1) Detecção: Informação da presença de drone dentro da área de cobertura do equipamento. Fornece no máximo a direção do equipamento detectado.



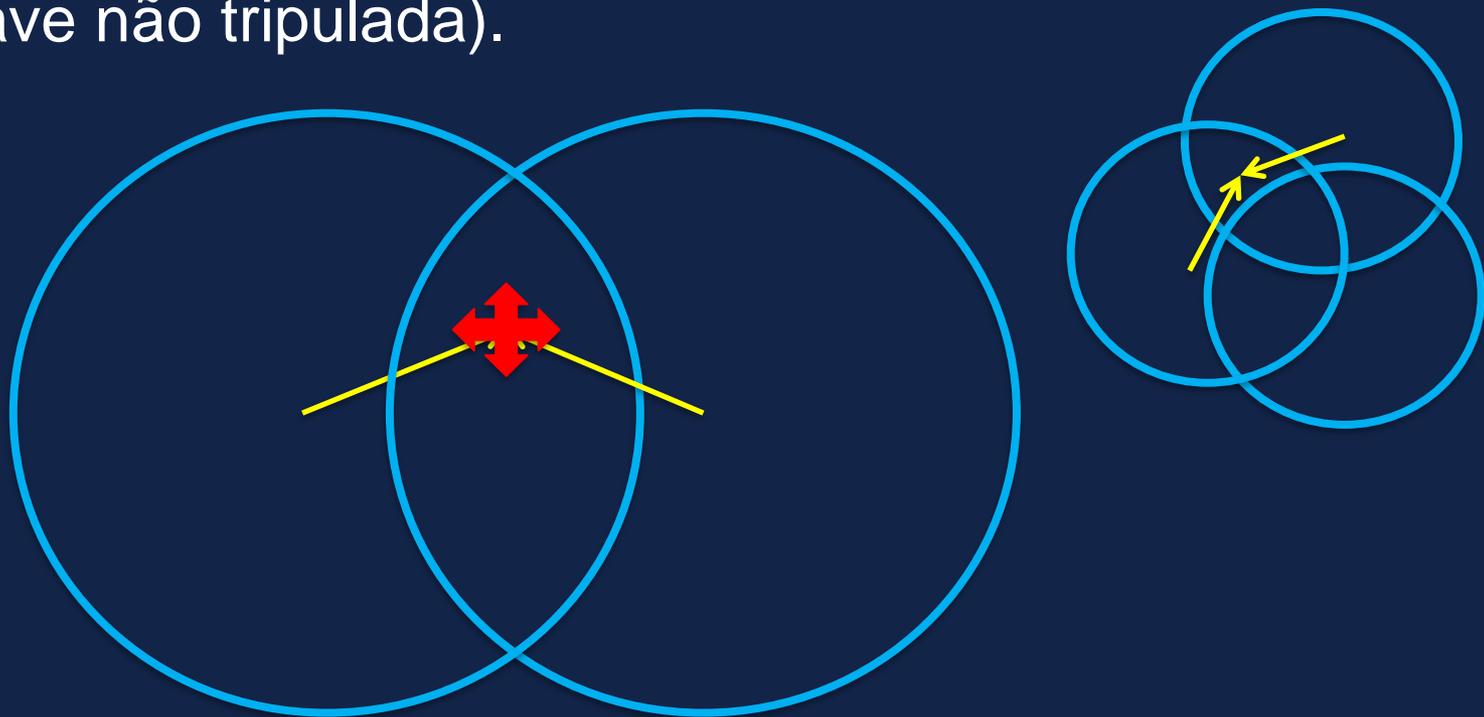
2. Fases do Sistema de Contenção de Drones:

2) Identificação: Definição das características do equipamento, tais como fabricante, modelo e frequência de operação. A Identificação consiste no “reconhecimento” dos sinais emitidos pelas fontes de sinais e captados, havendo um processamento das informações, comparação com a biblioteca de dados existente, com a apresentação das informações pelo sistema de visualização C2.



2. Fases do Sistema de Contenção de Drones:

3. Localização: localização geográfica em latitude, longitude e altitude / altura com trajetória contendo direção, sentido e velocidade de deslocamento do piloto remoto e da UA (aeronave não tripulada).

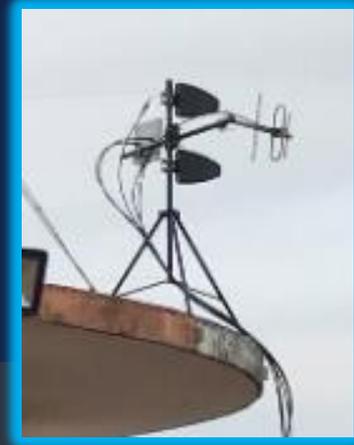


2. Fases do Sistema de Contenção de Drones:

3. Localização: A Localização consiste na recepção, por parte dos goniômetros de RF, do sinal emitido por um UAS em operação, havendo dados suficientes para a triangulação das fontes de origem do sinal, indicando a localização geográfica do UAS e do RPS no sistema de visualização com informação de latitude, longitude e altitude / altura com trajetória contendo direção, sentido e velocidade de deslocamento do piloto remoto e da UA (aeronave não tripulada).

2. Fases do Sistema de Contenção de Drones:

4. Contenção: bloqueio ou interferência eletrônica no sinal do link C2 entre a UA e sua RPS fazendo com que o sinal do bloqueador (jammer), de maior intensidade, sobrepuje o sinal do UAS, impedindo que o drone receba os comandos, conduzindo-o de forma adversa à vontade do piloto remoto. Também é conhecido como “**Neutralização**” manual ou automática da ameaça.”



2. Fases do Sistema de Contenção de Drones:

4. Contenção: A Contenção também poderá ocorrer com a emissão de sinal de bloqueio ou interferência na frequência dos sistemas de navegação satelital (GNSS), que possibilitam a geolocalização dos drones, fazendo com que percam suas informações instantâneas de localização geoespacial (literalmente, “se perdem no espaço” e não conseguem identificar a porção onde se encontram). Outras formas de contenção são a captura ou destruição física do drone.

2. Fases do Sistema de Contenção de Drones:

Possíveis Resultados da Contenção:

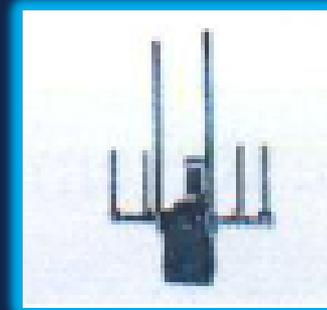
- I. Retornar à RPS (Estação Remota de Pilotagem) – RTH (Return To Home);
- II. Pairar até o fim da bateria;
- III. Pousar na vertical do ponto de bloqueio;
- IV. Pousar em local predefinido;
- V. Assumir o comando;
- VI. Queda do Drone;
- VII. Capturar;
- IV. Destruir;



3. Componentes do Sistema de Contenção de Drones:



- 1) Goniômetro - Antenas que detectam a direção (ângulo) e a distância do drone por meio de sinais de RF (rádio frequência). Detectam emissões na faixa de 70 MHz a 6.000 MHz, com largura de banda instantânea de 50 MHz. Possuem antenas DF (Direction Finder), projetadas para determinar o rumo da emissão.



3. Componentes do Sistema de Contenção de Drones:

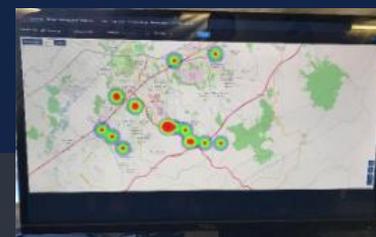


- 1) Goniômetro - A Detecção consiste na recepção do sinal emitido por um UAS em voo pelos goniômetros de RF que produzirá um aviso (ALERTA) no sistema de visualização no link C2 de comando e controle, alertando sobre o drone na área de detecção. O alerta poderá ocorrer devido à detecção de apenas 01 goniômetro em função do alcance em relação ao sinal emissor. Sendo assim, não será possível determinar a localização exata da fonte do sinal por não haver triangulação de informações. Poderá ser apresentada apenas a direção da origem do sinal.

3. Componentes do Sistema de Contenção de Drones:



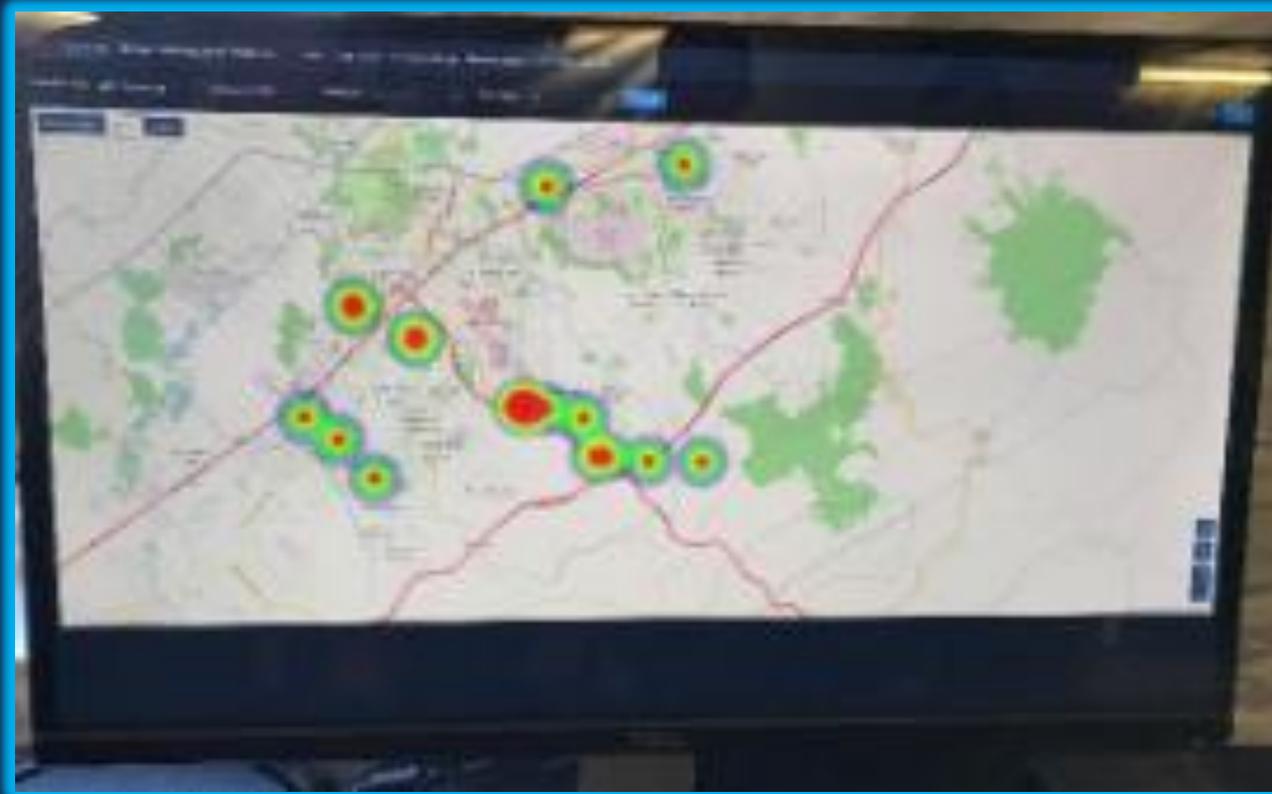
2) Sistema de Sensor Eletro-Óptico (EO) com Infravermelho (IR) - São detectores eletrônicos que convertem luz, ou uma mudança na luz, em sinal eletrônico, capazes de detectar radiação eletromagnética desde o infravermelho até os comprimentos de onda ultravioleta. Geralmente opera em conjunto com uma câmera monitorando seu campo de visão em busca do drone. Também utilizado com goniômetros ou radar para comprovar a detecção.



3. Componentes do Sistema de Contenção de Drones:



2) Sistema de Sensor Eletro-Ótico (EO) com Infravermelho (IR)



3. Componentes do Sistema de Contenção de Drones:



3) Sistema de Sensor Acústico - É capaz de detectar os drones por meio do reconhecimento do som produzido pelos seus motores, captado por microfones muito sensíveis. Necessita possuir uma biblioteca de sons de motores de drones para comparação com os detectados pelos sensores.



3. Componentes do Sistema de Contenção de Drones:



4) Radar - detecta a presença de drone por meio do encontro dos pulsos de radiofrequência emitidos pelo sensor com a aeronave. É capaz de diferenciar os drones de outros objetos voadores utilizando algoritmos.



3. Componentes do Sistema de Contenção de Drones:



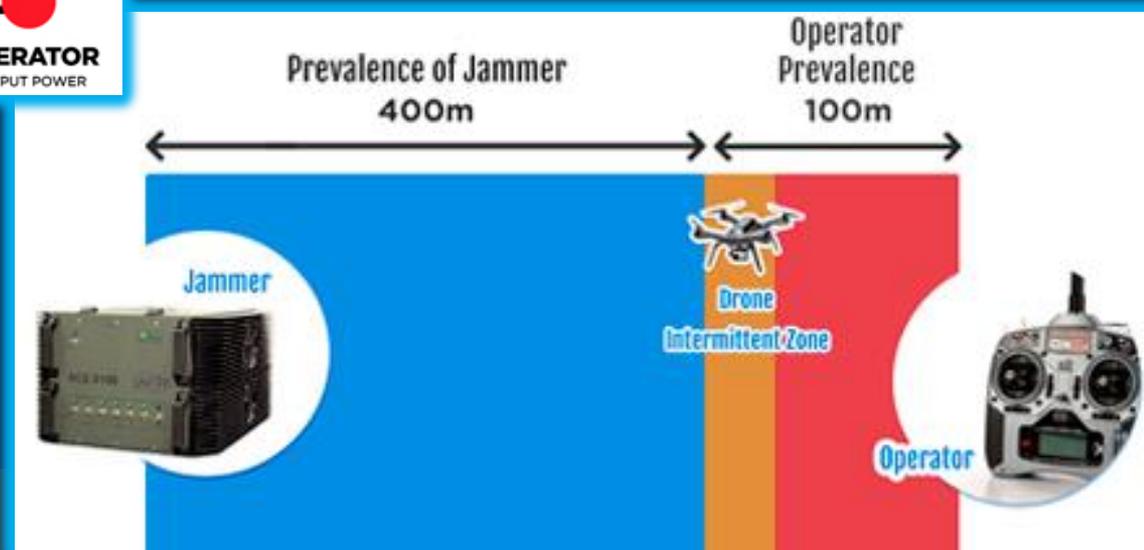
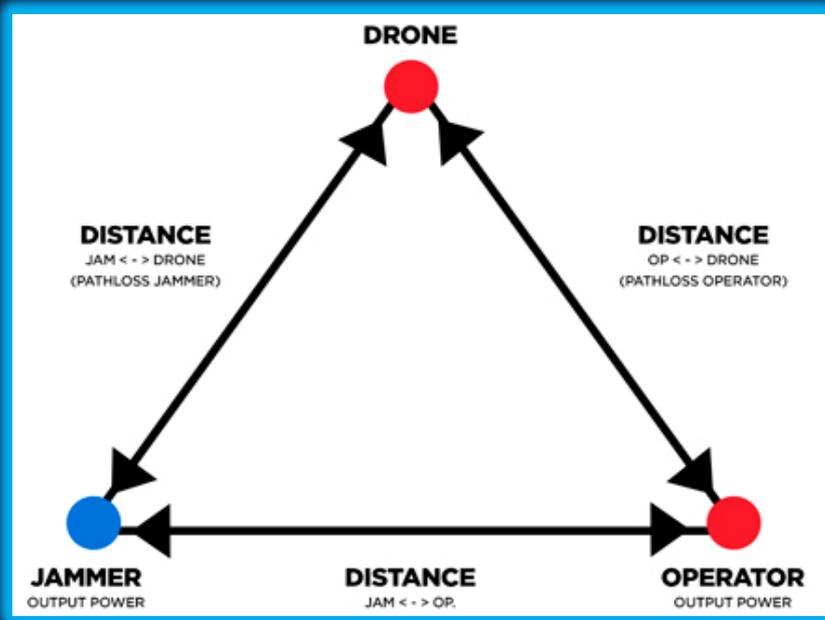
- 5) Jammers ou Bloqueador: equipamento capaz de bloquear os drones por meio da neutralização de sinal GPS (Sistema de Posicionamento Global) ou por meio de interferência eletrônica no sinal do link C2 entre a UA e sua RPS fazendo com que o sinal do bloqueador (jammer), de maior intensidade, sobrepuje o sinal do UAS



3. Componentes do Sistema de Contenção de Drones:



5) Jammers ou Bloqueador:



3. Componentes do Sistema de Contenção de Drones:



- 6) Falsificador de Sinal: permite assumir o controle do drone por meio da emissão de comunicação de sinal falso de satélite.
- 7) Micro-ondas: feixe de energia eletromagnética que superaquece os circuitos semicondutores, danificando o sistema de comunicação e controle (link C2) do drone.
- 8) Energia a laser: feixe de laser capaz de danificar estruturalmente o drone.
- 9) Ofuscador de Sinal: feixe de luz ou laser que anula a visualização da câmera do drone.

3. Componentes do Sistema de Contenção de Drones:



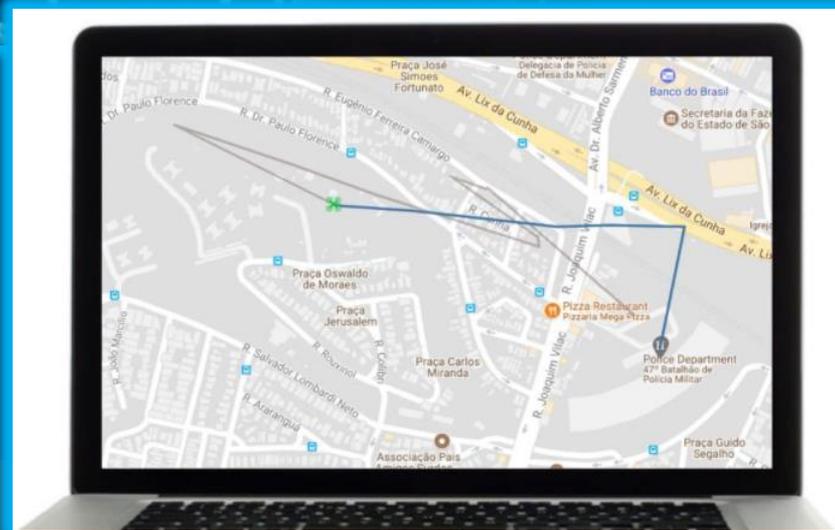
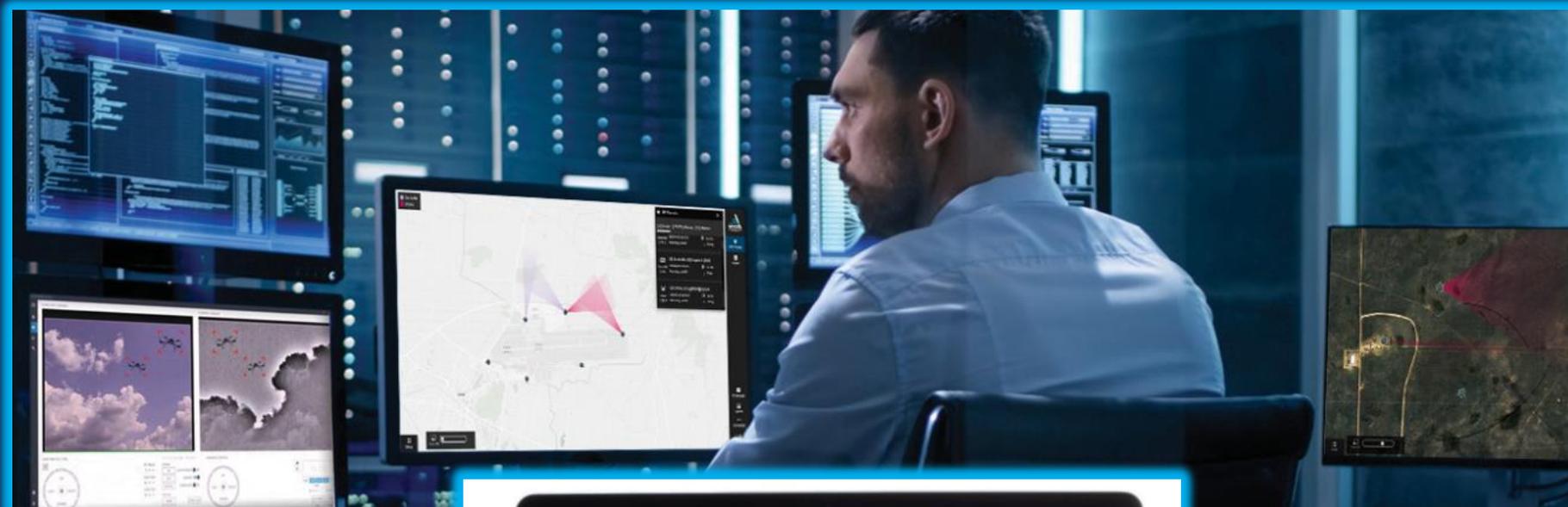
10) Identificador de Drone:



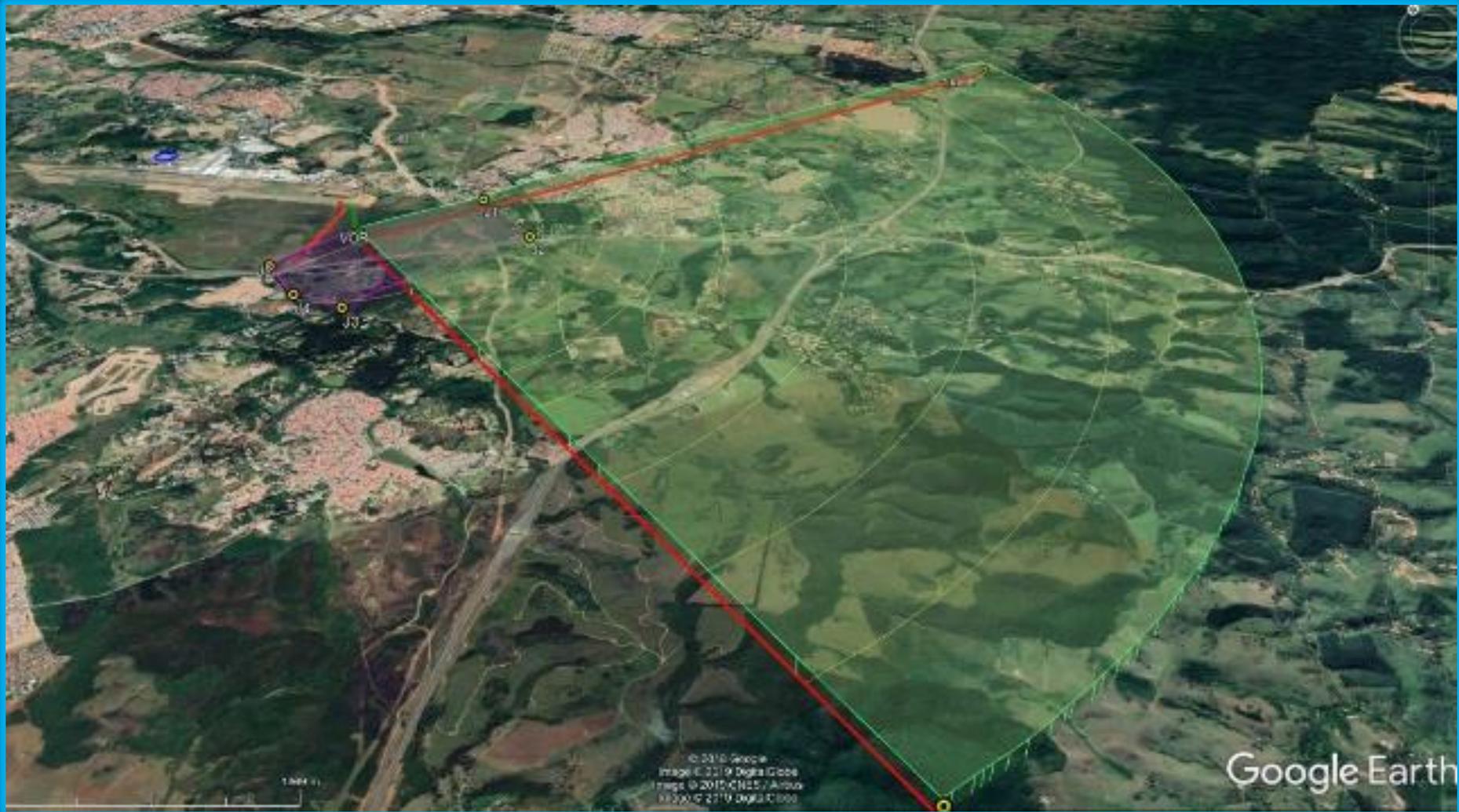
3. Componentes do Sistema de Contenção de Drones:



11) Comando e Controle:



4. Resultado dos Testes em São José dos Campos;



4. Resultado dos Testes em São José dos Campos;



4. Resultado dos Testes em São José dos Campos;



1. RF (Rádio Frequência)

- a) Os equipamentos de RF (Rádio Frequência) várias vezes não detectaram a posição exata do drone. Geralmente apresentaram somente o setor sem informação de lat/long e altitude.
- b) Os RF apresentaram alcance muito abaixo do teórico informado. Ex: teórico 2km, teste 300m.
- c) Não identificaram drones “experimentais”.
- d) Ocorreu muita perda de detecção.

4. Resultado dos Testes em São José dos Campos;



2. EO (Eletro-Óptico)

- a) O acompanhamento dos drones não ocorreu em um raio menor que 300m da antena devido à velocidade vertical do alvo.
- b) A limitação de alcance das câmeras dificulta o acompanhamento por meio do EO com o aumento da distância dos alvos.
- c) Demonstrou ser eficiente e preciso, mas necessita de operar integrado ao RF e funcionar automaticamente.

4. Resultado dos Testes em São José dos Campos;



3. RADAR

- a) Detectou grande quantidade de alvos falsos (como aves e carros em deslocamento na rodovia próxima do aeroporto).
- b) Necessita de um EO, RF, Sensor acústico ou similar com biblioteca de dados integrada e operando automaticamente em caso de ocorrência de muitos alvos.
- c) Limitação técnica não permitiu detectar alvos com distância da antena inferior a 100m.

4. Resultado dos Testes em São José dos Campos;



3. RADAR

- d) Não foi observado detecção de deslocamento vertical e radial (perdeu a detecção no movimento).
- e) O terreno gerou muito retorno do solo (*clutter*).
- f) Houve muita perda de detecção.
- g) Não detectou drones muito pequenos como o Mavic Mini nem mesmo próximo da antena.

4. Resultado dos Testes em São José dos Campos;



5. Comando e Controle

- a) Todos os sensores do sistema devem estar integrados para a eficácia da operação na ocorrência de muitos alvos.
- b) Foi muito eficiente na detecção, mas deficiente na identificação.

4. Resultado dos Testes em São José dos Campos;



Observação: Foi observado deficiências do sistema em função de instalação em posição inadequada.

5. Resultado dos Testes no Santos Dumont - RJ;



5. Resultado dos Testes no Santos Dumont - RJ;



5. Resultado dos Testes no Santos Dumont -



5. Resultado dos Testes no Santos Dumont - RJ;





5. Resultado dos Testes no Santos Dumont - RJ;

1. RF (Rádio Frequência) - Goniômetro

- a) Os equipamentos de RF (Rádio Frequência) não detectaram os drones, pois estavam sofrendo muita interferência do reflexo dos obstáculos (edifício e montanhas) e do mar, segundo informação do técnico.
- b) Depois de alguns ajustes e calibração, foi colocado um filtro nas antenas para evitar a captação de sinais de interferência. As antenas não detectaram os drones porque o filtro impediu, segundo informação do técnico.

5. Resultado dos Testes no Santos Dumont - RJ;

2. Jammer ou Bloqueador:

Foi realizado um voo com aeronave do GEIV (Grupo Especial de Inspeção em Voo) para análise de impacto do bloqueador de sinal GNSS.



5. Resultado dos Testes no Santos Dumont - RJ;



2. Jammer ou Bloqueador:

O GEIV perdeu sinal de GNSS ao decolar até aproximadamente 10NM (18,52Km) do aeroporto, sendo que a informação da empresa era que o alcance era próximo de 5km. O sinal foi bloqueado até perto do FL080 (2133,6m).

5. Resultado dos Testes no Santos Dumont - RJ;



2. Jammer ou Bloqueador:

Quando todos os canais do jammer foram acionados, percebeu interferência e perda de sinal da rede móvel de telefonia celular.

Bloqueador SCE 100:

433 – 470 MHz (potência de saída: 100W);

902 – 928 MHz (potência de saída: 50W);

GPS L1 -1575,42 MHz, banda 1565 a 1585 MHz (potência de saída: 10W);

2400 – 2500 MHz (potência de saída: 50W);

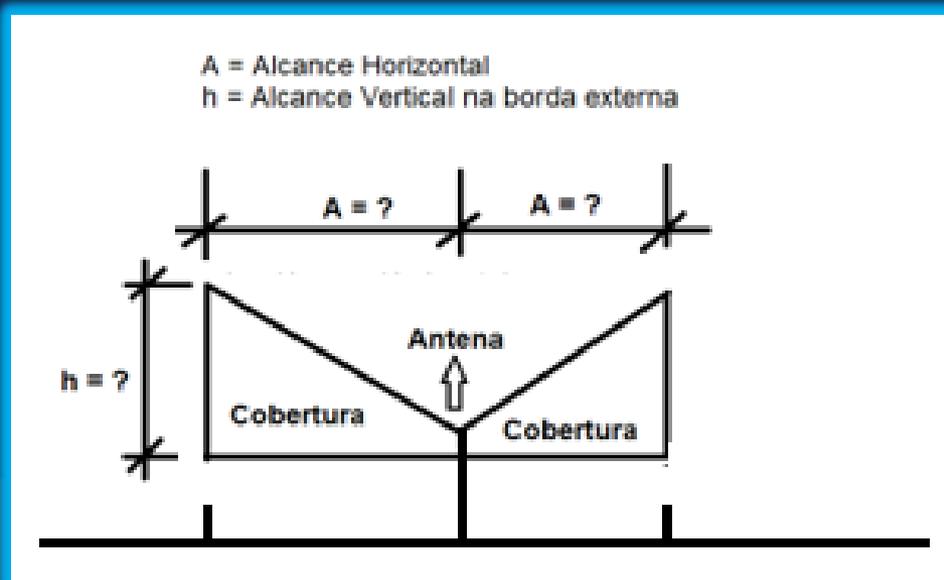
5700 – 5900 MHz (potência de saída: 15W).

6. Conclusão

- O DECEA continua avaliando testes executados pelas indústrias de C-UAS;
- Ainda não foi encontrado um sistema eficaz;
- Necessário legislação que ampare abatimento de drone;
- Impacto do bloqueador na rede de telefonia, navegadores GPS e nos procedimentos RNAV;
- Necessário definição de área limite de atuação do bloqueador;

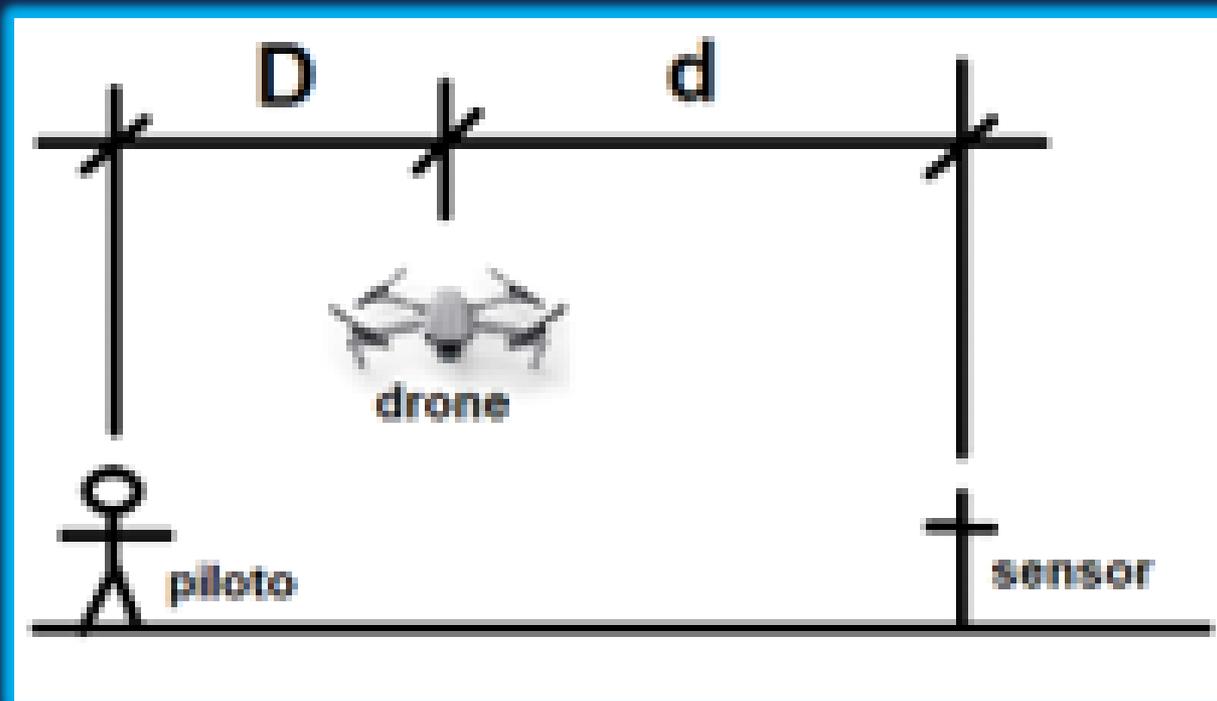
6. Conclusão

- Necessário definição de combate ao drone “experimental”;
- Resolver eficácia independente do tamanho, peso ou fabricante do drone;
- Resolver problema de alvos falsos;
- Cobertura de 100% da área a ser protegida;



6. Conclusão

- Resolver problema da eficácia do bloqueador em função da relação da distância drone-piloto x drone-bloqueador.



- 1. Apresentação;**
- 2. Fases do Sistema de Contenção de Drones;**
- 3. Componentes do Sistema de Contenção de Drones;**
- 4. Resultado dos Testes em São José dos Campos;**
- 5. Resultado dos Testes no Santos Dumont - RJ;**
- 6. Conclusão.**

Objetivo:



**Apresentar os Estudos Realizados pelo DECEA
sobre C-UAS.**





Muito Obrigado!!

Palestrante: Cap Esp CTA Emerson Augusto MIRANDA
Adjunto da Seção de Planejamento de Sistema de Aeronave Não Tripulada
Departamento de Controle do Espaço Aéreo
(21) 2101-6590 / (21) 98183-5572
mirandaeam@decea.gov.br