



A Experiência do Instituto Tecnológico de Aeronáutica em Simulação Integrada dentro da Força Aérea Brasileira

Cel Av R/1 Henrique Costa MARQUES



ITA

- Fundação em 16/01/1950.
- Formação em Graduação desde 1950
 - 6.466 alunos formados
- Formação em Pós-Graduação desde 1963
 - 6.134 total
 - Mestrado: 2.905
 - Doutorado: 724
 - Mestrado Profissional: 1.177
 - PG Lato Sensu: 1.328

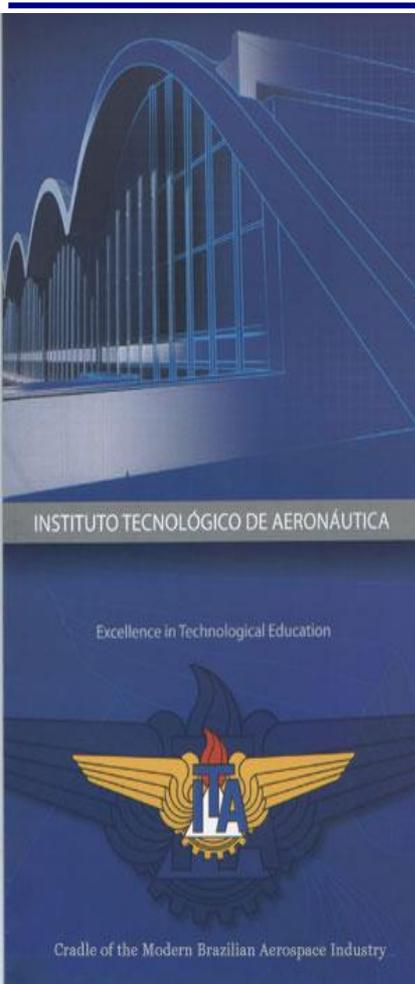


ITA

- **Graduação em Engenharias:**
 - Aeronáutica; Aeroespacial; Eletrônica; Computação; Mecânica; e Infraestrutura Aeronáutica
- **Programas de Pós-Graduação:**
 - **Stricto Sensu** – Engenharia Aeronáutica-Mecânica (PG-EAM); Física (PG-FIS); Engenharia Eletrônica e Computação (PG-EEC); Ciências e Tecnologias Espaciais (PG-CTE); Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica (PG-EIA); Pesquisa Operacional (PPG-PO); e Aplicações Operacionais (PPGAO)
 - **Lato-Sensu** – Análise de Ambientes Eletromagnéticos (CEAAE); Armamento Aéreo (CAA); e Análise Operacional (CEAO)



Histórico



Experiência do ITA em Simulação Integrada

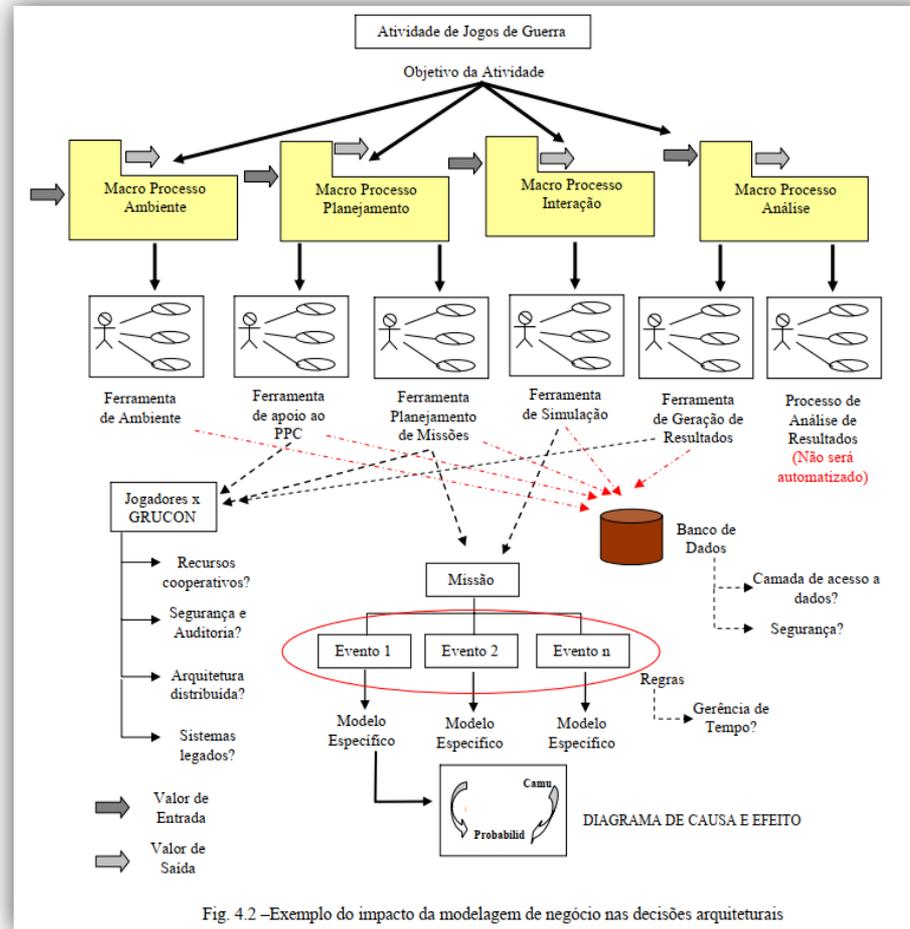
2002 - Mestrado – CP Diógenes – Simulação de Embate ANV vs Sistema de Defesa Aérea



SEAxM - Simulação de Embate Aeronave versus Missil - v beta 30b



2005 – Mestrado – TC Jacintho – Desenvolvimento de Sistemas de Jogos de Guerra na FAB



2007 – Mestrado – MJ Marques - Ambiente de simulação Virtual Distribuída

- HLA
- Análise dos pacotes VT-MÄK VR-Forces e Multigen Stage (simulação construtiva)
- Uso do pacote *opensource* Delta 3D para implementação da engine de simulação de voo



Janela do Federado2

SimTime: 164.18

Num Msgs: 22614

Heading: 0° Pitch: 0° Roll: 0°
Altitude: 2298 fts Speed: 148 Kts

Last Msg: Actor Updated

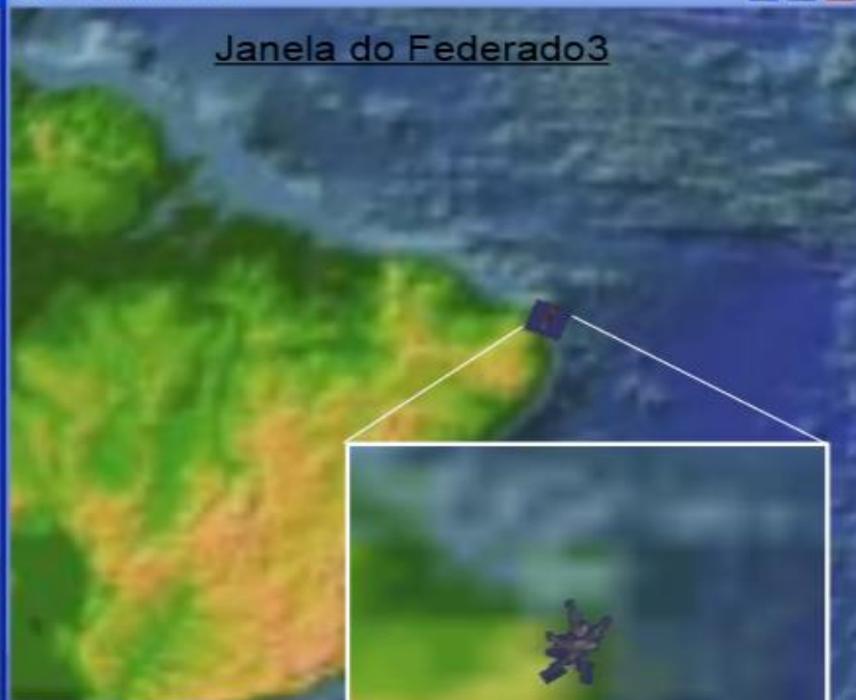
Federado2



Federado1



Janela do Federado3



Aeronaves

Janela do Federado1

SimTime: 162.32

Num Msgs: 22580

Heading: 0° Pitch: 0° Roll: 0°
Altitude: 2300 fts Speed: 148 Kts

Last Msg: Actor Updated

Federado1



Federado2



Atalho para rtiexec

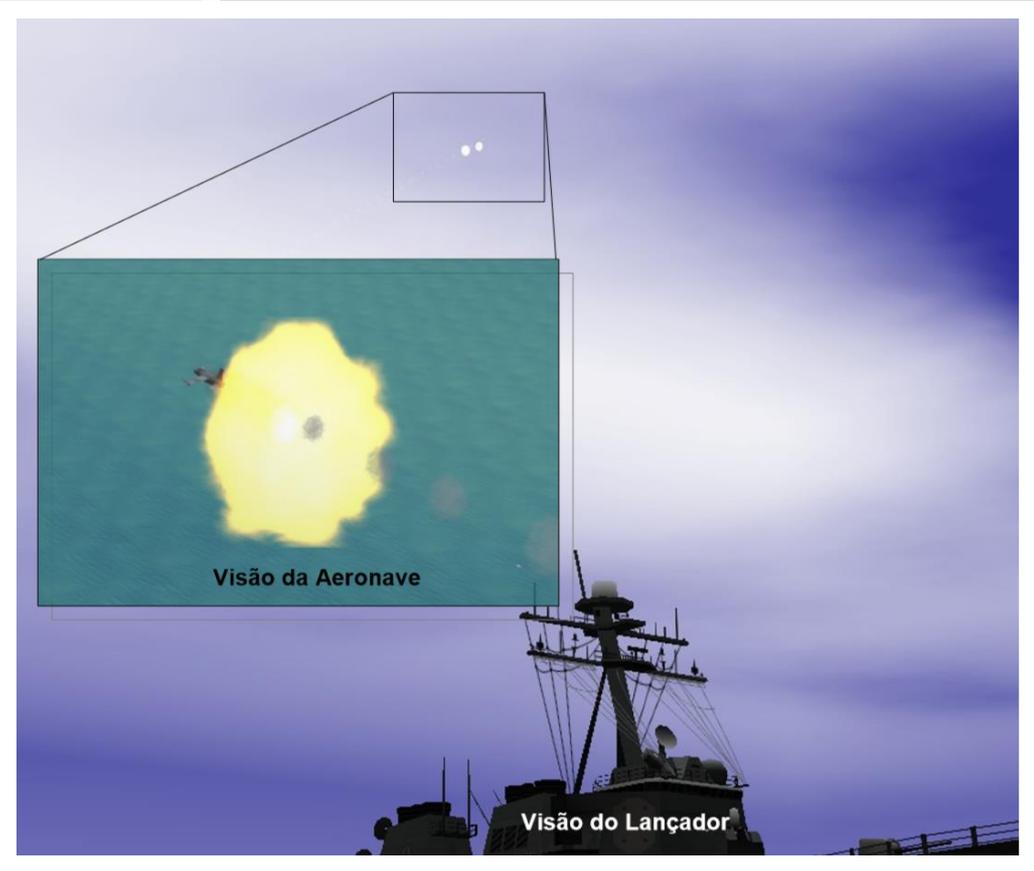
```

was designed to improve usability and add the ability to be run
at multiple locations. Please consult the RTI Installation Guide
for further information concerning the RTI Console application.

Hit Ctrl-C to make rtiexec exit

Advertising launcher as RtiLauncher;192.168.0.123;
rtiexec, process id = 3224, endpoint = 192.168.0.123:1372,
multicast discovery endpoint = 224.9.9.2:22605, initialization complete.
"C:\Userstore\rti1.3ngv6\rtimg\rti\launch\src\RtiLauncherDistributedObject_i.cpp
", line 59: Environment variable RTI_HOME has not been set.
federation ITA finished initialization with process id 896 and endpoint 192.168.
0.123:1394
Federate Aircraft is JOINING federation ITA at Mon Oct 02 18:54:08 2006
Federate Aircraft is JOINING federation ITA at Mon Oct 02 18:54:30 2006
Federate StealthViewer is JOINING federation ITA at Mon Oct 02 18:54:30 2006

```

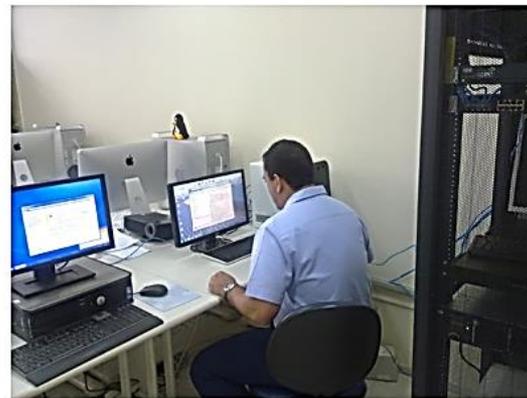


2010 – Construção do LAB-C2 do ITA - uso de simulação distribuída para cenários militares



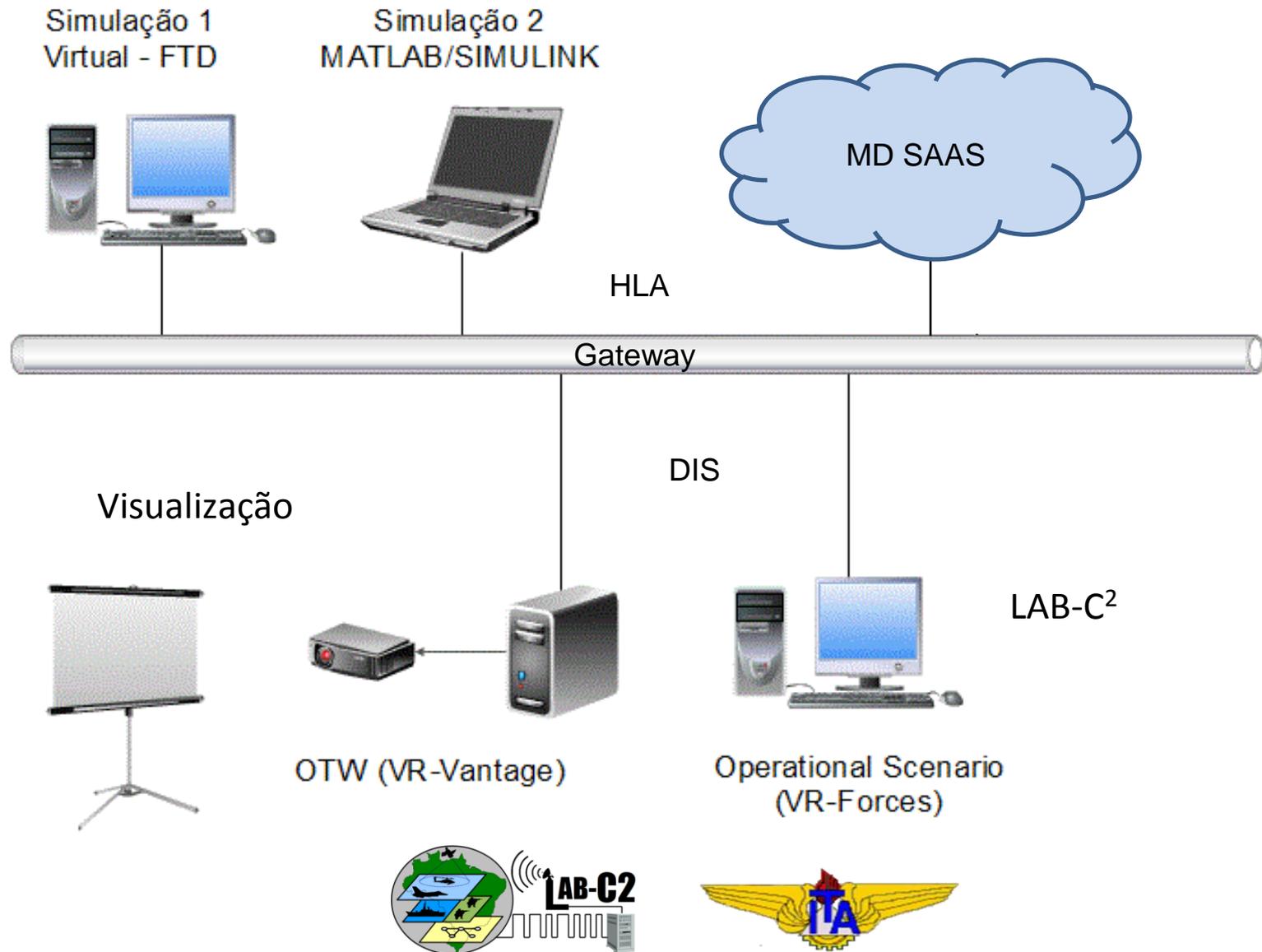
LABORATÓRIO DE COMANDO E CONTROLE DO ITA

O Laboratório de Comando e Controle (LAB-C²) do ITA foi fundado em dezembro de 2010 para dar suporte a pesquisas na área de Comando e Controle (C²) conduzidas por alunos de doutorado, mestrado ou graduação. Ele também tem a missão de apoiar a Força Aérea Brasileira e o Ministério da Defesa na experimentação e desenvolvimento de novas tecnologias na área de C². O laboratório fica localizado na sala 119 do prédio da computação e eletrônica do ITA.



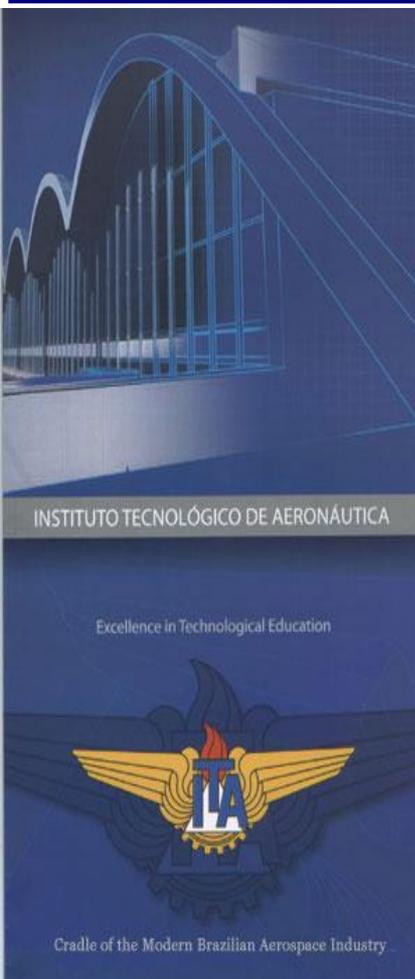
Instalações do Laboratório de Comando e Controle no ITA

Integração de Experimentos de Simulação



(2011 – 2013) – Cooperação ITA/GMU em Simulação Distribuída

- **Cooperação ITA/George Mason University (GMU)**
 - 03 Doutorados em C² utilizando VT MÄK VR-Forces - HLA – MÄK RTI
 - Infraestrutura duplicada nas duas universidades
 - Equipe ITA: Dr. Parente, TC Marques, MJ Barreto e MJ Bernardo
 - Equipe GMU: Dr. Paulo Costa, Dr. Mike Hieb



Projeto de Pesquisa de Simulação em C2 ITA/GMU



Fase 1

VT MÄK
VR-Forces

Consolidação do Setup 2011

Fase 2

2
Cenário I

2011/2012
Automação de Planejamento em Operação de Ajuda Humanitária

Fase 3

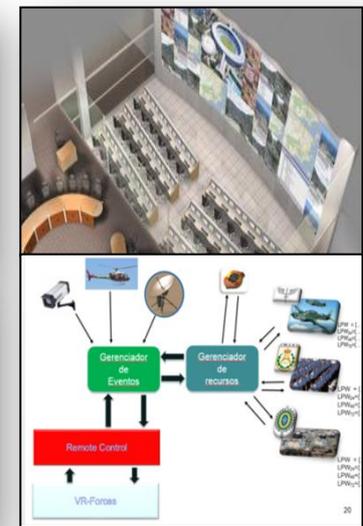
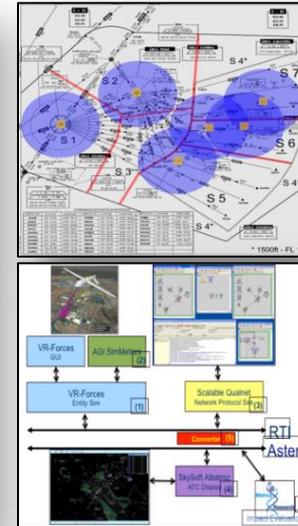
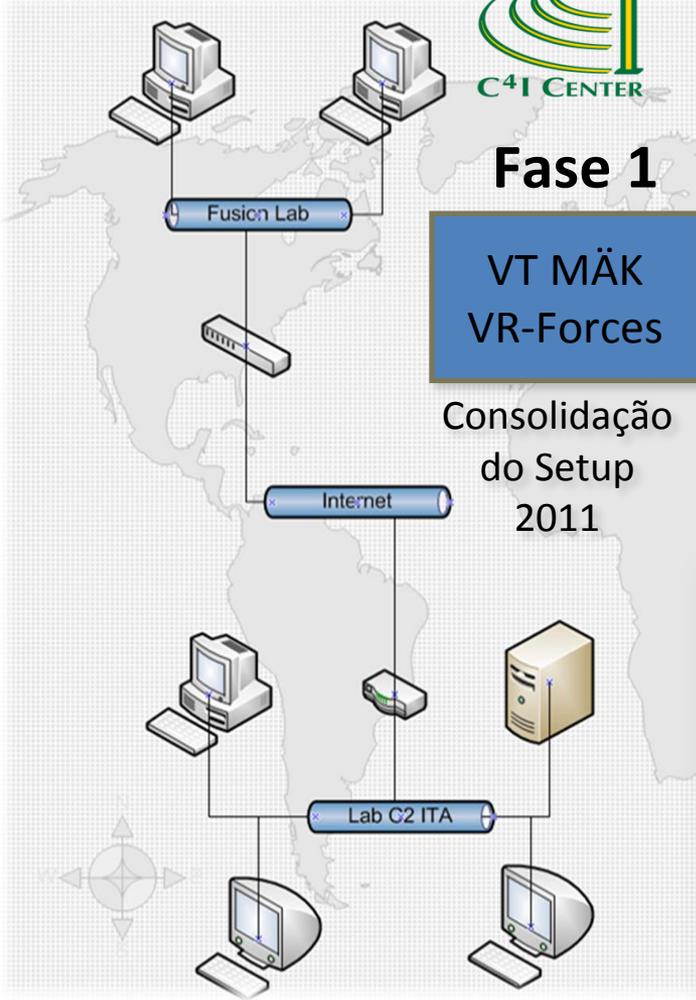
3
Cenário II

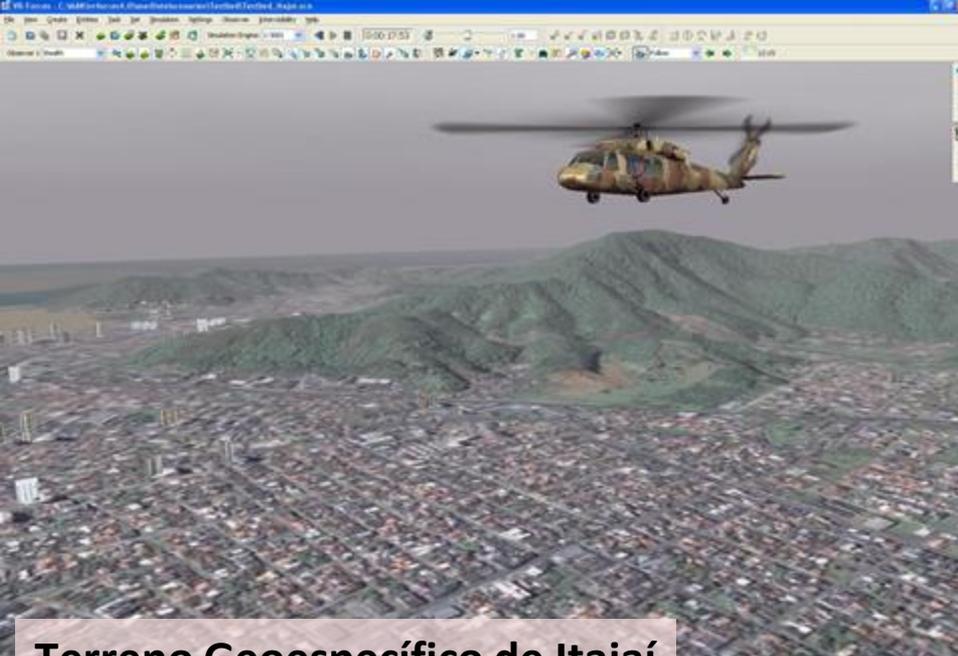
2012/2013
Análise de Efeitos de Ataque Cibernético

Fase 4

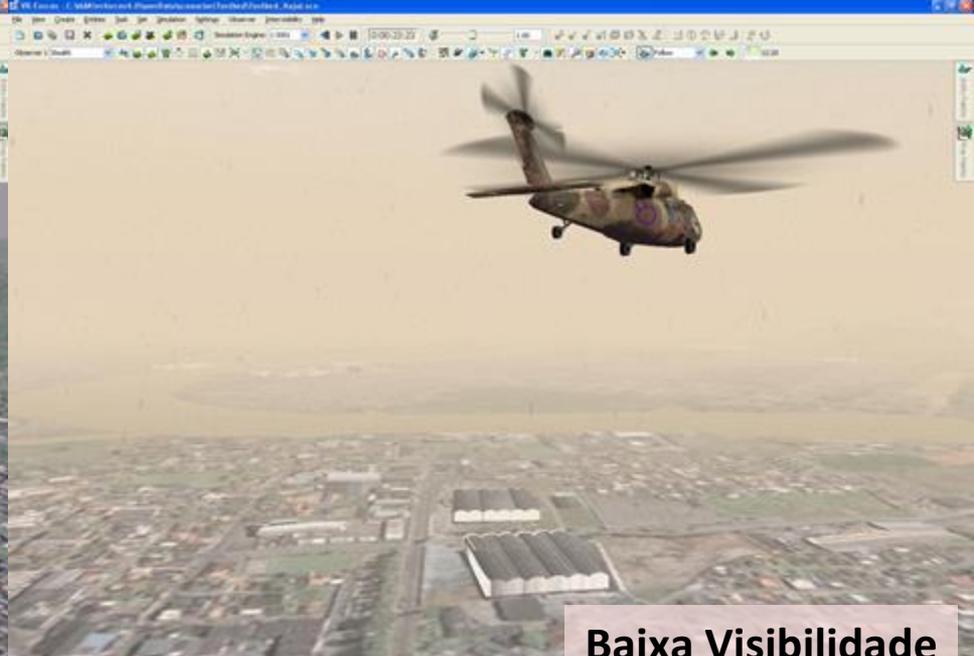
4
Cenário III

2013
Contratos eletrônicos para alocação dinâmica de recursos



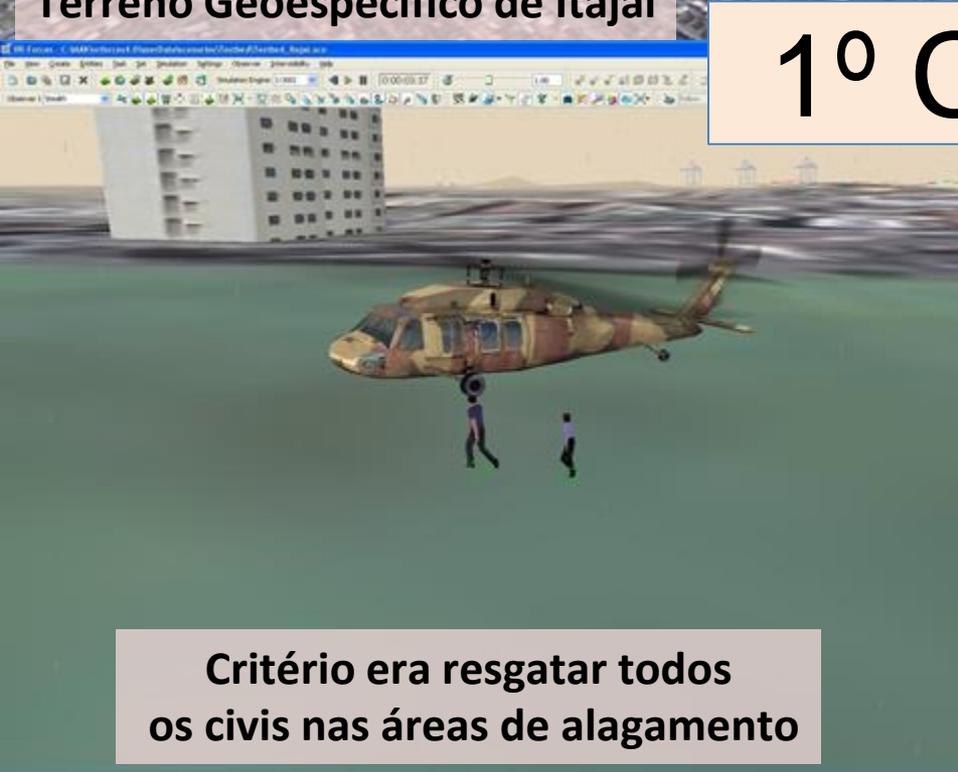


Terreno Geoespecífico de Itajaí



Baixa Visibilidade

1º Cenário

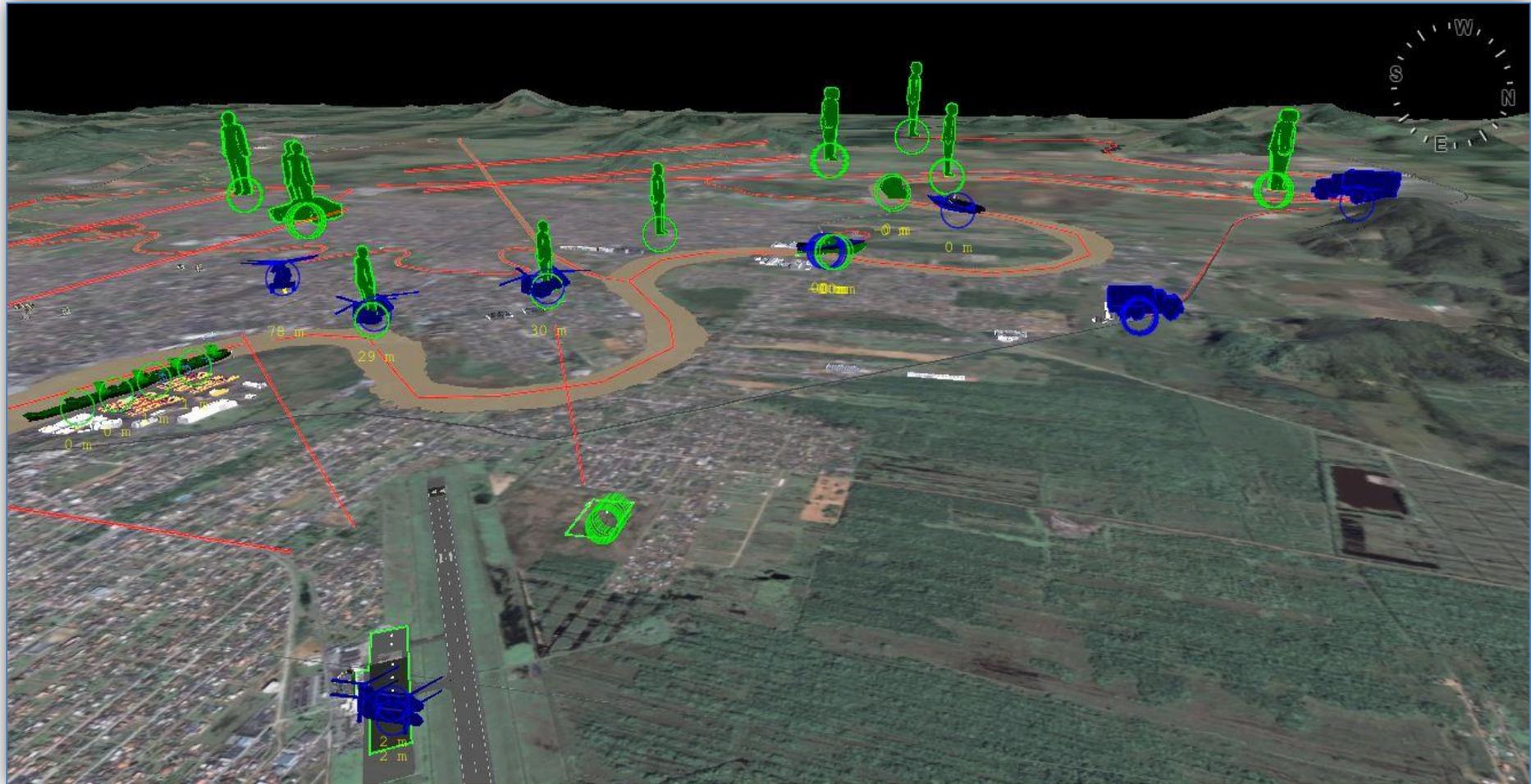


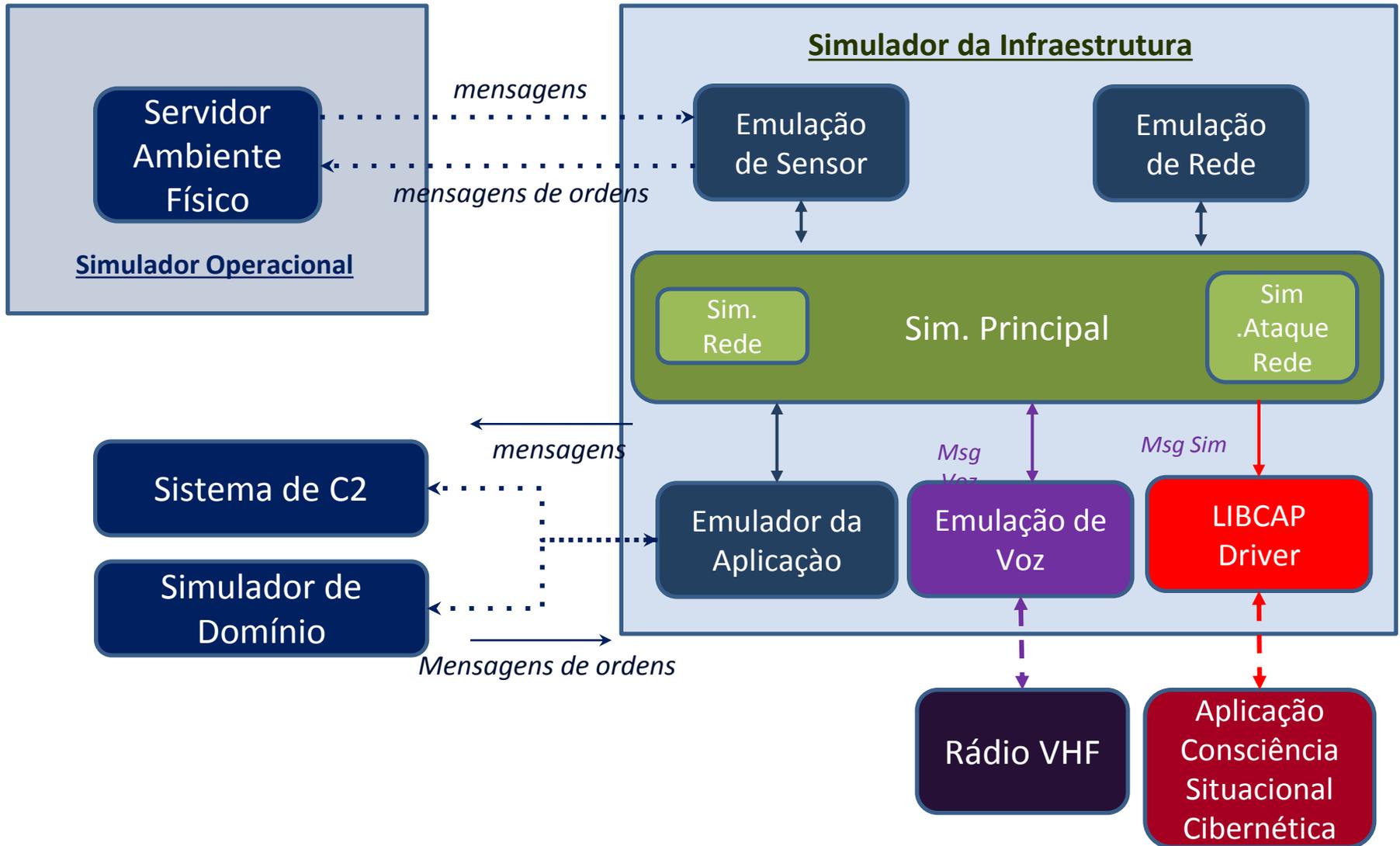
Critério era resgatar todos os civis nas áreas de alagamento

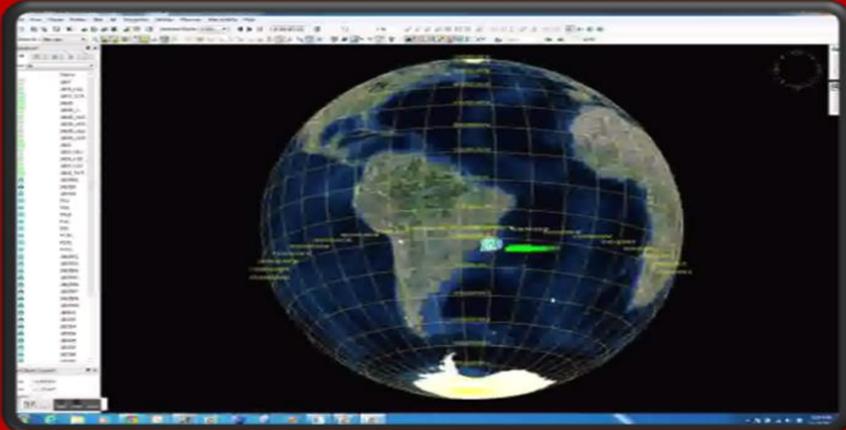


Aeroporto de Navegantes

- Federados divididos por domínio (terra, rio e ar);
- Missões planejadas sem coordenador central; e
- Utilizado planejador hierárquico para definição das ações.



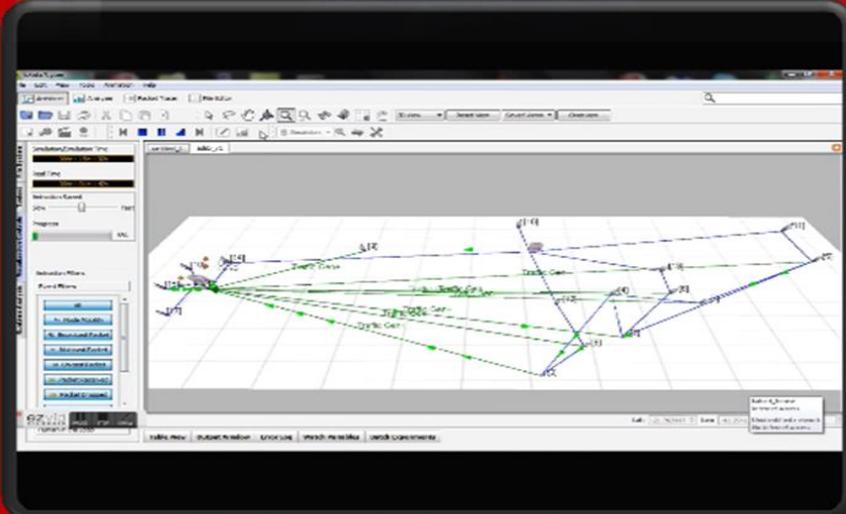




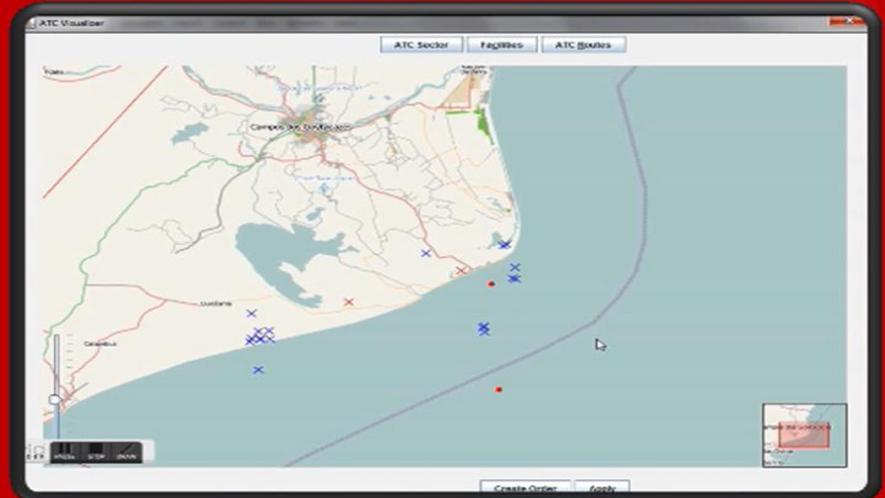
Visualização 2D



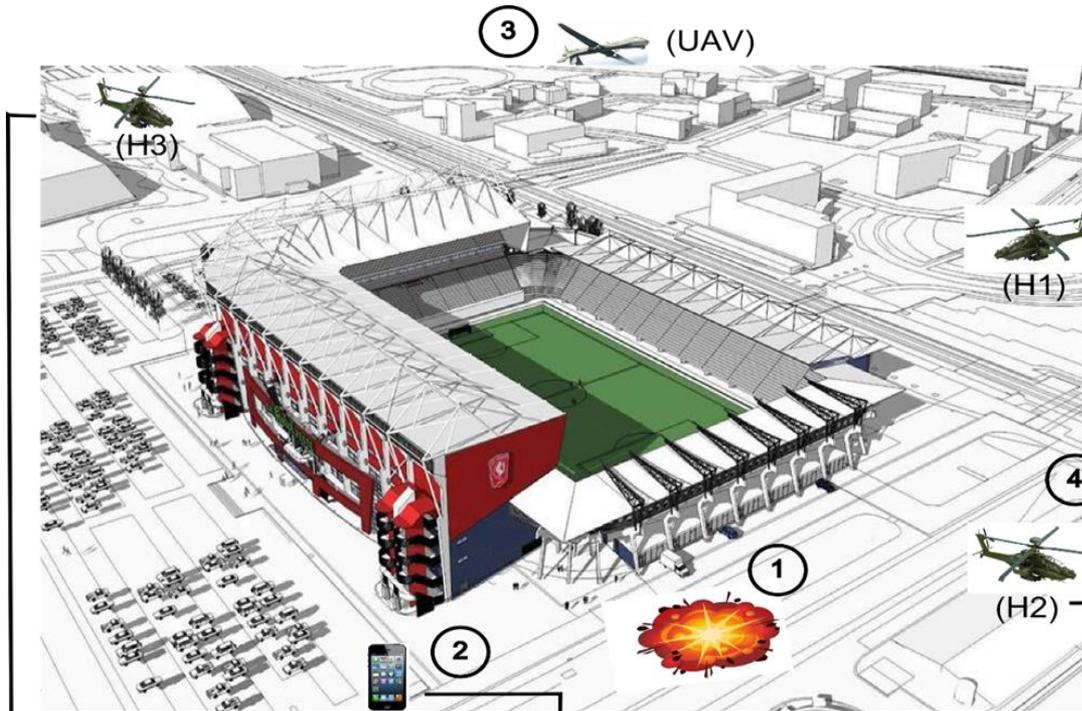
Visualização 3D



Visualização da Rede



Visualização do Tráfego Aéreo



```

<e-contract>
<id>5631</id>
<party_1>CICCRJ</party_1>
<party_2>BAF</party_2>
<description>
helicopters AH-64 operation Rio
</description>
<URI>http:192.168.0.1/Rio </URI>
<number>10</number>
<H1>7865</H1>
<1URI>http://192.168.0.1/H1</1URI>
<H2>7862</H2>
<2URI>http://192.168.0.1/H2</2URI>
<H3>7852</H3>
<3URI>http://192.168.0.1/H3</3URI>
</e-contract>
    
```

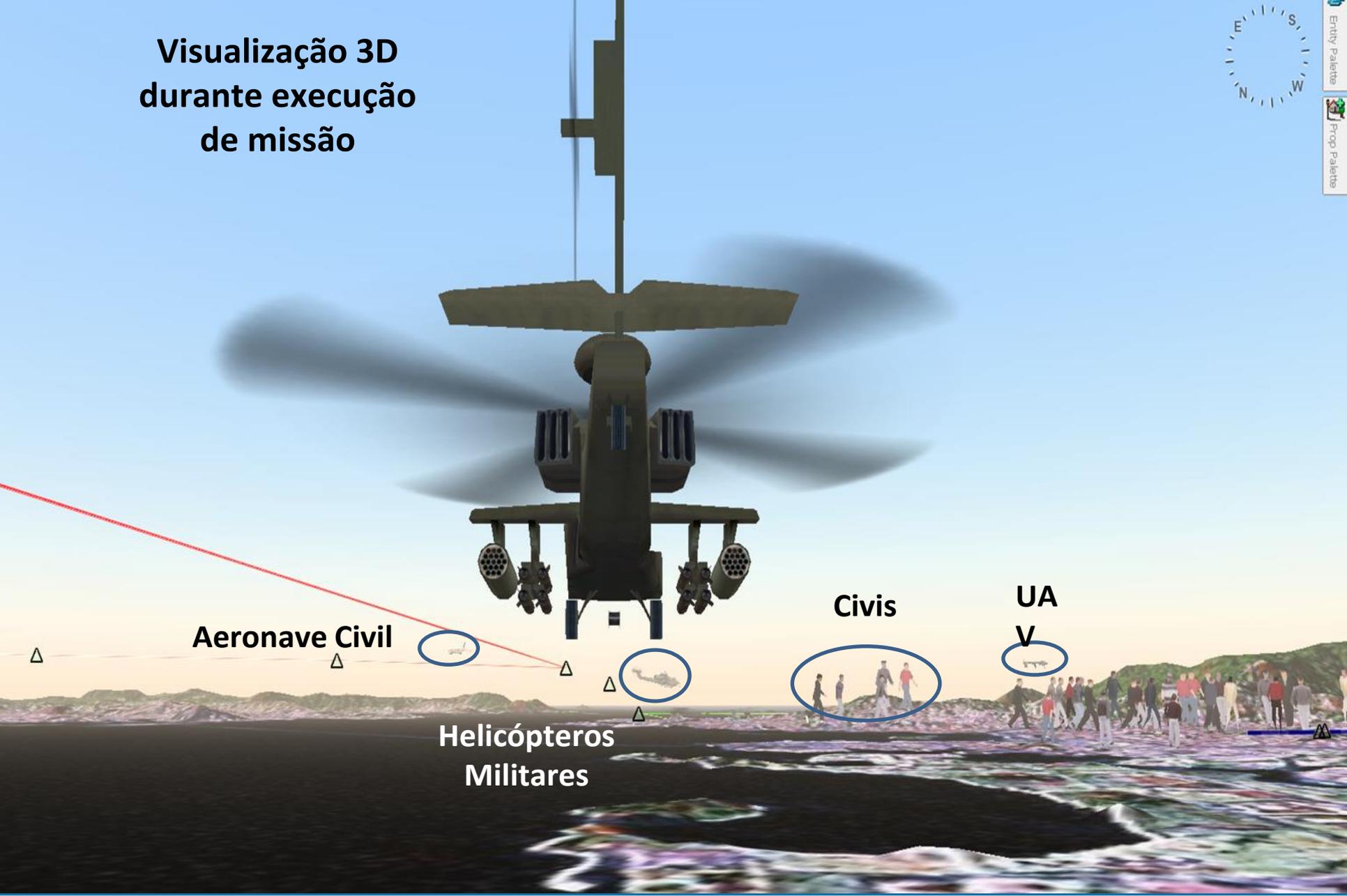
GET(<http://192.168.0.1/H3>)
 response:
 Owner: **BAF**
 Order : **34**
 Speed: **140 O_x, 10 O_y .5 O_z**
 Altitude: **120**
 Autonomy: **2.5**
 E-contract: **5631**

POST(<http://192.168.0.1/EVENT>)
 parametes
 Latitude: **38.8060**
 Longitude: **-77.3001**
 Type: **Bomb Blast**

GET(<http://192.168.0.1/H2>)
 response:
 Owner: **BAF**
 Order : **31**
 Speed: **3.5 O_x, 2 O_y .15 O_z**
 Altitude: **240**
 Autonomy: **1.5**
 E-contract: **5631**



Visualização 3D durante execução de missão



Aeronave Civil

Civis

UA
V

Helicópteros
Militares

Histórico

- 2012 – 2014 - Participação em comitê para análise de Centro de Simulação para a FAB – Visita à I/ITSEC 2012 – TC Marques
- Atualização LAB-C2 com licenças de VR-Forces, STK e FLAMES para alunos de pós-graduação (versões autorizadas para uso acadêmico)

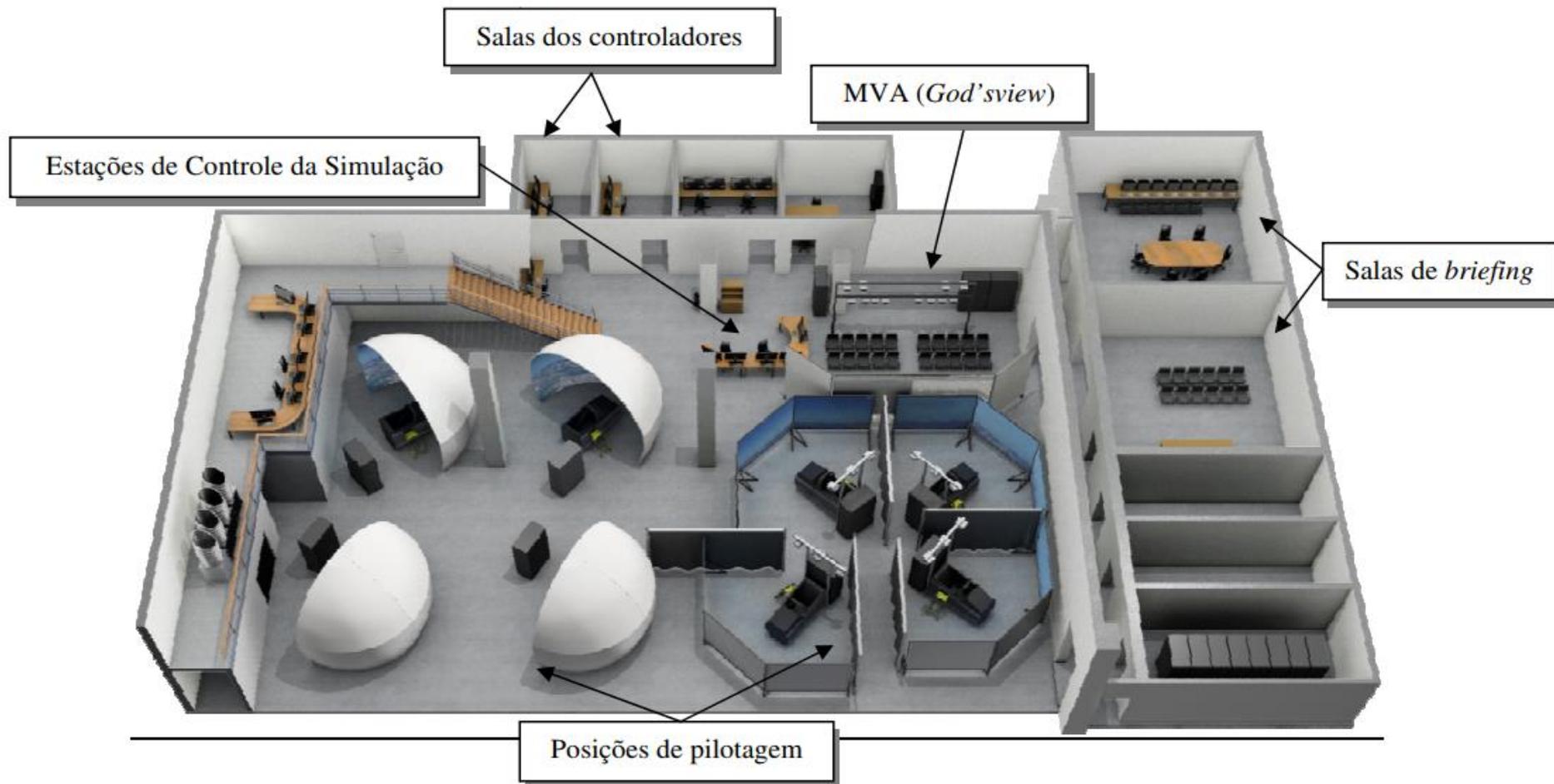


2014 – Visita FLSC (Suécia) - TC Marques



- Visita por solicitação do COMGAR juntamente com pilotos para análise do Centro de Simulação do FLSC
- Estavam utilizando Multigen Stage para simulação de comportamentos das entidades simuladas
- Visual definido pela plataforma Multigen Paradigm
- 04 sistemas em simulação de baixo custo e 04 sistemas representativos do Gripen com sistema de projeção em concha

Croqui do Simulador do FLSC



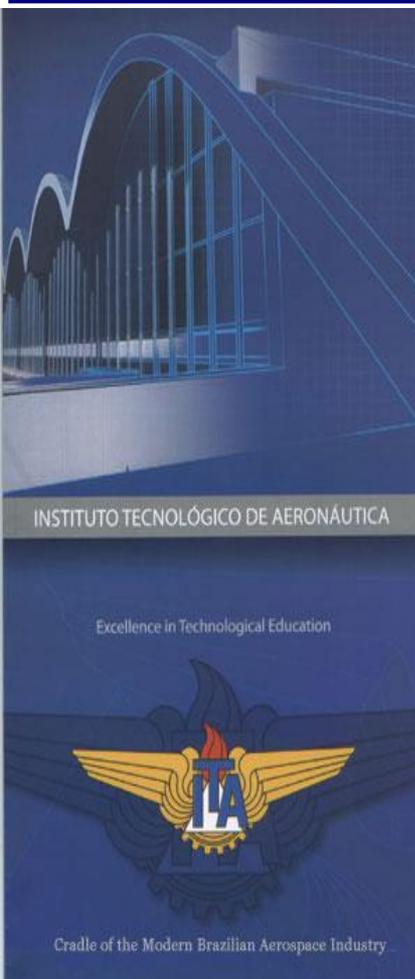
2014 – Visita FLSC (Suécia) - TC Marques

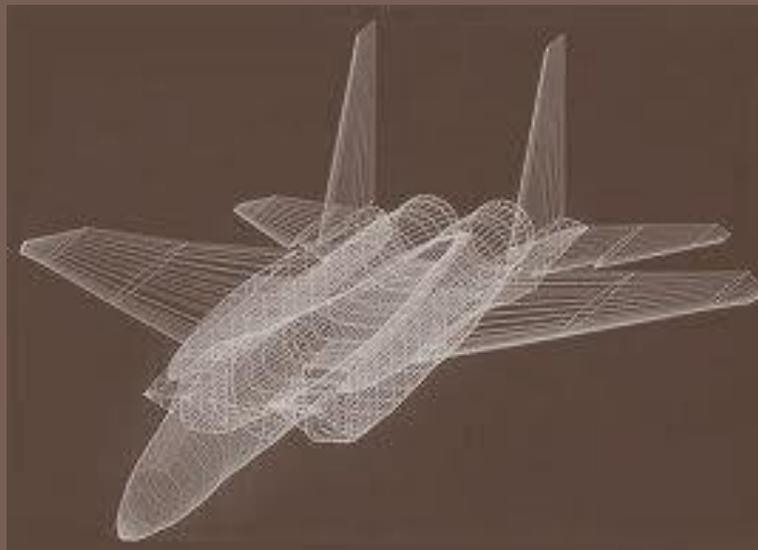


- Simulação do Guia Aéreo Avançado para coordenação de ataque ao solo
- Simulação de aeronaves de vigilância eletrônica/alocador de armas em voo
- Simulação com alocador de armas no solo
- Uso de datalink (entre aeronaves e ground link)
- Não usavam padrão de interoperabilidade até aquele momento. Realizaram um cenário conjunto usando HLA na I/ITSEC em 2016

Histórico

- 2014 – Definição de projeto conjunto com universidade sueca KTH – TC Marques e Dr. Peter Ögren (Behavior Trees)
 - Tema: Alas e Oponentes Virtuais
 - Objetivo: Desenvolver o comportamento das forças geradas por computador
 - Adoção do framework OpenEagles (atual MIXR)
 - Não executado por falta de financiamento





ARBAWING ALAS E Oponentes Virtuais

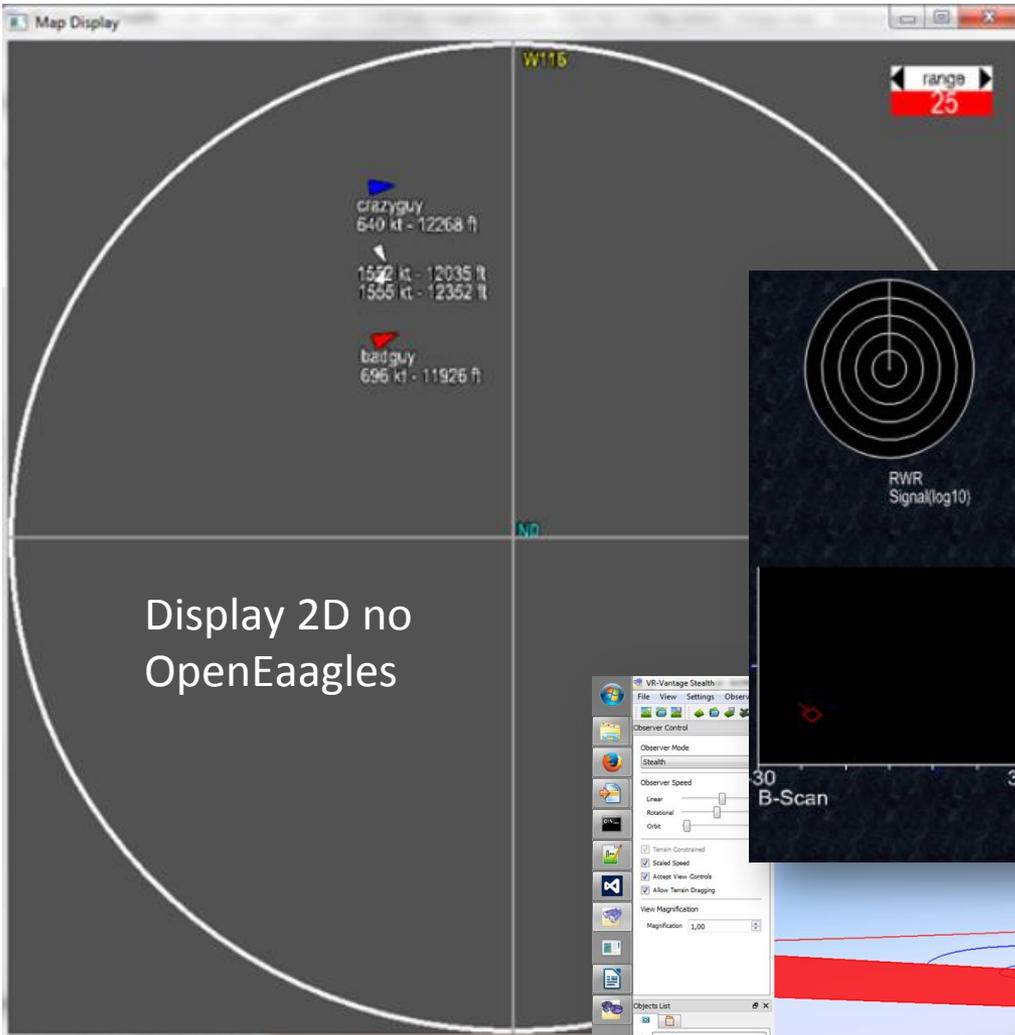
Petter Ögren petter@kth.se

Henrique Marques hmarques@ita.br

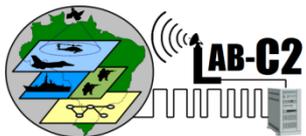
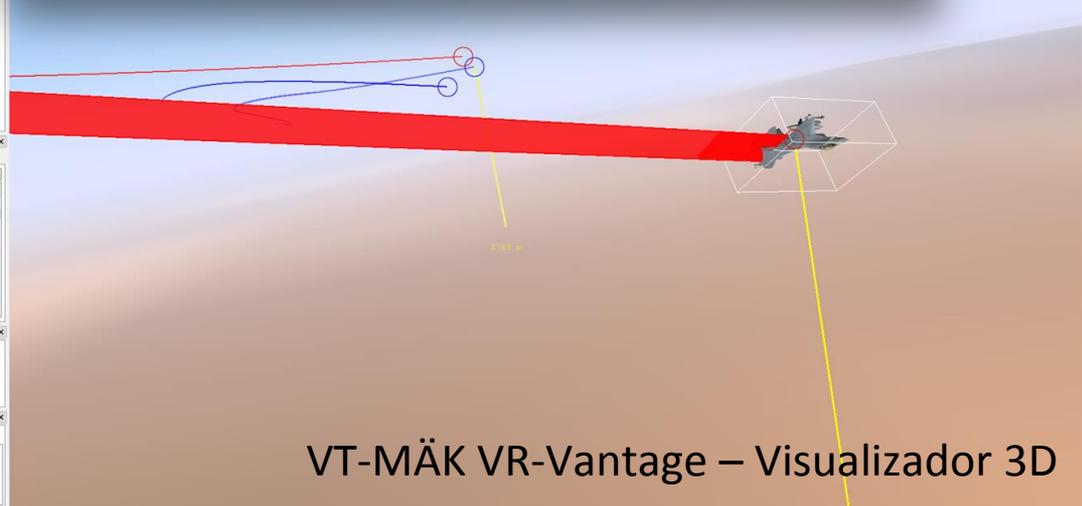
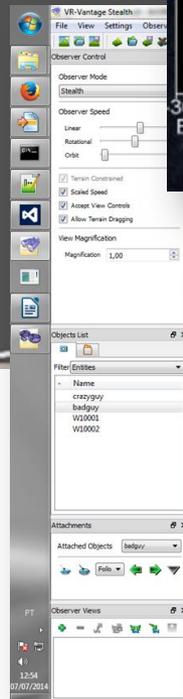
CISB



SAAB



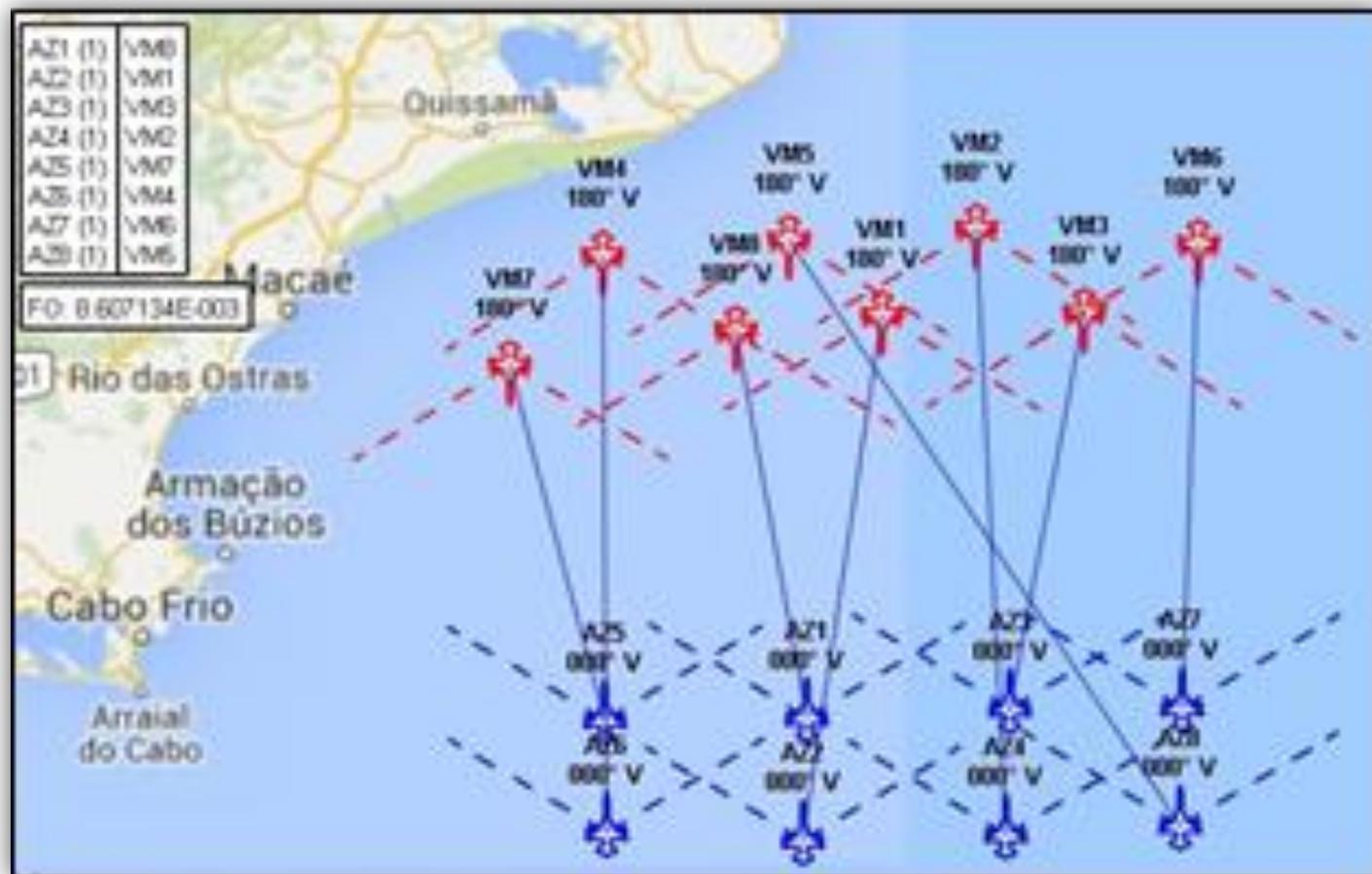
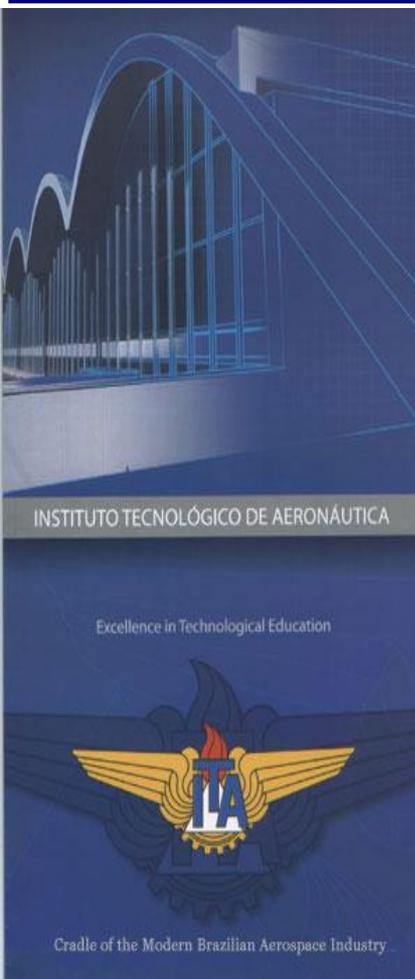
Instrumentos 2D
no
OpenEagles



Cronograma – Capacidade Progressiva

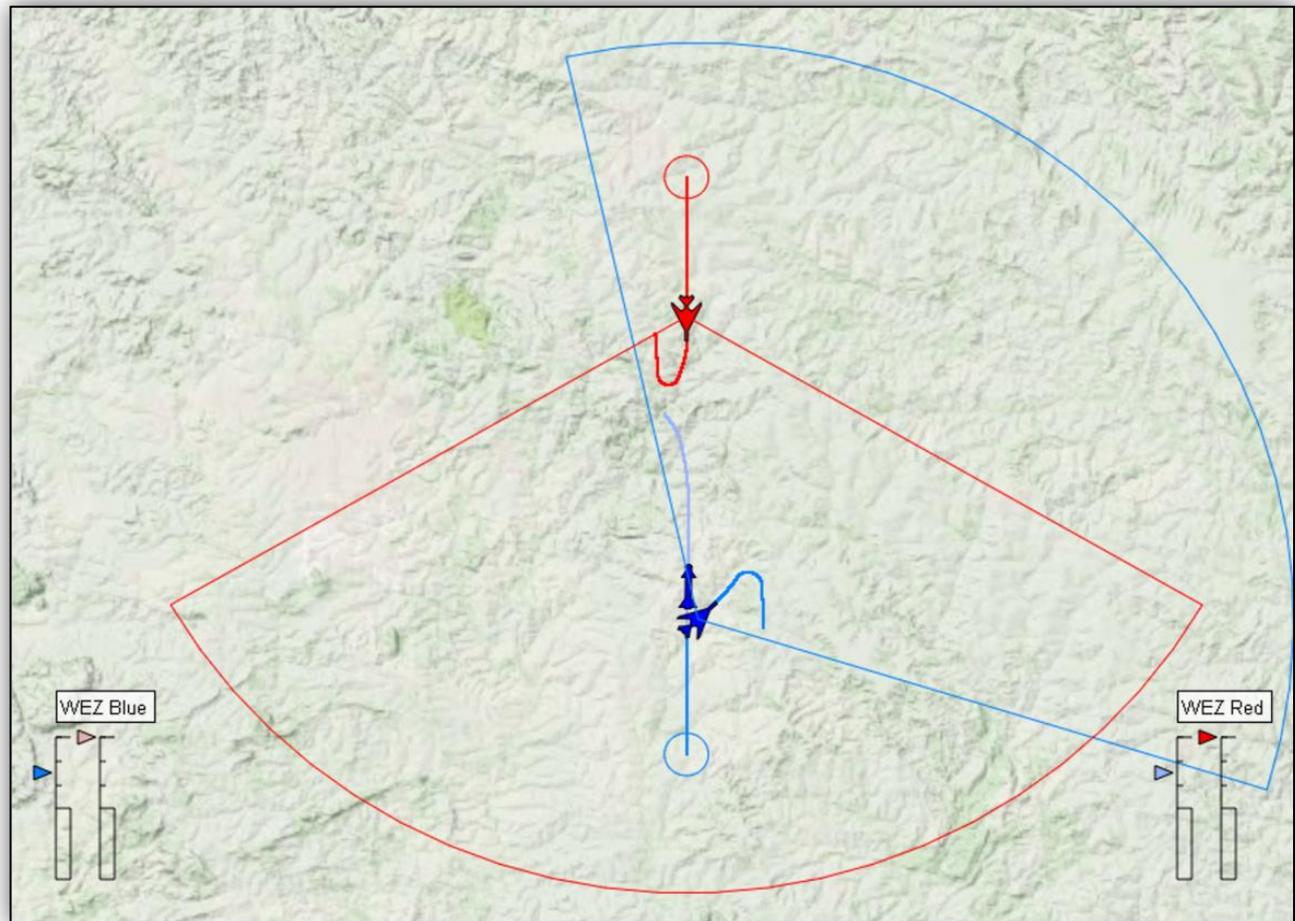
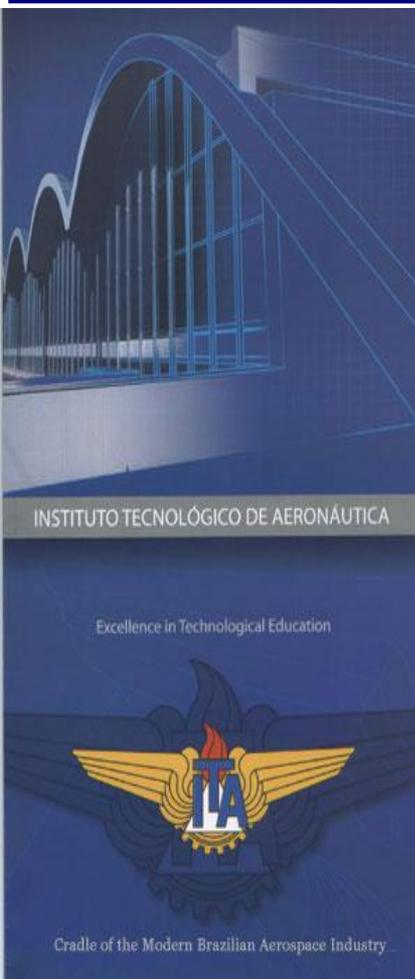
- Ano 1: Piloto Recruta
 - Reação Autônoma em combate BVR (além do alcance visual), 4 vs 4 (FSM)
- Ano 2: Piloto Normal
 - Adicionando a capacidade de planejamento à frente (10s) usando e.g. Monte Carlo Tree Search (MTSC) e Model Predictive Control (MPC)
 - Time Homem-Máquina (agente CGF como ala)
 - Comandante humano supervisiona combate 16 vs 16
- Ano 3: Piloto Experiente
 - Objetivos da missão influenciam as decisões de combate (aversão ao risco, não cedo lançar armamento...)
- Ano 4: Piloto Veterano
 - Adicionando capacidade de aprendizado usando e.g. resultados recentes em Behavior Tree (BT) learning

2017 – Mestrado - MJ Honório - Plugin para Combate BVR na ferramenta AEROGRAF



Alocação por heurística

2018 – Mestrado – 1T Dantas - Análise de Combate BVR na ferramenta AEROGRAF



Disparo do míssil da aeronave azul

Trabalhos Atuais

- **Manufatura Aditiva**
 - Uso de impressão 3D para construção de painéis de simuladores
- **Realidade Virtual**
 - Trabalhos sobre consciência situacional de pilotos, acompanhados por sensores, durante voos reais e simulados
- **Simuladores de Voo**
 - Construção e incorporação de simuladores com fins de engenharia (Ex. SIVOR, T-27, Super King Air e Sikorsky)



Trabalhos Atuais



- FTD da aeronave Sikorsky S76-C em implantação na Divisão de Engenharia Aeronáutica do ITA

Trabalhos Atuais



SIVOR Fase 1



SIVOR Fase 2

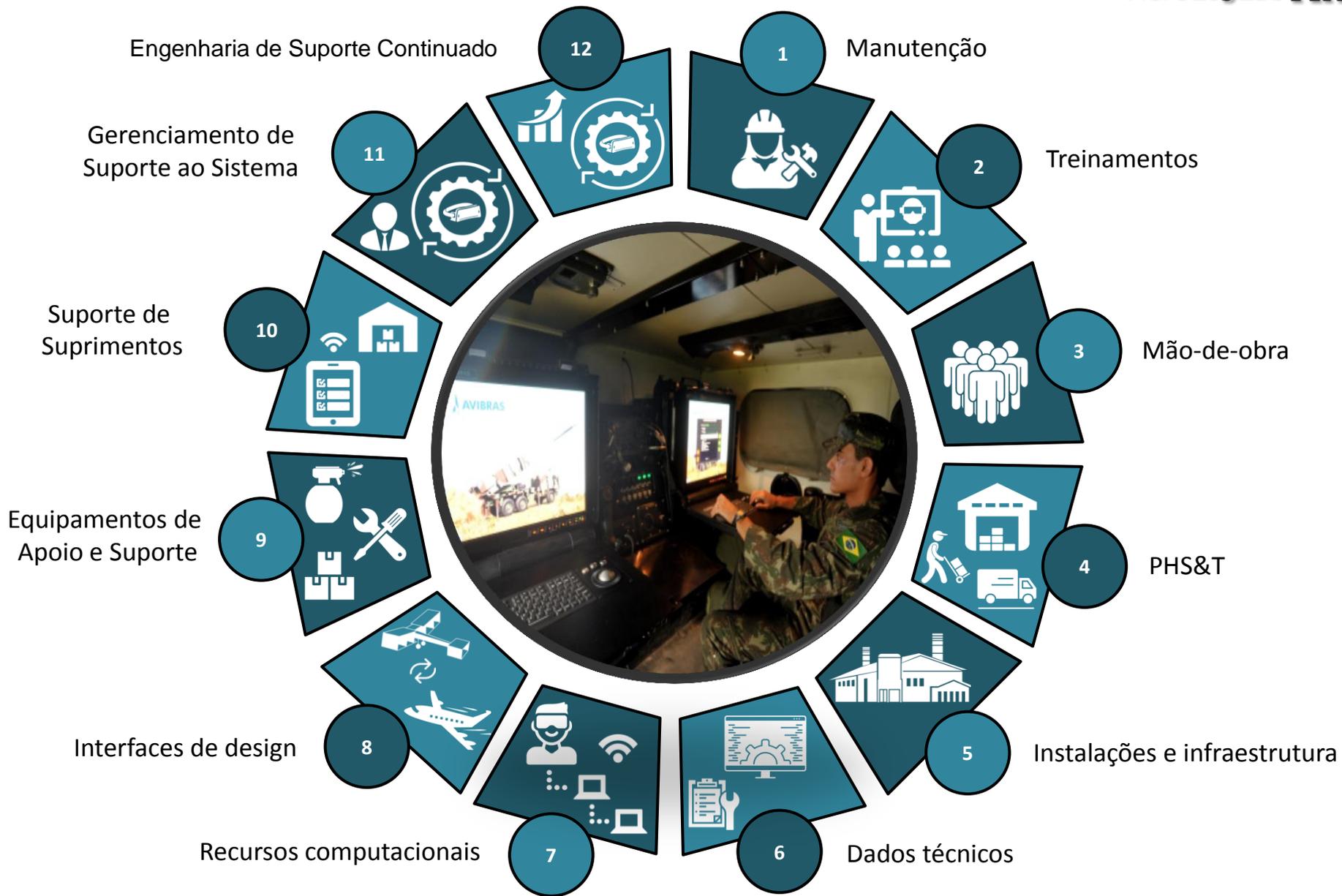
Suportabilidade

- **Suporte Logístico Integrado**

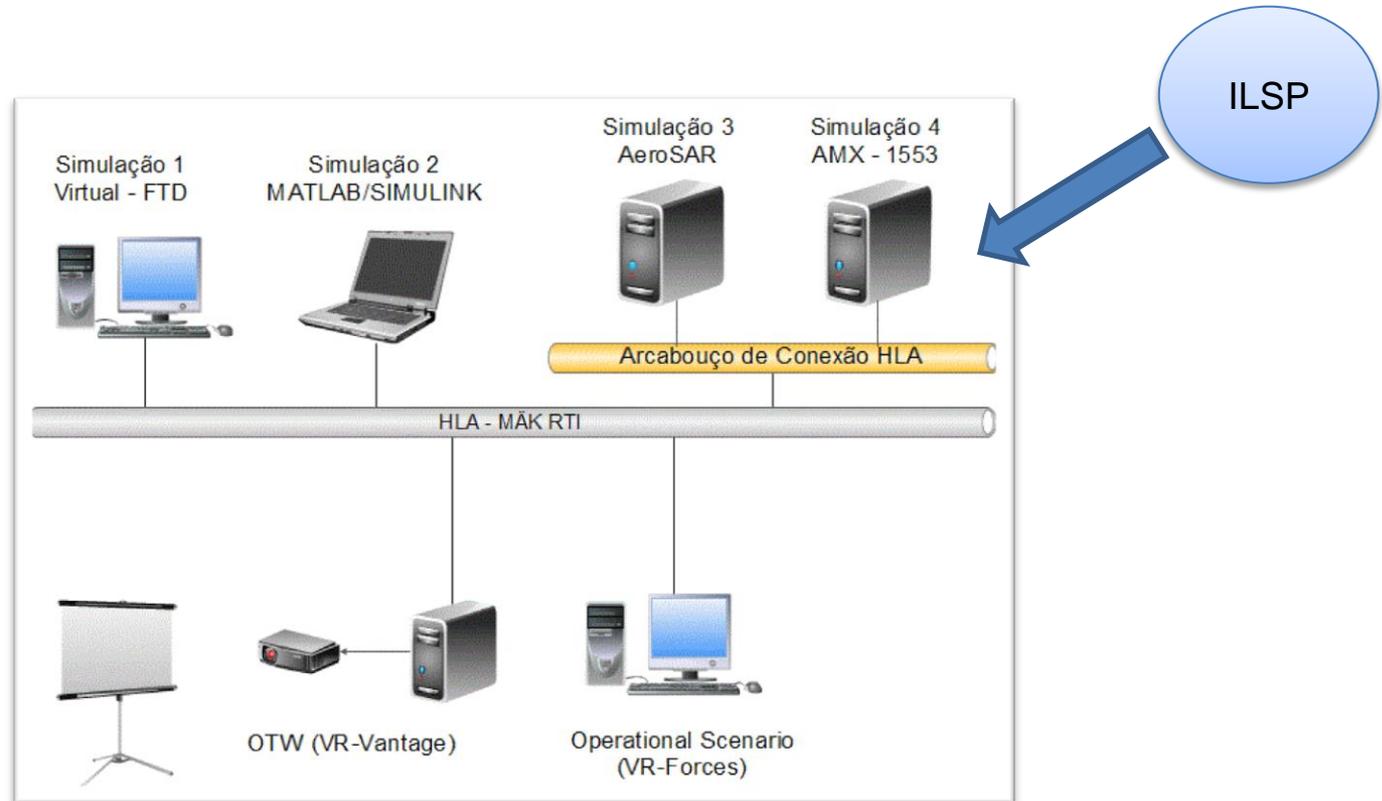
- Plano de suporte logístico integrado (ILSP) para suportar todo o ciclo de vida do sistema de simulação ou do sistema de sistemas
- Leva em conta 12 elementos que conjuntamente permitem estruturar uma solução de suporte desde a concepção até o descarte do sistema, objetivando garantir o funcionamento com o menor custo de ciclo de vida



Suporte Logístico Integrado



Suportabilidade



- Não basta adquirir os sistemas, é necessário planejar o suporte de toda a solução, se terceirizado ou internalizado

Lições Aprendidas

- **Interoperabilidade**
 - Use o protocolo de rede mais vantajoso para a sua aplicação
 - Use uma ferramenta de tradução para interoperar com outras simulações, como o VT-MÄK Vr-Exchange
 - HLA tem latência que impacta simulação de voo em tempo-real (DIS é melhor neste caso, mas ainda traz latência)
 - RTI da MÄK é mais rápida que a pRTI da PITCH



Lições Aprendidas

- **Interoperabilidade**
 - Simulações construtivas entre as forças devem fazer uso de controle do tempo na federação. Os requisitos de tempo de cada FA são muito diferentes em termos globais
 - Cenários conjuntos de pequeno tamanho e duração resultam em melhores resultados e percepção das ações de cada força para o resultado final



Lições Aprendidas

- **Interoperabilidade**

- Para o protocolo HLA, faz-se necessário definir um modelo de objetos de federação FOM e definir as mensagens obrigatórias para que novos simuladores adquiridos de empresas sejam conectáveis e tenham implementadas as ações esperadas
- A inexistência de um documento normativo impede que simuladores tenham seus comportamentos verificados e validados quando do recebimento do sistema. Ideal que houvesse este documento no nível da Defesa



Lições Aprendidas

- Suportabilidade

- Pouco ou nada existe em termos de ILSP para simuladores nas FA. Os contratos de CLS são feitos pelas empresas sem que as FA consigam opinar sobre a capacidade do suporte contratado
- A ausência do ILSP dificulta modernizações devido à obsolescência dos sistemas de suporte ou mesmo de *Line Replaceable Units* (LRUs) quando o Sistema simulado sofre modernização
- Ideal é que o simulador do Sistema esteja dentro do pacote de ILSP do Sistema simulado, fazendo parte dos recursos computacionais do Sistema e tendo o acompanhamento ao longo do seu ciclo de vida



Lições Aprendidas

- **Construção de cenários visuais**
 - Vale a pena investir em uma base única de modelos de terreno para impedir problemas de correlação nas simulações distribuídas, gerando visualizações diferentes para cada federado
 - As ferramentas de visualização 3D estão baratas e podem ser integradas facilmente nos frameworks já desenvolvidos pelas FA, via protocolo de simulação distribuído



Lições Aprendidas

- **Ferramentas de Simulação Construtiva**
 - Há várias no mercado e cada uma possui vantagens e desvantagens. É extremamente necessário que se faça um levantamento de requisitos para a adoção de uma nova ferramenta
 - Nenhuma das existentes possui uma modelagem de comportamento avançada, sendo necessário a integração com Inteligência Artificial
 - É importante desenvolver algoritmos de comportamento para cada tipo de entidade a ser simulada



Referências

1. Diógenes Lima Neto - SEAxM: Simulador de Embate Aeronave Versus Sistema de Defesa Aérea – Tese de Mestrado 2002
2. Jacintho Mendes Lopes Júnior – Uso do Processo Unificado para o Desenvolvimento de Sistemas de Jogos de Guerra na Força Aérea Brasileira – Tese de Mestrado 2005
3. Henrique Costa Marques – Ambiente Virtual Distribuído – Auxílio ao Desenvolvimento de Táticas da Aviação de Combate – Tese de Mestrado 2007
4. Henrique Costa Marques – An Inference Model with Probabilistic Ontologies to Support Automation in Effects-Based Operations Planning – Dissertação de Doutorado 2012
5. Alexandre de Barros Barreto – Cyber-Argus Framework – Measuring Cyber Impact on the Mission – Dissertação de Doutorado 2013
6. José Bernardo Neto – Automatic Configuration of Web Service Engines Based on Electronic Contract Lifecycle – Dissertação de Doutorado 2015
7. Leonardo Honório Macedo – Alocação Coordenada de Múltiplos Alvos Aéreos Utilizando Heurística Especializada – Tese de Mestrado 2017
8. João Paulo de Andrade Dantas – Apoio à Decisão para o Combate Aéreo Além do Alcance Visual: Uma Abordagem por Redes Neurais Artificiais – Tese de Mestrado 2018



Perguntas?



Conclusão

A experiência do ITA está baseada em trabalhos acadêmicos de interesse operacional. A maior contribuição do Instituto é a formação de quadros para a simulação militar. O diferencial estará na capacidade de reproduzir os comportamentos das entidades a serem observadas, bem como da suportabilidade das soluções adquiridas ou desenvolvidas.



VII Workshop do Sistema ASTROS

A Experiência do ITA em Simulação Integrada dentro da Força Aérea Brasileira



Cel Av R/1 Henrique Costa MARQUES