



UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AEROESPACIAIS

MATHEUS **BRAZIELLAS** SOUSA, MAJ QOAV

**Time Sensitive Targeting:**

Uma análise comparativa da capacidade da Força Aérea Brasileira em relação à Força Aérea dos Estados Unidos

Rio de Janeiro

2025

UNIVERSIDADE DA FORÇA AÉREA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AEROESPACIAIS

MATHEUS BRAZIELLAS SOUSA, MAJ QOAV

**Time Sensitive Targeting:**

Uma análise comparativa da capacidade da Força Aérea Brasileira em relação à Força Aérea dos Estados Unidos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Aeroespaciais da Universidade da Força Aérea, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Aeroespaciais.  
Orientador: Profº. Drº. Gunther Rudzit

Rio de Janeiro

2025

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UNIFA**

Sousa, Matheus Braziellas

S719t

Time Sensitive Targeting: Uma análise comparativa da capacidade da Força Aérea Brasileira em relação à Força Aérea dos Estados Unidos. / Matheus Braziellas Sousa. – Rio de Janeiro: Universidade da Força Aérea, 2025.

184 f.: il., enc.

Orientador: Prof. Dr. Gunther Rudzit

Dissertação (mestrado) – Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2025.

Referências: f. 154-165

1. Time-Sensitive Targeting. 2. Poder Aeroespacial. 3. Modelo de estágio. 4. Maturidade Organizacional. I. Título. II. Rudzit Gunther. III. Universidade da Força Aérea.


CDU: 358.4

MATHEUS BRAZIELLAS SOUSA, Maj Av

**Time Sensitive Targeting:** Uma análise comparativa da capacidade da Força Aérea Brasileira em relação à Força Aérea dos Estados Unidos


Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Aeroespaciais da Universidade da Força Aérea, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Aeroespaciais.

Aprovado por:

Documento assinado digitalmente  
 **GUNTHER RUDZIT**  
Data: 15/12/2025 15:43:45-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Presidente, Professor Doutor Gunther Rudzit – UNIFA/ESPM

Documento assinado digitalmente  
 **CARLOS EDUARDO VALLE ROSA**  
Data: 15/12/2025 17:09:29-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Co-orientador, Professor Doutor Carlos Eduardo Valle Rosa, Cel Av R1 – UNIFA

Documento assinado digitalmente  
 **FLAVIO NERI HADMANN JASPER**  
Data: 15/12/2025 19:52:01-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Examinador Interno, Professor Doutor Flavio Neri Hadmann Jasper, Cel Av Rfm – UNIFA

Documento assinado digitalmente  
 **SANDRO TEIXEIRA MOITA**  
Data: 17/12/2025 14:57:38-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Examinador Externo, Professor Doutor Sandro Teixeira Moita - PPGCM/ECEME

Rio de Janeiro

2025

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por fortalecer minha caminhada, aliviar o peso dos desafios e renovar diariamente a esperança que sustentou este percurso acadêmico.

À minha esposa e editora-chefe, Larissa, registro meu profundo reconhecimento pela dedicação incansável. Foram incontáveis madrugadas revisando, ajustando e aprimorando este trabalho. Sem o seu empenho, paciência e amor — dedicados não apenas a mim, mas ao projeto que abraçamos como família — esta conquista não teria sido possível.

Aos meus filhos, Lucas e João, agradeço pela ternura silenciosa e pela paciência quando o “papai” não pôde estar tão presente aos finais de semana. Quantas vezes entraram no escritório, viram-me trabalhando e, com generosidade infantil, guardaram seus pedidos de brincadeira. Amo profundamente vocês dois.

À minha mãe, Wylne, e à minha irmã, Monique, expresso meu sincero agradecimento pelo apoio constante, pelas palavras de conforto e pela confiança inabalável nas minhas escolhas. O carinho de vocês foi fundamental nos momentos de maior dificuldade. Amo vocês.

Ao meu eterno Comandante e exemplo profissional, o Cel Av Murilo Grassi Salvatti, agradeço pela ideia original do tema, pela disponibilidade constante e pela amizade que transcende a vida profissional. Sua prontidão em ajudar, orientar e esclarecer dúvidas — sempre sem hesitar — foi decisiva para o amadurecimento deste trabalho.

Aos Comandantes da Academia da Força Aérea nos anos de 2024 e 2025, Maj Brig Ar Marcello Lobão Schiavo e Brig Ar Eric Breviglieri, agradeço pela autorização, pelo apoio institucional e pela confiança que permitiram a realização deste mestrado.

À Universidade da Força Aérea (UNIFA), agradeço pelo profissionalismo, pela atenção constante aos alunos e pelo esforço contínuo para elevar a excelência e o prestígio deste Programa de Pós-Graduação.

Aos meus Chefes diretos, Cel Av Marcelo Resende, Cel Av Firens e Ten Cel Av Matioli, agradeço pelas liberações, pelo apoio e pelas motivações oferecidas ao longo do curso. Cada gesto foi fundamental para que eu pudesse concluir esta etapa acadêmica.

Aos membros da banca examinadora — o Examinador Interno, Professor Doutor Flavio Neri Hadmann Jasper, Cel Av Rfm (UNIFA), e o Examinador Externo, Professor Doutor Sandro Texeira Moita, do PPGCM/ECEME — deixo registrado meu especial agradecimento pelo tempo dedicado à leitura atenta e à apreciação crítica desta dissertação. Suas contribuições,

observações e direcionamentos foram essenciais para o aprimoramento do trabalho e enriqueceram significativamente minha formação acadêmica.

Ao meu coorientador, Cel Av R1 Dr. Eduardo Vale Rosa, agradeço a prontidão em auxiliar, pelas orientações sempre precisas e pelas provocações intelectuais que ampliaram de forma decisiva a profundidade desta pesquisa. Cada resposta sua gerava novas perguntas — e foi na busca por respondê-las que esta dissertação ganhou forma. Muito obrigado.

Por fim, registro meu especial agradecimento ao meu orientador, Prof. Dr. Gunther Rudzit, cuja orientação exemplar foi sempre marcada pela paciência, rigor acadêmico e generosidade intelectual. Obrigado por dedicar suas manhãs de domingo às minhas dúvidas, reflexões e inquietações, sendo uma voz serena em meio aos inúmeros desafios deste processo.

A trajetória não foi fácil. Conciliar as demandas acadêmicas com as responsabilidades de Major da Força Aérea, marido e pai exigiu resiliência e disciplina. Ainda assim, sinto que “combati o bom combate” e entreguei o melhor de mim. Tenho orgulho do trabalho realizado e sou grato a todos que, de alguma forma, contribuíram para que eu suportasse e superasse mais este desafio em minha vida.

“Quem vai sentar a pua não tergiversa. Arremete de ferro em brava e verruma o bruto.”  
— Brig Rui Moreira Lima

## RESUMO

Esta dissertação analisa a capacidade da Força Aérea Brasileira (FAB) em conduzir operações de *Time-Sensitive Targeting* (TST), conceito doutrinário desenvolvido pelas Forças Armadas dos Estados Unidos voltado ao engajamento rápido e preciso de alvos de alta relevância e curta janela de oportunidade. O objetivo principal consiste em avaliar o estágio de maturidade operacional da FAB diante das exigências doutrinárias, tecnológicas e organizacionais impostas pelos conflitos contemporâneos. Para tanto, foi adotada uma metodologia comparativa e descritiva, estruturada em três eixos: análise histórica da evolução do TST nos Estados Unidos; construção de um modelo analítico de maturidade composto por nove dimensões fundamentais (Doutrina, Comando e Controle, Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR), Treinamento, Armamento, Meios Aéreos, Integração Conjunta, Tempo Médio do Ciclo e Efetividade Declarada); e aplicação desse modelo à realidade da FAB. A pesquisa baseia-se em ampla revisão bibliográfica e documental, incluindo doutrinas oficiais norte-americanas, além de relatórios técnicos e estudos acadêmicos. Os resultados apontam que a FAB evidenciou avanços pontuais em áreas como IVR e C2, mas também lacunas significativas em integração doutrinária, interoperabilidade e disponibilidade de armamentos de precisão, situando a Força Aérea Brasileira entre os estágios iniciais de maturidade. Conclui-se que a consolidação da capacidade TST no Brasil depende de investimentos coordenados em doutrina, tecnologia, treinamento e integração conjunta, constituindo um passo estratégico para o fortalecimento do poder aeroespacial nacional.

**Palavras-chave:** Time-Sensitive Targeting; Alvo Sensível ao Tempo, Modelo de Estágio; Maturidade Organizacional; Poder Aeroespacial.

*ABSTRACT*

This dissertation analyzes the Brazilian Air Force's (FAB) ability to conduct Time-Sensitive Targeting (TST) operations — a doctrinal concept developed by the United States Armed Forces aimed at the rapid and precise engagement of high-value targets within a narrow time window. The main objective is to assess the FAB's operational maturity considering the doctrinal, technological, and organizational requirements imposed by contemporary conflicts. To this end, a comparative and descriptive methodology was adopted, structured around three analytical axes: a historical review of the evolution of TST in the United States; the construction of an analytical maturity model composed of nine fundamental dimensions (Doctrine, Command and Control, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance, Training, Armament, Air Assets, Joint Integration, Average Cycle Time, and Declared Effectiveness); and the application of this model to the Brazilian context. The research is based on an extensive bibliographic and documentary review, including official U.S. doctrinal sources, technical reports, and academic studies. The results indicate that the FAB has shown progress in areas such as ISR and C2 but still faces significant gaps in doctrinal integration, interoperability, and precision-guided munitions availability, placing the institution within the initial stages of maturity. It is concluded that the consolidation of TST capability in Brazil depends on coordinated investments in doctrine, technology, training, and joint integration—constituting a strategic step toward strengthening the nation's aerospace power.

**Keywords:** Time-Sensitive Targeting; Time-Sensitive Target; Stage Model; Organizational Maturity; Aerospace Power.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Relação entre o Joint Targeting Cycle e o Air Tasking Cycle.....	41
Figura 2 - Targeting Dinâmico e o Ciclo Conjunto de Seleção e Engajamento de Alvos .....	44
Figura 3 - F2T2EA Processo de Targeting dinâmico .....	46
Figura 4 - Maturidade de TST dos EUA por conflito .....	123
Figura 5 - Maturidade do TST no Brasil .....	147
Figura 6 - Comparativo de Maturidade de TST - Brasil vs EUA por época. ....	149

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Categorias De Alvos No Ciclo De <i>Targeting</i> .....	37
Tabela 2 - Comparativo dos Eixos de Capacidade de TST por Conflito .....	99
Tabela 3 - Critérios para Classificação de Estágios de Maturidade TST .....	102
Tabela 4 - Matriz de Maturidade da Capacidade de TST .....	117
Tabela 5 - Estágios de Maturidade TST por Conflito. ....	122
Tabela 6 - Avaliação da Capacidade de TST da FAB .....	145
Tabela 7 - Estágio Comparado .....	148

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>A-10</b> -	A-10 Thunderbolt II (avião de ataque)
<b>A-1M</b> -	AMX modernizado (designação da FAB)
<b>A2/AD</b> -	Anti-Access/Area Denial (negação de acesso e negação de área)
<b>A-29</b> -	A-29 Super Tucano
<b>A-7</b> -	A-7 Corsair II (avião de ataque tático)
<b>AC-130</b> -	AC-130 (aeronave de apoio aéreo aproximado/gunship da USAF)
<b>AD</b> -	Active Defense (defesa ativa)
<b>ADOCS</b> -	Advanced Dynamic Operations/Targeting Capability System (sistema de gerenciamento colaborativo de alvos dinâmicos)
<b>AEL</b> -	AEL Sistemas (empresa brasileira de defesa)
<b>AESA</b> -	Active Electronically Scanned Array – Radar de Varredura Eletrônica Ativa
<b>AEW&amp;C</b> -	Airborne Early Warning and Control – Alerta Aéreo Antecipado e Controle
<b>AFDP 3-60</b> -	Air Force Doctrine Publication 3-60
<b>AFM</b> -	Air Force Manual
<b>AFTTP</b> -	Air Force Tactics, Techniques, and Procedures (Táticas, Técnicas e Procedimentos da Força Aérea)
<b>AGM-114</b> -	AGM-114 Hellfire – míssil ar-solo guiado, empregado principalmente por helicópteros e UAVs
<b>AGM-183A ARRW</b> -	Air-Launched Rapid Response Weapon – míssil hipersônico lançado do ar
<b>AI</b> -	Artificial Intelligence (Inteligência Artificial)
<b>AJP</b> -	Allied Joint Publication
<b>AOC</b> -	Air Operations Center (Centro de Operações Aéreas)
<b>AOD</b> -	Air Operations Directive (Diretriz de Operações Aéreas)
<b>ASCMs</b> -	Anti-Ship Cruise Missiles (mísseis de cruzeiro antinavio)
<b>AST</b> -	Alvo Sensível ao Tempo
<b>ATC</b> -	Air Tasking Cycle
<b>ATGM</b> -	Anti-Tank Guided Missile (Míssil Anticarro Guiado)
<b>ATO</b> -	Air Tasking Order (Ordem de Tarefas Aéreas)
<b>AWACS</b> -	Airborne Warning and Control System (sistema aerotransportado de alerta e controle)
<b>B-1B</b> -	B-1B Lancer (bombardeiro estratégico)
<b>B-52</b> -	B-52 Stratofortress (bombardeiro estratégico)
<b>BAFG</b> -	Bomba de Alto Explosivo (FAB)
<b>BCD</b> -	Battlefield Coordination Detachment
<b>BDA</b> -	Battle Damage Assessment (Avaliação de Dano de Batalha)
<b>BDTD</b> -	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
<b>BINC</b> -	Bomba Incendiária (FAB)
<b>BLG</b> -	Bomba de Fragmentação (FAB)

<b>C2 -</b>	Command and Control (Comando e Controle)
<b>CAD -</b>	Célula de Alvos Dinâmicos
<b>CAOC -</b>	Combined Air Operations Center (Centro Combinado de Operações Aéreas)
<b>CAPES -</b>	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
<b>CAS -</b>	Close Air Support (Apoio Aéreo Aproximado)
<b>CCj -</b>	Comando Conjunto
<b>CCT -</b>	Component-Critical Target (Alvo Crítico para o Componente)
<b>CDE -</b>	Collateral Damage Estimate (Estimativa de Dano Colateral)
<b>CENTAF -</b>	Central Command Air Forces (Componente Aéreo do Comando Central dos Estados Unidos)
<b>CENTCOM -</b>	United States Central Command (Comando Central dos Estados Unidos)
<b>CIAER -</b>	Centro de Inteligência da Aeronáutica
<b>CINDACTA -</b>	Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
<b>CMM -</b>	Capability Maturity Model (Modelo de Maturidade de Capacidades)
<b>COA -</b>	Centro de Operações Aéreas
<b>COD -</b>	Combat Operations Division (Divisão de Operações de Combate)
<b>COMAE -</b>	Comando de Operações Aeroespaciais
<b>COMAEX -</b>	Exercício de Comando e Controle da FAB
<b>COMAO -</b>	Composite Air Operations (Operações Aéreas Compostas)
<b>COPE -</b>	Centro de Operações Espaciais
<b>CPD -</b>	Combat Plans Division (Divisão de Planejamento de Combate)
<b>CRUZEX -</b>	Cruzeiro do Sul Exercise (exercício multinacional da FAB)
<b>CSAR -</b>	Combat Search and Rescue – Busca e Salvamento em Combate
<b>DCA -</b>	Diretriz do Comando da Aeronáutica
<b>DCA 1-1 -</b>	Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira
<b>DICA -</b>	Direito Internacional dos Conflitos Armados
<b>DoD -</b>	Department of Defense (Departamento de Defesa dos Estados Unidos)
<b>E-8C JSTARS -</b>	Joint Surveillance Target Attack Radar System – plataforma aerotransportada de vigilância e ataque a alvos terrestres
<b>EA-6B -</b>	EA-6B Prowler (Aeronave de Guerra Eletrônica)
<b>EBO -</b>	Effects-Based Operations (Operações Baseadas em Efeitos)
<b>ECM -</b>	Electronic Countermeasures (Contra-medidas Eletrônicas)
<b>ELINT -</b>	Electronic Intelligence (Inteligência Eletrônica)
<b>EMCFA -</b>	Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas
<b>END -</b>	Estratégia Nacional de Defesa
<b>EUA -</b>	Estados Unidos da América
<b>EXCON -</b>	Exercício de Controle
<b>F/A-18 -</b>	F/A-18 Hornet (avião de caça-bombardeiro embarcado)
<b>F-111 -</b>	F-111 (bombardeiro tático)
<b>F-14 -</b>	F-14 Tomcat (avião de caça embarcado)

<b>F-15 -</b>	F-15 Eagle (avião de caça)
<b>F-15E -</b>	F-15E Strike Eagle (avião de caça-bombardeiro)
<b>F-16 -</b>	F-16 Fighting Falcon (avião de caça)
<b>F2T2EA -</b>	Find, Fix, Track, Target, Engage, Assess (Localizar, Fixar, Rastrear, Designar, Engajar e Avaliar)
<b>F-39E -</b>	F-39 Gripen E
<b>F-4 -</b>	F-4 Phantom II (avião de caça/bombardeiro)
<b>F-5EM/FM -</b>	Caça F-5 modernizado
<b>FAB -</b>	Força Aérea Brasileira
<b>FAC -</b>	Força Aérea Componente
<b>FDI -</b>	Forças de Defesa de Israel
<b>FM -</b>	Field Manual
<b>FMV -</b>	Full Motion Video (Vídeo em Movimento Contínuo)
<b>FSCL -</b>	Fire Support Coordination Line (Linha de Coordenação de Apoio de Fogo)
<b>GAO -</b>	Government Accountability Office (Escritório de Contabilidade do Governo)
<b>GBU -</b>	Guided Bomb Unit (Unidade de Bomba Guiada)
<b>GBU-39/B SDB -</b>	GBU-39/B Small Diameter Bomb – bomba guiada de pequeno diâmetro
<b>GPS -</b>	Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)
<b>GREEN FLAG -</b>	GREEN FLAG (exercício aéreo conjunto, foco ar-terra)
<b>HARM -</b>	High-Speed Anti-Radiation Missile (Míssil Anti-Radiação de Alta Velocidade)
<b>HRO -</b>	High-Reliability Organization (Organização de Alta Confiabilidade)
<b>HUMINT -</b>	Human Intelligence (Inteligência Humana)
<b>HVT -</b>	High-Value Target (Alvo de Alto Valor)
<b>IA -</b>	Inteligência Artificial
<b>IDF -</b>	Israel Defense Forces (Forças de Defesa de Israel)
<b>IISS -</b>	International Institute for Strategic Studies
<b>INS -</b>	Inertial Navigation System (Sistema de Navegação Inercial)
<b>IPEV -</b>	Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo
<b>IR/EO -</b>	Infrared / Electro-Optical (sensores infravermelhos / eletro-ópticos)
<b>IRIS -</b>	Operação IRIS (FAB)
<b>ISIS -</b>	Islamic State of Iraq and Syria (Estado Islâmico do Iraque e da Síria)
<b>ISR -</b>	Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (Inteligência, Vigilância e Reconhecimento)
<b>IVR -</b>	Inteligência, Vigilância e Reconhecimento
<b>JADOCS -</b>	Joint Automated Deep Operations Coordination System
<b>JDAM -</b>	Joint Direct Attack Munition (Munição Guiada por GPS)
<b>JDP 01 -</b>	Joint Doctrine Publication 01
<b>JEFX -</b>	Joint Expeditionary Force Experiment (Experimento de Força Expedicionária Conjunta)
<b>JFACC -</b>	Joint Force Air Component Commander (Comandante do Componente Aéreo da Força Conjunta)

<b>JFC -</b>	Joint Force Commander (Comandante da Força Conjunta)
<b>JIPTL -</b>	Joint Integrated Prioritized Target List (Lista Conjunta Integrada de Alvos Prioritários)
<b>JOC -</b>	Joint Operations Center (Centro de Operações Conjuntas)
<b>JP 3-30 -</b>	Joint Publication 3-30 – Joint Air Operations
<b>JP 3-60 -</b>	Joint Publication 3-60 – Joint Targeting
<b>JSTARS -</b>	Joint Surveillance Target Attack Radar System (sistema aerotransportado de vigilância e ataque a alvos terrestres)
<b>JSTOR -</b>	Base de dados JSTOR
<b>JTAC -</b>	Joint Terminal Attack Controller (Controlador Terminal de Ataque Conjunto)
<b>JTC -</b>	Joint Targeting Cycle
<b>JTL -</b>	Joint Target List (Lista Conjunta de Alvos)
<b>JTSTM -</b>	Joint Targeting Toolbox (ferramenta conjunta de targeting )
<b>KPA -</b>	Key Process Area (Área-Chave de Processo)
<b>LGB -</b>	Laser Guided Bomb (Bomba Guiada a Laser)
<b>Link-BR1 -</b>	Enlace de dados tático da FAB – primeira geração
<b>Link-BR2 -</b>	Enlace de dados tático da FAB – segunda geração
<b>LNO -</b>	Liaison Officer (Oficial de Ligação)
<b>MBDA -</b>	Matra BAe Dynamics Alenia – consórcio europeu de mísseis (fabricante do Brimstone)
<b>MC-02 -</b>	Millennium Challenge 2002 (exercício conjunto/experimento operacional de 2002)
<b>MCA -</b>	Manual do Comando da Aeronáutica
<b>MD -</b>	Ministério da Defesa
<b>MD 30-M-01 -</b>	Manual de Operações Conjuntas do Ministério da Defesa
<b>MD51-A-MA-04A -</b>	Doutrina Militar de Defesa
<b>MEA -</b>	Munitions Effectiveness Assessment (Avaliação da Eficácia do Armamento)
<b>MOE -</b>	Measure of Effectiveness (Medida de Efetividade)
<b>MOP -</b>	Measure of Performance (Medida de Desempenho)
<b>MPCOA -</b>	Manual de Planejamento e Condução de Operações Aeroespaciais
<b>MQ-1 -</b>	MQ-1 Predator – veículo aéreo não tripulado (UAV) de reconhecimento/ataque
<b>MQ-9 -</b>	MQ-9 Reaper – UAV MALE de reconhecimento/ataque
<b>NAC -</b>	North Atlantic Council (Conselho do Atlântico Norte)
<b>NSL -</b>	No-Strike List (Lista de Alvos Proibidos)
<b>OAF -</b>	Operation Allied Force (campanha aérea da OTAN no Kosovo, 1999)
<b>OEF -</b>	Operation Enduring Freedom (campanha liderada pelos EUA no Afeganistão, a partir de 2001)
<b>OIF -</b>	Operation Iraqi Freedom (campanha liderada pelos EUA no Iraque em 2003)
<b>OIR -</b>	Operation Inherent Resolve (campanha contra o ISIS no Iraque e na Síria, iniciada em 2014)

<b>OODA -</b>	Observe, Orient, Decide, Act cycle (ciclo Observar, Orientar, Decidir, Agir)
<b>OPM3 -</b>	Organizational Project Management Maturity Model (Modelo de Maturidade em Gestão Organizacional de Projetos)
<b>OTAN -</b>	Organização do Tratado do Atlântico Norte
<b>P-CMM -</b>	People Capability Maturity Model (Modelo de Maturidade de Capacidades em Gestão de Pessoas)
<b>PGM -</b>	Precision Guided Munition (Munição Guiada de Precisão)
<b>PMI -</b>	Project Management Institute (Instituto de Gerenciamento de Projetos)
<b>ProQuest -</b>	Base de dados ProQuest
<b>R-99 -</b>	aeronave de sensoriamento AEW&C / SAR
<b>RC-135 -</b>	RC-135 Rivet Joint (aeronave de reconhecimento eletrônico)
<b>RED FLAG -</b>	RED FLAG (exercício aéreo avançado da USAF)
<b>ROE -</b>	Rules of Engagement (Regras de Engajamento)
<b>RQ-1 -</b>	RQ-1 Predator (veículo aéreo não tripulado de reconhecimento/ataque)
<b>RQ-4 -</b>	RQ-4 Global Hawk (veículo aéreo não tripulado de reconhecimento)
<b>RQ-450 / RQ-900 -</b>	veículo aéreo não tripulado Hermes (IVR)
<b>RTL -</b>	Restricted Target List (Lista de Alvos Restritos)
<b>SACEUR -</b>	Supreme Allied Commander Europe (Comandante Supremo Aliado na Europa)
<b>SAM -</b>	Surface-to-Air Missile (Míssil Superfície-Ar)
<b>SAR -</b>	Synthetic Aperture Radar (Radar de Abertura Sintética)
<b>SATCOM -</b>	Satellite Communications (Comunicações por Satélite)
<b>SCAMPI -</b>	Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement (Método Padrão de Avaliação CMMI para Melhoria de Processos)
<b>SciELO -</b>	Scientific Electronic Library Online
<b>SCUD -</b>	Surface-to-Surface Missile (classe SCUD) – míssil balístico soviético
<b>SDB -</b>	Small Diameter Bomb (Bomba de Pequeno Diâmetro)
<b>SEAD -</b>	Suppression of Enemy Air Defenses (Supressão de Defesas Aéreas Inimigas)
<b>SEI -</b>	Software Engineering Institute (Instituto de Engenharia de Software)
<b>SEPG -</b>	Software Engineering Process Group (Grupo de Processo de Engenharia de Software)
<b>SGDC -</b>	Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações
<b>SIGINT -</b>	Signals Intelligence (Inteligência de Sinais)
<b>SIPAM -</b>	Sistema de Proteção da Amazônia
<b>SISDABRA -</b>	Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro
<b>SIVAM -</b>	Sistema de Vigilância da Amazônia
<b>SOF -</b>	Special Operations Forces (Forças de Operações Especiais)
<b>SOLE -</b>	Special Operations Liaison Element (Elemento de Ligação de Operações Especiais)
<b>SOP -</b>	Standard Operating Procedures (Procedimentos Operacionais Padrão)

<b>SPICE -</b>	Smart, Precise Impact and Cost-Effective (kit de guiagem israelense)
<b>SQA -</b>	Software Quality Assurance (Garantia da Qualidade de Software)
<b>SRD -</b>	Strategy Division (Divisão de Estratégia)
<b>STANAG -</b>	Standardization Agreement
<b>TACC -</b>	Tactical Air Control Center (Centro de Controle Aéreo Tático)
<b>TBMCS -</b>	Theater Battle Management Core System (Sistema de Gerenciamento de Batalhas em Teatro de Operações)
<b>TCU -</b>	Tribunal de Contas da União
<b>TEA -</b>	Target Engagement Authority (Autoridade para o Engajamento de Alvos)
<b>TO -</b>	Teatro de Operações
<b>TOC -</b>	Theory of Constraints (Teoria das Restrições)
<b>TPED -</b>	Tasking, Processing, Exploitation and Dissemination (ciclo de designação, processamento, exploração e disseminação de informações)
<b>TST -</b>	Time-Sensitive Targeting (Engajamento de Alvos Sensíveis ao Tempo)
<b>U-2 -</b>	U-2 Dragon Lady (aeronave de reconhecimento em grande altitude)
<b>UAV -</b>	Unmanned Aerial Vehicle (Veículo Aéreo Não Tripulado)
<b>UCAV -</b>	Unmanned Combat Aerial Vehicle (Aeronave de Combate Não Tripulada)
<b>USAF -</b>	United States Air Force (Força Aérea dos Estados Unidos)
<b>USS -</b>	United States Ship (prefixo de navios da Marinha dos EUA)
<b>V-1 -</b>	Míssil de cruzeiro V-1
<b>V-2 -</b>	Míssil balístico V-2
<b>VANT -</b>	Veículo Aéreo Não Tripulado

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	21
<b>1 FUNDAMENTOS DOUTRINÁRIOS E CONCEITUAIS DO <i>TIME-SENSITIVE TARGETING</i></b> .....	30
<b>1.1 DOCTRINA MILITAR COMO FUNDAMENTO DO <i>TIME-SENSITIVE TARGETING</i></b> .....	30
<b>1.2 OPERAÇÕES CONJUNTAS E COMBINADAS</b> .....	33
<b>1.3 O PROCESSO DO TST SOB A PERSPECTIVA DOUTRINÁRIA DOS ESTADOS UNIDOS</b> .....	36
<b>1.3.1 O Ciclo da <i>Air Tasking Order</i></b> .....	39
<b>1.3.2 O <i>Time-Sensitive Targeting</i></b> .....	43
<b>1.3.3 Estrutura e Funcionamento do <i>Time Sensitive Targeting</i></b> .....	44
<b>1.3.4 O Processo <i>Find, Fix, Track, Target, Engage e Assess</i></b> .....	45
<b>1.3.5 Autoridade de Engajamento e Responsabilidades</b> .....	47
<b>1.3.6 Limitações e Riscos do <i>Time Sensitive Targeting</i></b> .....	48
<b>1.4 TEORIA DE PROCESSOS E APLICAÇÃO AO <i>TIME SENSITIVE TARGETING</i></b> .....	49
<b>1.5 <i>TIME SENSITIVE TARGETING</i> COMO MEIO DE EFETIVIDADE NO EMPREGO DO PODER AEROESPACIAL</b> .....	53
<b>1.6 CONCEITO DE MATURIDADE ORGANIZACIONAL</b> .....	58
<b>1.6.1 Estrutura dos Modelos de Maturidade Organizacional</b> .....	61
<b>2 O DESENVOLVIMENTO DAS CAPACIDADES DE <i>TIME SENSITIVE TARGETING</i> PELOS ESTADOS UNIDOS</b> .....	64
<b>2.1 PÓS-GUERRA DO VIETNÃ E A DOCTRINA <i>AIRLAND BATTLE</i></b> .....	65
<b>2.2 A ADAPTAÇÃO DOUTRINÁRIA DA FORÇA AÉREA E A ORIGEM DO CICLO DA ATO</b> .....	66
<b>2.3 OS LIMITES DO CICLO DA ATO NA GUERRA DO GOLFO</b> .....	68
<b>2.4 O FRACASSO ESTRUTURAL DO <i>TIME SENSITIVE TARGETING</i> NA OPERATION ALLIED FORCE</b> .....	71

2.5	<i>A OPERATION ENDURING FREEDOME A EVOLUÇÃO DO TIME SENSITIVE TARGETING</i> .....	76
2.6	<i>A OPERATION IRAQI FREEDOME A CONSOLIDAÇÃO DO TIME SENSITIVE TARGETING</i> .....	79
2.7	<i>A OPERATION INHERENT RESOLVE E O TIME SENSITIVE TARGETING NA ATUALIDADE</i> .....	83
2.8	<i>A CONSOLIDAÇÃO DO TIME SENSITIVE TARGETING E OS DESAFIOS DO FUTURO IMEDIATO</i> .....	86
<b>3</b>	<b>ESTRUTURAÇÃO ANALÍTICA DA EVOLUÇÃO DO TIME SENSITIVE TARGETING: DOCTRINA, MEIOS E CAPACIDADE OPERACIONAL</b> .....	91
3.1	DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA À APLICAÇÃO METODOLÓGICA....	92
3.2	MODELO DE ANÁLISE PROPOSTO .....	94
<b>3.2.1</b>	<b>Eixos de análise</b> .....	94
<b>3.2.2</b>	<b>Análise Comparativa por Conflito</b> .....	97
<b>3.2.3</b>	<b>Classificação dos Estágios de Maturidade do TST</b> .....	101
3.2.3.1	Estágio 0 – Inexistente.....	103
3.2.3.2	Estágio 1 – Inicial.....	104
3.2.3.3	Estágio 2 – Em desenvolvimento .....	106
3.2.3.4	Estágio 3 – Operacional parcial.....	108
3.2.3.5	Estágio 4 – Maturidade plena .....	110
3.2.3.6	Estágio 5 – Modelo futuro (prospectivo).....	112
<b>3.2.4</b>	<b>A Matriz de Maturidade TST</b> .....	114
3.2.4.1	Exemplo de Aplicação Prática: Operacionalização do Eixo Inteligência, Vigilância e Reconhecimento .....	115
<b>3.2.5</b>	<b>Compreensão Estrutural do Modelo: A Lógica da Análise</b> .....	118
3.2.5.1	Ferramenta de Diagnóstico Sistêmico .....	119
3.2.5.2	Estrutura Bidimensional .....	119
3.2.5.3	A Lógica do Elo Mais Fraco .....	120

3.2.5.4	Efetividade como Medida da Maturidade .....	120
<b>3.2.6</b>	<b>Atribuição de Estágios de Maturidade aos Conflitos Analisados .....</b>	<b>121</b>
<b>4</b>	<b>A FORÇA AÉREA BRASILEIRA E A CAPACIDADE DE <i>TIME-SENSITIVE TARGETING</i>: UMA APLICAÇÃO DO MODELO ANALÍTICO.....</b>	<b>128</b>
4.1	DOCTRINA .....	129
4.2	COMANDO E CONTROLE.....	131
4.3	INTELIGÊNCIA, VIGILÂNCIA E RECONHECIMENTO .....	133
4.4	TREINAMENTO .....	136
4.5	ARMAMENTO .....	137
4.6	MEIOS AÉREOS .....	138
4.7	INTEGRAÇÃO CONJUNTA .....	140
4.8	TEMPO MÉDIO DO CICLO.....	143
4.9	EFETIVIDADE DECLARADA .....	144
4.10	RESULTADOS CONSOLIDADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO .....	145
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>150</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>153</b>
	<b>APÊNDICE A – (PTT 1) MODELO DE MATURIDADE PARA AVALIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE CAPACIDADES MILITARES .....</b>	<b>165</b>
	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>165</b>
	<b>1ESTRUTURA GERAL DO MODELO.....</b>	<b>166</b>
	<b>2EIXOS DE ANÁLISE .....</b>	<b>167</b>
	<b>3ESTÁGIOS DE MATURIDADE.....</b>	<b>169</b>
	<b>4MATRIZ DE MATURIDADE DA CAPACIDADE .....</b>	<b>170</b>
	<b>5ORIENTAÇÕES DE USO DA MATRIZ DE MATURIDADE.....</b>	<b>171</b>
	<b>6EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA MATRIZ: CAPACIDADE DE <i>TIME-SENSITIVE TARGETING</i> (TST) .....</b>	<b>174</b>

<b>APÊNDICE B – (PTT 2) ROADMAP PARA IMPLEMENTAÇÃO DA CAPACIDADE DE <i>TIME-SENSITIVE TARGETING</i> (TST) NO PODER AEROESPACIAL BRASILEIRO .....</b>	<b>177</b>
<b>7 APRESENTAÇÃO EXECUTIVA.....</b>	<b>177</b>
<b>8 A META: O ESTADO DE MATURIDADE PLENA (ESTÁGIO 4).....</b>	<b>177</b>
<b>9 CRITÉRIOS DE SUCESSO POR EIXO ESTRUTURANTE .....</b>	<b>177</b>
9.1 EIXO DOUTRINÁRIO E NORMATIVO .....	178
9.2 EIXO COMANDO E CONTROLE (C2).....	178
9.3 EIXO TECNOLOGIA E MEIOS (IVR, VETORES E ARMAMENTO).....	179
<b>10 ROADMAP DE IMPLEMENTAÇÃO (CRONOGRAMA FÍSICO-OPERACIONAL).....</b>	<b>180</b>
10.1 FASE 1 — ESTRUTURAÇÃO (CURTO PRAZO: 1–3 ANOS).....	180
10.2 FASE 2 — INTEGRAÇÃO (MÉDIO PRAZO: 3–6 ANOS) .....	180
10.3 FASE 3 — CONSOLIDAÇÃO (LONGO PRAZO: 6–10 ANOS).....	181
<b>11 RECOMENDAÇÕES PARA GOVERNANÇA .....</b>	<b>182</b>

## INTRODUÇÃO

A capacidade de projetar força sobre o território inimigo com rapidez, alcance e letalidade consolidou-se como variável estratégica central nas campanhas militares contemporâneas. Entre os diversos instrumentos disponíveis para esse fim, o poder aeroespacial<sup>1</sup> se destaca como aquele que melhor sintetiza tais atributos. Sua aptidão para superar barreiras geográficas, responder com celeridade a ameaças emergentes e empregar armamentos de elevada precisão o torna singularmente eficaz na geração de efeitos decisivos em curto espaço de tempo e com menor exposição de forças próprias.

Ao longo do século XX e nas primeiras décadas do século XXI, o desenvolvimento tecnológico, doutrinário e organizacional permitiu a consolidação do poder aéreo não apenas como apoio às forças terrestres e navais, mas como elemento autônomo capaz de moldar o curso de conflitos (Lambeth, 2000; Meilinger, 1997). Essa evolução transformou a aviação militar no vetor que, por excelência, simboliza a capacidade de empregar força de maneira, seletiva e estratégica no ambiente da guerra moderna.

Esse processo evolutivo orientou-se pelo objetivo de aprimorar a capacidade de localizar, decidir e engajar alvos de maneira cada vez mais precisa, tempestiva e eficiente. Inicialmente, as teorias clássicas (Douhet, 2009; Mitchell, 2009) e os primeiros empregos em larga escala, como na Segunda Guerra Mundial, demonstraram o potencial estratégico do bombardeio em profundidade, apesar da sua baixa precisão (Gray, 2015; Meilinger, 1997). Contudo, os conflitos da Guerra Fria, como na Coreia e no Vietnã, expuseram a severa limitação desse modelo frente a alvos móveis e emergentes, revelando a fragilidade dos ciclos de planejamento tradicionais (Lambeth, 2000).

A necessidade de maior velocidade decisória e a vulnerabilidade demonstrada em ambientes de alta ameaça, como na Guerra do Yom Kippur (1973), impulsionaram a busca por uma integração mais efetiva entre sensores, Comando e Controle (C2) e armamentos (Lambeth, 2000; Olsen, 2010). A doutrina *AirLand Battle* (Starry, 1981) formalizou essa necessidade de integração para desarticular o inimigo em profundidade.

---

<sup>1</sup> Nesta dissertação, o termo “poder aeroespacial”, quando referido ao contexto brasileiro, não é utilizado como sinônimo de “poder aéreo”, seguindo a distinção estabelecida pela doutrina do Ministério da Defesa (Brasil, 2020e, f). No entanto, cumpre ressaltar que, no contexto da Força Aérea dos Estados Unidos (USAF), o conceito de *Airpower* é empregado de forma ampla e integradora, funcionando como um correlato direto ao que a definição brasileira entende por poder aeroespacial.

O ponto de inflexão ocorreu na Guerra do Golfo (1991). Apesar do sucesso da campanha aérea, a notória dificuldade em neutralizar os lançadores de mísseis *Scud* — alvos fugazes por excelência — expôs que os ciclos de decisão, rígidos e centralizados, eram lentos demais (Lambeth, 2000; Olsen, 2010). O desafio foi reiterado em Kosovo (1999), onde a lentidão no ciclo de autorização comprometeu o engajamento oportuno de alvos, mesmo com sensores avançados (Lambeth, 2001; Olsen, 2010).

Essa lacuna operacional forçou o desenvolvimento de uma doutrina de resposta rápida, amadurecida nos conflitos do Afeganistão e Iraque (Gray, 2015; Lambeth, 2005) e consolidada em campanhas recentes, como contra o Estado Islâmico. Nesses cenários, a integração de vigilância persistente (como aeronaves remotamente pilotadas) a sistemas de C2 ágeis permitiu ataques de alta precisão em intervalos de tempo drasticamente reduzidos (Lambeth, 2021; Wasser *et al.*, 2021).

Esse processo histórico demonstra que o poder aeroespacial moderno superou sua função original de bombardear amplas áreas, passando a ser um recurso estratégico focado em localizar e atingir alvos de alto valor com alta precisão e no momento oportuno. Essa capacidade passou a depender da integração total entre vigilância permanente, análise de informações, tomada rápida de decisão e emprego coordenado de armamentos de precisão.

Esse novo paradigma revelou, assim, um desafio central: a necessidade de reduzir drasticamente o intervalo entre a detecção de um alvo e o seu engajamento efetivo (Olsen, 2010). A transformação do poder aéreo, como aponta Lambeth (2000), tornou-se intrinsecamente ligada ao aperfeiçoamento de métodos para integrar sensores, sistemas de comando e controle e vetores de ataque em um fluxo contínuo. Com isso, o alvo deixou de ser um ponto físico, passando a representar uma categoria dinâmica que articula tempo e efeito (Gray, 2015). O êxito passou a depender da capacidade de transformar dados em ação antes que a oportunidade se perca, exigindo coordenação e processos decisórios ágeis (Gray, 2015; Lambeth, 2000; Olsen, 2010).

É nesse contexto que surge o conceito de *Time-Sensitive Targeting* (TST) — ou engajamento de alvos sensíveis ao tempo —, formulado para possibilitar a atuação imediata contra ameaças ou objetivos cuja relevância tática ou estratégica não admite demora. Mais do que uma inovação tecnológica, o TST representa uma mudança de paradigma na condução das operações aéreas, ao condensar a lógica da guerra moderna: a primazia da velocidade, da precisão e da integração da informação. A consolidação dessa capacidade, observada nas operações norte-americanas a partir da década de 1990, constitui um dos marcos centrais da transformação do poder aeroespacial contemporâneo.

A escolha do tema revela, ainda, um aspecto de originalidade e relevância acadêmica. A pesquisa realizada nas principais bases de dados nacionais e internacionais — incluindo a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), o Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, o portal SciELO, bem como as bases estrangeiras ProQuest e JSTOR — demonstrou a escassez quase absoluta de estudos acadêmicos em língua portuguesa que tratem do conceito de TST ou de seus equivalentes conceituais, como “alvos sensíveis ao tempo”, “alvos fugazes”, “alvos dinâmicos” e *dynamic targeting*. As buscas retornaram apenas menções esparsas e superficiais em monografias e dissertações de caráter militar, em geral restritas a contextualizações teóricas dentro de outros temas, sem constituírem investigações autônomas sobre o TST.

Um exemplo encontra-se na dissertação de Fonseca Júnior (2021), apresentada na Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais do Exército Brasileiro, que cita os “alvos sensíveis ao tempo” como categoria de alvos móveis cuja neutralização imediata favorece o êxito da operação, sem, contudo, aprofundar sua análise. De modo semelhante, Mansoor (2020), em monografia da Escola Superior de Guerra, faz referência pontual a “alvos dinâmicos” em operações de contraterrorismo, enquanto Silva (2019), na Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, aborda brevemente a necessidade de adaptar o ciclo decisório para o engajamento de alvos desse tipo, especialmente por meio do emprego de veículos aéreos não tripulados. De forma geral, as buscas confirmam que os termos “alvos sensíveis ao tempo” e “alvos dinâmicos” aparecem apenas como elementos secundários em discussões mais amplas — como o emprego da artilharia, as operações de contraterrorismo ou o uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs). Em todos os casos, são mencionados apenas como uma categoria de alvos ou como um desafio específico ao ciclo decisório, sem aprofundamento conceitual. Não foi identificado, contudo, nenhum trabalho — mesmo de caráter militar — que se proponha a investigar de forma autônoma o *Time-Sensitive Targeting* (TST), sua doutrina, seu processo decisório ou suas implicações para o desenvolvimento do poder aeroespacial brasileiro.

No campo doutrinário, o Manual de Campanha EB70-MC-10.346 – Planejamento e Coordenação de Fogos (BRASIL, 2017) apresenta a primeira definição oficial do termo Alvo Sensível ao Tempo (AST) no âmbito das Forças Armadas brasileiras, descrevendo-o como “alvo que, por sua natureza ou pelo tempo disponível, exige rápida aquisição e ataque imediato, a fim de evitar que a oportunidade de engajamento seja perdida” (Brasil, 2017, p. 4-3). Essa definição evidencia a correspondência conceitual entre o AST e o *Time-Sensitive Targeting* da doutrina norte-americana, reforçando a pertinência do tema no contexto nacional. Ainda assim,

não há, até o momento, um corpo teórico consolidado que explore o conceito sob uma perspectiva acadêmica ou comparativa.

A ausência de dissertações, teses e artigos científicos publicados em português que abordem o *Time-Sensitive Targeting* como objeto central de estudo evidencia que o tema permanece praticamente inexplorado na literatura nacional. Mesmo em bases internacionais, onde o conceito é amplamente debatido em língua inglesa, não foram identificados trabalhos redigidos em português. Assim, esta dissertação se insere em um campo de investigação ainda incipiente, contribuindo de forma pioneira para o desenvolvimento de uma abordagem teórico-analítica sobre o TST no contexto brasileiro. Ao sistematizar o tema e analisá-lo sob a perspectiva do poder aeroespacial nacional, o presente estudo busca preencher uma lacuna relevante do conhecimento em língua portuguesa, oferecendo um referencial conceitual e metodológico inédito que poderá subsidiar futuras pesquisas e aperfeiçoamentos doutrinários no âmbito das Forças Armadas.

A relevância dessa investigação decorre da necessidade de compreender como a Força Aérea Brasileira (FAB) tem estruturado suas capacidades relacionadas ao engajamento de alvos sensíveis ao tempo e de que forma essas capacidades se articulam com as exigências doutrinárias, tecnológicas, organizacionais e de comando e controle impostas pela guerra moderna. A ausência de estudos acadêmicos e de análises comparativas sistemáticas sobre o tema evidencia uma lacuna de conhecimento relevante, especialmente considerando o potencial do *Time-Sensitive Targeting* (TST) para aprimorar a letalidade, precisão e a responsividade do emprego aeroespacial.

Diante desse contexto, impõe-se a seguinte indagação orientadora: Em que estágio de maturidade operacional a Força Aérea Brasileira se encontra no emprego do *Time-Sensitive Targeting*, e quais capacidades são necessárias para sua consolidação?

Parte-se, portanto, da hipótese de que a FAB ainda não consolidou plenamente a capacidade de empregar o TST, em razão de restrições doutrinárias, estruturais e tecnológicas que limitam a sinergia entre sensores, decisores e vetores de ataque — comprometendo, assim, o desempenho do ciclo de tomada de decisão e sua integração sistêmica nos moldes das práticas consolidadas por forças aéreas de referência, como a dos Estados Unidos (EUA).

Portanto, o objetivo geral desta dissertação é verificar em que estágio de maturidade operacional a Força Aérea Brasileira (FAB) se encontra no emprego do *Time-Sensitive Targeting* (TST), tendo como referência comparativa a experiência doutrinária e operacional da Força Aérea dos Estados Unidos (USAF). A investigação contempla as dimensões doutrinária, tecnológica, organizacional e de C2, com o propósito de identificar lacunas estruturais e propor

uma estrutura conceitual analítica que contribua para o aprimoramento dessa competência no âmbito do poder aeroespacial nacional.

De modo a orientar a investigação, estabelecem-se os seguintes objetivos específicos:

1. Desenvolver uma estrutura conceitual de análise baseada em estágios de maturidade, destinada à avaliação da capacidade de emprego do Time-Sensitive Targeting (TST).
2. Analisar o processo de consolidação do *Time-Sensitive Targeting (TST)* nas Forças Armadas dos Estados Unidos, identificando os principais marcos doutrinários, tecnológicos e organizacionais que servem de referência para a pesquisa.
3. Aplicar a estrutura analítica proposta à experiência operacional e doutrinária da Força Aérea dos Estados Unidos (USAF), com o objetivo de caracterizar seus estágios de maturidade no emprego do TST.
4. Avaliar, à luz da estrutura analítica desenvolvida, a capacidade atual da Força Aérea Brasileira (FAB) nos aspectos doutrinários, tecnológicos, organizacionais e de comando e controle relacionados ao TST.
5. Realizar a análise comparativa entre os estágios de maturidade identificados na USAF e na FAB, a fim de evidenciar convergências, lacunas e limitações estruturais.

A escolha dos Estados Unidos como referência comparativa fundamenta-se em razões históricas, doutrinárias e metodológicas. Trata-se da força aérea que concebeu, consolidou e institucionalizou o TST como uma capacidade plenamente integrada ao ciclo de planejamento e execução das operações conjuntas, constituindo, portanto, o referencial empírico mais consistente e documentado de maturidade nesse domínio. Desde a Guerra do Golfo (1991), as forças norte-americanas vêm aperfeiçoando o processo de engajamento dinâmico de alvos por meio da integração entre sensores, decisores e vetores, sustentada por um sistema de C2 altamente interoperável e continuamente aprimorado. Ademais, existe amplo acervo doutrinário e documental de acesso público, composto por manuais, publicações conjuntas, relatórios operacionais e estudos de caso, que permitem uma análise empírica rigorosa e verificável (Estados Unidos, 2018, 2021a, b).

Outro aspecto que reforça essa escolha é o fato de o modelo norte-americano ter sido adotado como referência conceitual e procedimental pela Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), influenciando diretamente a estrutura de *targeting* das forças aliadas dessa organização. A Força Aérea Brasileira, por sua vez, incorpora parcela significativa dessa lógica operacional em suas doutrinas e manuais, especialmente no tocante aos processos de planejamento, designação e execução de alvos em operações aéreas e conjuntas. Nesse sentido,

a adoção do caso norte-americano como paradigma comparativo (*benchmarking*)<sup>2</sup> não se destina à mera replicação de práticas estrangeiras, mas à identificação de princípios estruturantes, lições aprendidas e parâmetros de maturidade que possam subsidiar a construção de uma capacidade nacional de engajamento de alvos sensíveis ao tempo, compatível com as particularidades estratégicas e institucionais da Força Aérea Brasileira.

Adicionalmente, é importante destacar que a opção por utilizar majoritariamente documentos doutrinários ocidentais decorre não de uma limitação analítica, mas da constatação de que o TST constitui uma doutrina formalmente consolidada apenas no contexto das Forças Armadas dos Estados Unidos e da OTAN. Nas doutrinas militares de países não ocidentais — como China, Rússia, Irã, Índia e Coreia do Norte — não se identificam, até o presente momento, em fontes abertas, estruturas normativas equivalentes ou terminologias específicas voltadas ao tratamento sistematizado de alvos sensíveis ao tempo. Embora existam referências conceituais à necessidade de engajar alvos móveis ou de oportunidade, essas discussões são geralmente baseadas em observações técnicas ou em descrições genéricas de capacidades, sem resultar em processos codificados comparáveis ao TST.

Tampouco foram localizadas fontes públicas que apresentem estrutura conceitual ou procedimental análoga ao TST. Mesmo quando mencionam o termo “alvos sensíveis ao tempo” em análises técnicas ou exercícios doutrinários, o fazem com base na terminologia ocidental, não como parte de um arcabouço operacional consolidado. Relatórios de instituições independentes, como o *International Institute for Strategic Studies* (IISS) e a *RAND Corporation*, corroboram essa lacuna ao apontar que não há doutrina publicada por esses países que trate do engajamento dinâmico e preciso de alvos de oportunidade em termos compatíveis com o modelo TST.

Dessa forma, a centralidade atribuída à doutrina norte-americana neste estudo justifica-se pela robustez das fontes, pela acessibilidade do acervo documental e pela ausência, até o momento, de modelos doutrinários equivalentes em países não ocidentais. A experiência acumulada pelas Forças Armadas dos Estados Unidos fornece um referencial consolidado que sustenta a formulação de um modelo de comparação analítico próprio, inspirado na tradição dos estágios de desenvolvimento organizacional, para avaliar o grau de maturidade do TST em diferentes contextos.

---

<sup>2</sup> O benchmarking consiste em um processo sistemático e contínuo de análise comparativa, por meio do qual uma organização identifica práticas, métodos ou desempenhos de referência em outras instituições reconhecidas por sua excelência, com o objetivo de extrair parâmetros analíticos e orientações estratégicas passíveis de adaptação à sua própria realidade, sem implicar a reprodução automática de modelos externos (SEBRAE, 2023).

Compreender o TST, entretanto, requer situá-lo dentro de um sistema mais amplo de seleção, priorização e engajamento de alvos, conhecido na doutrina como *targeting*. Esse processo, que abrange desde a identificação e análise até a decisão e execução do ataque, constitui o elo central entre os objetivos estratégicos e os efeitos táticos desejados. Assim, o TST não deve ser entendido como uma atividade isolada, mas como o ponto mais avançado de maturidade de um ciclo de *targeting* plenamente integrado — aquele em que a informação, o comando e a ação convergem em tempo real para produzir efeitos decisivos.

Do ponto de vista metodológico, esta dissertação adota uma abordagem qualitativa, de natureza exploratória e explicativa, com base histórico-analítica. O método hipotético-dedutivo orienta a investigação, na medida em que parte da formulação de proposições acerca da evolução e das condições de implementação do TST, as quais são examinadas à luz de evidências empíricas extraídas de casos históricos e de documentos doutrinários.

O procedimento metodológico adotado é o estudo comparado de casos múltiplos, sustentado em análise documental e revisão bibliográfica especializada, com ênfase em fontes oficiais e doutrinárias do Departamento de Defesa dos Estados Unidos (Department of Defense - DoD) (Estados Unidos, 2017a, 2018, 2020a, c, 2021a, b) além de publicações nacionais, entre elas a Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (Brasil, 1975, 1990, 1997, 2005, 2012, 2020c, d) e os documentos da Política Nacional de Defesa (Brasil, 2020a) e da Estratégia Nacional de Defesa (Brasil, 2020b).

Todos os documentos empregados são de caráter ostensivo e de domínio público, não envolvendo informações classificadas ou de acesso restrito, de modo que sua utilização nesta pesquisa observa integralmente as normas de segurança institucional e de ética acadêmica.

As técnicas de pesquisa empregadas incluem: (1) análise documental, para exame crítico de manuais, relatórios e doutrinas; (2) análise de conteúdo, com vistas a identificar padrões conceituais e narrativos na evolução do TST; e (3) categorização analítica, voltada à sistematização dos dados segundo os eixos estruturantes do modelo proposto. A tipologia desenvolvida, ainda que original, não se pretende definitiva, mas funcional: busca identificar padrões recorrentes no desenvolvimento do TST, aferir o nível de evolução dessa capacidade nas campanhas analisadas e oferecer subsídios para o aprimoramento doutrinário e operacional das Forças Armadas brasileiras no campo do engajamento de alvos sensíveis ao tempo.

No que se refere à delimitação do objeto de estudo, esta pesquisa concentra-se na Força Aérea Brasileira (FAB), reconhecendo seu papel central como vetor primário para o desenvolvimento da capacidade de TST no país. Essa escolha não implica desconsiderar o caráter interforças e integrado das operações modernas, nas quais o TST se insere como uma

função essencial de apoio ao combate terrestre e marítimo. Ao contrário, reconhece-se que o sucesso desse emprego depende da sinergia entre os componentes aéreo, terrestre e naval, especialmente no compartilhamento de inteligência, vigilância e reconhecimento (IVR), na coordenação de efeitos e na integração de sistemas de Comando e Controle (C2).

Todavia, a delimitação analítica sobre a FAB justifica-se pela ênfase deste trabalho em compreender como essa Força, enquanto expressão do poder aeroespacial, pode estruturar e empregar o TST de forma autônoma e contributiva dentro do contexto conjunto, servindo como núcleo de referência para o desenvolvimento nacional dessa competência.

Adicionalmente, o presente estudo não tem por objetivo analisar as implicações jurídicas do TST sob a ótica do Direito Internacional dos Conflitos Armados (DICA) ou das regras de engajamento. Embora tais discussões sejam relevantes — sobretudo diante das controvérsias emergentes relacionadas ao uso de sistemas autônomos e à decisão letal assistida por algoritmos —, elas extrapolam o escopo desta dissertação. Aqui, o TST é tratado enquanto técnica, doutrina e processo operacional, focalizando as dimensões doutrinária, tecnológica, estrutural e organizacional necessárias à sua implementação no contexto da Força Aérea Brasileira e das operações conjuntas.

Com o propósito de compreender esse processo em profundidade, o trabalho tem início com a apresentação dos fundamentos teóricos e doutrinários que explicam o *Time-Sensitive Targeting* (TST) e sua aplicação nas operações aeroespaciais. O Capítulo 1 aborda os princípios da doutrina militar, o funcionamento das operações conjuntas entre as Forças e o processo de seleção e ataque de alvos conforme o modelo adotado pelos Estados Unidos. São descritas as etapas que compõem o TST, as responsabilidades de quem autoriza e executa o engajamento e a forma como informações e decisões precisam ser integradas para que a ação ocorra no momento certo. Além disso, o texto examina o TST como um processo, analisando os conceitos de gestão e desempenho baseados em eficiência, eficácia e efetividade, e discute como esses parâmetros permitem identificar diferentes níveis de maturidade, isto é, o grau em que uma organização alcança resultados de forma consistente e integrada. Esse referencial teórico estabelece a base necessária para compreender a evolução da capacidade de TST ao longo dos conflitos enfrentados pelos Estados Unidos e, a partir desses marcos históricos, fundamentar a construção de um modelo comparativo aplicável à realidade brasileira.

O Capítulo 2 examina a evolução histórica e operacional do TST nas Forças Armadas dos Estados Unidos, desde as origens do pensamento derivado da doutrina *AirLand Battle* até os conflitos contemporâneos. São analisadas as principais campanhas aéreas — como a *Operation Desert Storm*, *Allied Force*, *Enduring Freedom*, *Iraqi Freedom* e *Inherent Resolve*

— e a forma como cada uma contribuiu para o aperfeiçoamento da integração entre sensores, decisores e vetores. O capítulo identifica os marcos que impulsionaram o amadurecimento do TST, destacando o impacto das inovações em Comando e Controle (C2), vigilância, armamento e doutrina, que transformaram o poder aéreo norte-americano em uma capacidade integrada e responsiva.

O Capítulo 3 dedica-se à formulação do modelo analítico de maturidade proposto nesta dissertação, desenvolvido a partir das lições extraídas da experiência norte-americana e da adaptação dos modelos organizacionais baseados em estágios. O modelo é estruturado em eixos de avaliação que representam os componentes essenciais do TST — como doutrina, C2, inteligência, treinamento, armamento e integração conjunta — e estabelece níveis progressivos de desenvolvimento, desde a inexistência até a maturidade plena. Essa estrutura teórico-metodológica permite mensurar o grau de evolução de uma força aérea no emprego do TST e serve como ferramenta de comparação entre diferentes realidades operacionais.

O Capítulo 4 aplica o modelo proposto à Força Aérea Brasileira (FAB), analisando suas capacidades atuais sob as dimensões doutrinária, tecnológica, estrutural e organizacional. Essa etapa busca identificar o estágio de maturidade da FAB no emprego do TST, avaliando avanços, limitações e desafios que influenciam sua prontidão operacional. Ao final, o capítulo integra os resultados obtidos, oferecendo uma leitura comparativa entre o desenvolvimento brasileiro e o padrão consolidado pelas forças de referência, e apontando caminhos estratégicos para o fortalecimento do poder aeroespacial nacional.

E por fim, a Conclusão, nesta parte, busca-se retomar o problema de pesquisa e a hipótese inicial, situando-os à luz das análises desenvolvidas ao longo do trabalho. Pretende-se integrar os principais pontos discutidos — desde a formulação conceitual do *Time-Sensitive Targeting* (TST) e a construção do modelo analítico até sua aplicação à realidade da Força Aérea Brasileira —, compondo uma síntese coerente do percurso investigativo. Essa etapa final tem por objetivo consolidar os resultados obtidos, refletindo sobre a coerência entre as evidências levantadas e a hipótese proposta, bem como indicar perspectivas para desdobramentos e aprofundamentos futuros.

## **1 FUNDAMENTOS DOUTRINÁRIOS E CONCEITUAIS DO *TIME-SENSITIVE TARGETING***

Este capítulo estabelece a base teórica da dissertação, delineando os conceitos fundamentais para a compreensão e a análise do *Time-Sensitive Targeting* (TST). A exposição parte dos pilares do emprego militar contemporâneo — a Doutrina (Seção 1.1) e as Operações Conjuntas e Combinadas (Seção 1.2) — que fornecem o enquadramento normativo e operacional indispensável ao entendimento dessa capacidade. Em seguida, apresenta-se o processo de TST (Seção 1.3), detalhando sua estrutura, suas etapas — como o seu ciclo — e sua relação com o planejamento deliberado expresso na *Air Tasking Order* (ATO), conforme as publicações doutrinárias dos Estados Unidos.

Por fim, o capítulo estabelece o elo entre essa prática militar e os referenciais teóricos da Teoria de Processos (Seção 1.4), da Efetividade no Emprego do Poder Aéreo (Seção 1.5) e da Maturidade Organizacional (Seção 1.6), compondo o arcabouço analítico que servirá de fundamento para as análises e modelos desenvolvidos nas seções subsequentes.

### **1.1 DOUTRINA MILITAR COMO FUNDAMENTO DO *TIME-SENSITIVE TARGETING***

Antes de analisar o *Time-Sensitive Targeting* (TST) como um processo técnico, é fundamental compreendê-lo em sua dimensão mais ampla: a de doutrina militar. O TST não se configura apenas como um conjunto de ações ou procedimentos decisórios, mas como uma filosofia de emprego do poder aéreo, sustentada por elementos culturais, conceituais e institucionais que orientam a forma como a organização pensa, decide e atua sob severas restrições temporais. É essa dimensão doutrinária que confere coerência, legitimidade e continuidade ao TST como capacidade militar.

Nesse sentido, a doutrina militar constitui o arcabouço conceitual que transforma a experiência acumulada em orientação de emprego, organizando crenças profissionais, estabelecendo uma linguagem comum e padronizando critérios de decisão com o propósito de reduzir fricções e alinhar a ação em ambientes marcados pela incerteza. No plano institucional brasileiro, tanto a Doutrina Militar de Defesa (MD51-A-MA-04A) quanto a Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (DCA 1-1) definem doutrina como um conjunto harmônico de ideias, princípios, normas e procedimentos que orientam a organização, o preparo e o emprego das

forças nos níveis estratégico, operacional e tático, em tempos de paz, crise e guerra (Brasil, 2007; 2024a).

Sob uma perspectiva conceitual mais ampla, a doutrina não se limita a um corpo prescritivo de manuais ou regulamentos. Ela representa um conhecimento institucionalizado sobre “o que funciona” na guerra e na gestão da violência organizada, fornecendo a base para a padronização, a autoridade decisória e o exercício do julgamento profissional na aplicação da força (Høiback, 2013, 2016; Jackson, 2013; Sjøgren, 2023). É justamente essa característica que permite compreender o TST como uma doutrina completa de emprego, e não apenas como um processo isolado de decisão.

Enquanto doutrina, o TST estrutura um sistema normativo e conceitual que integra, sob um mesmo corpo de princípios, os processos de identificação, priorização, decisão, engajamento e avaliação de alvos. Ao fazê-lo, orienta simultaneamente a forma como o comando percebe o problema, como as unidades executam as ações e como a organização aprende e ajusta seus ciclos temporais. Embora envolva métodos, técnicas e ferramentas específicas, sua essência reside na capacidade de fornecer um modo institucional de pensar e agir sob restrição temporal, convertendo tempo em vantagem decisiva no emprego do poder aéreo.

A literatura doutrinária aponta que todo corpo doutrinário se sustenta na articulação entre três elementos centrais: teoria, cultura e autoridade (Høiback, 2013). A teoria fornece a lógica conceitual que explica por que determinadas práticas são adotadas; a cultura traduz essa lógica em valores, hábitos e disposições organizacionais; e a autoridade legitima a padronização, a delegação de responsabilidades e a aplicação uniforme do conhecimento doutrinário. No caso do TST, essa tríade manifesta-se na centralidade do tempo como variável decisiva do poder de combate, na internalização da velocidade decisória e da interoperabilidade como valores organizacionais e na institucionalização de estruturas de comando capazes de delegar decisões ao menor escalão autorizado, sem comprometer a coerência do esforço conjunto. A ausência de qualquer um desses elementos tende a descaracterizar o TST como doutrina, reduzindo-o a uma soma fragmentada de procedimentos técnicos sem identidade institucional.

Entretanto, mesmo doutrinas conceitualmente sólidas não se implementam de forma automática. Entre o texto doutrinário e o comportamento organizacional existe uma zona de tradução prática, na qual crenças, experiências acumuladas e culturas locais reinterpretam o que está formalmente prescrito. Sjøgren (2023) demonstra que as forças armadas frequentemente operam com uma doutrina formal e uma doutrina implícita, moldada por práticas cotidianas e

tradições organizacionais que podem divergir da intenção original dos manuais. Assim, a efetividade de uma doutrina depende menos de sua formulação documental e mais de sua internalização, ensino e validação prática no nível operacional.

Nesse contexto, a literatura sobre implementação doutrinária destaca que a incorporação bem-sucedida de um novo paradigma exige, ao menos, três condições fundamentais: coerência cultural, autoridade institucional e credibilidade prática (Nisser, 2021). Para o TST, isso implica alinhar culturas organizacionais tradicionalmente centralizadoras à lógica de delegação decisória, assegurar prioridade institucional ao tema nas agendas de modernização e produzir evidências empíricas de sua aplicabilidade por meio de exercícios, simulações e operações. Sem esse tripé, a doutrina tende a permanecer como um enunciado aspiracional, incapaz de alterar práticas consolidadas.

Outro desafio central reside no equilíbrio entre padronização e adaptabilidade. Conforme argumenta Hoiback (2016), a doutrina deve ser suficientemente clara para garantir unidade de ação, mas suficientemente flexível para permitir julgamento profissional em ambientes complexos e dinâmicos. Essa elasticidade é particularmente relevante para o TST, que opera sob condições de elevada volatilidade informacional e temporal. Doutrinas excessivamente rígidas tendem à obsolescência, enquanto formulações excessivamente vagas perdem poder orientador (Honig, 2015). O equilíbrio entre orientação e liberdade interpretativa constitui, portanto, condição indispensável para a efetividade do TST.

A experiência das forças da OTAN e do Departamento de Defesa dos Estados Unidos evidencia que a doutrina é o principal mecanismo de padronização conceitual e de interoperabilidade operacional. Ambas definem doutrina como um conjunto de princípios fundamentais que orientam a ação militar em apoio aos objetivos estratégicos, possuindo caráter autoritativo, mas exigindo julgamento em sua aplicação (OTAN, 2019a; Estados Unidos, 2021b). O TST insere-se precisamente nessa lógica ao fornecer uma moldura comum para a integração de forças, sistemas e decisões sob restrições temporais críticas, evidenciando que seu êxito depende menos da sofisticação tecnológica isolada e mais da existência de uma doutrina consolidada que una sensores, decisores e executores sob um mesmo referencial conceitual e terminológico.

Em síntese, compreender o TST como doutrina implica reconhecer que ele representa uma transformação na forma de conceber, planejar e conduzir o emprego do poder aéreo. Seu valor não reside apenas na aceleração de processos ou na precisão de ataques, mas na construção de uma cultura organizacional orientada à decisão oportuna, à integração sistêmica e à redução da fricção entre informação, comando e ação. Esse entendimento constitui o ponto de partida

indispensável para avaliar, nos capítulos seguintes, em que medida a Força Aérea Brasileira dispõe — ou ainda carece — dos elementos doutrinários necessários para desenvolver plenamente essa capacidade.

## 1.2 OPERAÇÕES CONJUNTAS E COMBINADAS

Uma doutrina complexa como o Time-Sensitive Targeting não pode ser compreendida de forma isolada, pois sua lógica de funcionamento pressupõe um ambiente operacional caracterizado pela atuação coordenada de múltiplas forças e, em muitos casos, de múltiplas nações. O TST é concebido para operar em contextos nos quais capacidades distintas encontram-se distribuídas entre diferentes organizações, exigindo mecanismos institucionais de coordenação, compartilhamento de informações e autoridade decisória compatíveis com essa complexidade.

Nesse sentido, as operações conjuntas e combinadas constituem o ambiente natural de aplicação do TST. Mais do que uma opção organizacional, tais operações representam a condição sob a qual se torna possível reduzir fricções entre escalões, sincronizar esforços e conferir unidade de ação a processos decisórios que envolvem múltiplos atores. A efetividade do TST, portanto, está diretamente associada à existência de estruturas doutrinárias e organizacionais que viabilizem a condução integrada das operações, tanto no plano interforças quanto no multinacional.

À luz das publicações doutrinárias dos Estados Unidos e da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), operações conjuntas são aquelas conduzidas por elementos significativos de pelo menos dois ramos das Forças Armadas de um mesmo país, sob autoridade unificada, ao passo que operações combinadas envolvem forças de duas ou mais nações atuando de forma coordenada em prol de objetivos estratégicos comuns (Estados Unidos, 2017a; OTAN, 2019a).

No Brasil, a diretriz ministerial também adota a lógica de um comando operacional único para integrar meios navais, terrestres e aéreos, com o propósito de evitar duplicidades, aperfeiçoar a interoperabilidade<sup>3</sup> e ampliar a sinergia dos componentes (Brasil, 2020a). Em

---

<sup>3</sup> Interoperabilidade (*interoperability*) é definida pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos como:  
“1. A capacidade de atuar conjuntamente de forma coerente, eficaz e eficiente para alcançar objetivos táticos, operacionais e estratégicos.  
2. A condição obtida entre sistemas ou equipamentos de comunicações e eletrônicos quando informações ou serviços podem ser trocados direta e satisfatoriamente entre eles e/ou seus usuários.”  
(ESTADOS UNIDOS, 2021b, p. 110, tradução nossa).

síntese, tanto no âmbito nacional quanto nas alianças ocidentais, parte-se da premissa de que a unidade de esforço e a complementaridade de capacidades produzem efeitos superiores à soma de atuações isoladas.

As operações conjuntas norte-americanas emergiram de um processo de aprendizado institucional marcado por fracassos e tensões entre as Forças Singulares. A ausência de comando unificado, de doutrina comum e de canais de comunicação integrados comprometeu o êxito de diversas missões, evidenciando a fragilidade da coordenação interforças. A *Operation Eagle Claw* (Irã, 1980) revelou graves falhas de planejamento e interoperabilidade durante a tentativa de resgate de reféns em Teerã; já a *Operation Urgent Fury* (Granada, 1983) expôs limitações semelhantes na integração de comunicações e no comando de forças terrestres, navais e aéreas. Esses episódios deixaram claro que o sistema vigente não atendia às exigências da guerra moderna e impulsionaram reformas estruturais profundas no DoD dos Estados Unidos (Finlan; Danielsson; Lundqvist, 2021).

O resultado foi a promulgação do *Goldwater–Nichols Department of Defense Reorganization Act* (Estados Unidos, 1986), conforme analisado por Locher (2002), a legislação reformulou a estrutura de comando e controle, fortalecendo a autoridade dos Comandantes de Combate (*Combatant Commanders*), redefinindo a relação entre os ramos das Forças Armadas e institucionalizando a obrigatoriedade de interoperabilidade como requisito essencial à eficácia operacional. Ao subordinar os serviços à lógica de um comando conjunto e ao vincular as promoções de oficiais superiores à experiência em funções interforças, o ato promoveu a unificação doutrinária e organizacional que faltava às forças norte-americanas.

O impacto dessas reformas e da subsequente consolidação doutrinária ultrapassou as fronteiras norte-americanas. Conforme salientam Finlan, Danielsson e Lundqvist (2021), o conceito de “*joint operations*” (Operação Conjunta) — inicialmente concebido para corrigir deficiências internas — foi rapidamente difundido e adaptado por aliados, tornando-se um modelo de referência no âmbito da OTAN. Essa difusão ocorreu principalmente por meio das publicações oficiais norte-americanas, como a *Joint Publication 3-0: Doctrine for Joint Operations*, de 1993, posteriormente simplificada para *Joint Operations*. Segundo esses autores, o Reino Unido e a OTAN internalizaram esse modelo, publicando a *Joint Doctrine Publication 01 (JDP 01)* e a *Allied Joint Publication 01 (AJP 01)*, respectivamente (Finlan; Danielsson; Lundqvist, 2021). Com isso, o padrão de planejamento e execução conjunta norte-americano foi institucionalizado em diversos países, moldando a cultura de interoperabilidade que caracteriza as operações ocidentais contemporâneas.

Como destacam os mesmos autores, esse processo não apenas solucionou deficiências estruturais, mas também marcou o início de uma nova cultura militar baseada na integração de domínios e na busca de interoperabilidade. A partir dessa reconfiguração, as forças singulares passaram a atuar principalmente como provedoras de meios, enquanto a condução operacional das campanhas ficou a cargo de comandos conjuntos com autoridade sobre todos os componentes. Conflitos posteriores, como a Guerra do Golfo (1991), confirmaram a eficácia do novo modelo, consagrando a figura do Comandante de Componente Aéreo da Força Conjunta (*Joint Force Air Component Commander – JFACC*) e o princípio do planejamento centralizado com execução descentralizada (Estados Unidos, 2017a, 2020).

No tocante às operações combinadas, a experiência aliada na Segunda Guerra Mundial consolidou os fundamentos da atuação integrada entre nações, com arranjos como o *Combined Chiefs of Staff* e os comandos unificados por teatro, que articularam planejamento conjunto, unidade de esforço e coordenação multinacional em larga escala (Olsen, 2010). No pós-guerra, esse legado foi gradualmente normatizado: no contexto euro-atlântico, a OTAN, criada em 1949, consolidou doutrina e procedimentos padronizados por meio de Acordos de Padronização (*Standardization Agreements – STANAGs*) e, posteriormente, como visto anteriormente, das *Allied Joint Publications (AJP)* que unifica princípios de planejamento e condução e busca reduzir fricções entre componentes multinacionais (OTAN, 2019b). Em conjunto, tais desenvolvimentos — somados às reformas de comando norte-americanas — estruturaram o arcabouço contemporâneo das operações conjuntas e combinadas, o qual privilegia comando unificado, padronização procedimental e integração técnico-organizacional como condições para o emprego eficaz do poder militar.

Atualmente, as operações conjuntas e combinadas são concebidas e conduzidas sob uma lógica multidomínio (*multi-domain<sup>4</sup>*), que integra de forma coordenada os domínios terrestres, marítimo, aéreo, espacial (*space*) e cibernético (*cyberspace*), bem como o ambiente informacional, visando sincronizar efeitos no tempo e no espaço (Estados Unidos, 2018; OTAN, 2019b). Em paralelo, ganha relevo a cooperação interagências (*interagency*) e interorganizacional — com atores civis, governamentais e internacionais —, tratada na doutrina dos EUA como *Whole-of-Government Approach* (abordagem de governo como um todo) e, na

---

<sup>4</sup> As operações multidomínio (*Multi-Domain Operations – MDO*) representam um conceito operacional emergente que visa integrar, em tempo real, os efeitos produzidos nos domínios terrestre, aéreo, marítimo, cibernético e espacial, a fim de gerar sobreposição de pressões e explorar vulnerabilidades inimigas de forma simultânea. A doutrina norte-americana enfatiza que o sucesso em conflitos futuros dependerá da capacidade de comandar e controlar forças dispersas, interconectadas e atuando em todos os domínios de forma sinérgica (Estados Unidos, 2018).

OTAN, como *Comprehensive Approach* (abordagem abrangente), ambas orientadas à unidade de esforço além dos limites estritamente militares (Estados Unidos, 2018; OTAN, 2019b).

No caso específico do *Time-Sensitive Targeting* (TST), a doutrina norte-americana enfatiza que o sucesso desse processo depende fortemente da integração conjunta e/ou combinada. Durante a *Operation Iraqi Freedom* (2003), a efetividade do TST foi atribuída em grande parte à estruturação de equipes de *targeting* interforças, à interoperabilidade tecnológica e à consciência situacional compartilhada proporcionada pelos sistemas de Comando e Controle (C2) operando em tempo real (Fyfe, 2005). Conforme detalhado na doutrina AFDP 3-60 (*Air Force Doctrine Publication*), Estados Unidos (2021a), o engajamento de alvos sensíveis ao tempo exige, por definição, uma resposta coordenada, ágil e descentralizada, atributos que só se materializam plenamente em um ambiente conjunto/combinado maduro.

Em síntese, operações conjuntas e combinadas são pilares fundamentais da doutrina militar moderna. Elas viabilizam o emprego eficiente de meios heterogêneos sob uma lógica integradora, ampliando o alcance estratégico das ações militares. Entretanto, exigem níveis elevados de interoperabilidade, disciplina doutrinária, clareza nos papéis de comando e flexibilidade organizacional. No contexto desta dissertação, compreender essas operações é essencial para analisar o funcionamento e os requisitos operacionais do TST, cujos resultados dependem diretamente da articulação fluida entre sensores, decisores e vetores de ataque oriundos de diferentes forças e países aliados.

### 1.3 O PROCESSO DO TST SOB A PERSPECTIVA DOUTRINÁRIA DOS ESTADOS UNIDOS

Estabelecidos a natureza doutrinária (1.1) e o contexto conjunto (1.2) do TST, a análise deve agora focar em sua mecânica processual. Essa "articulação fluida" citada anteriormente materializa-se em um ciclo de engajamento que se inicia com a definição de seu objeto fundamental. Para compreendê-lo, é necessário iniciar pela conceituação do termo alvo (*target*), conforme definido pela doutrina conjunta das Forças Armadas dos Estados Unidos, um *target* é qualquer entidade ou objeto considerado para possível engajamento ou outra ação militar, abrangendo instalações, indivíduos, elementos virtuais (intangíveis), equipamentos ou organizações (Estados Unidos, 2018, 2021a). Sua relevância, entretanto, não decorre de mera existência física ou informacional, mas da função que exerce na sustentação das capacidades adversárias cuja neutralização é indispensável ao alcance dos objetivos militares estabelecidos.

Em outras palavras, a qualificação de algo como alvo resulta de sua inserção na lógica de efeitos desejados — e não de características intrínsecas isoladas.

No mesmo marco, o processo de seleção de alvos (*targeting*), por sua vez, é descrito como o processo de seleção e priorização sistemática de alvos, associada à definição dos meios mais adequados para gerar os efeitos desejados, levando em consideração os objetivos do comandante, as exigências operacionais e as capacidades disponíveis (Estados Unidos, 2021a). Trata-se de uma função essencial de comando, que requer supervisão direta da autoridade decisória e a integração de múltiplas disciplinas, como inteligência, operações e planejamento. O *targeting* ocorre em todos os níveis do conflito — estratégico, operacional e tático — e se estende por todo o espectro das operações conjuntas norte-americanas, incluindo o período prévio, durante e posterior às hostilidades (Estados Unidos, 2018). Pode envolver tanto meios cinéticos quanto não cinéticos, contribuindo para a tradução dos objetivos estratégicos em ações concretas por meio da articulação entre fins, modos, meios e riscos.

A doutrina conjunta das Forças Armadas dos Estados Unidos divide o *targeting* em duas categorias fundamentais: deliberado (*deliberate targeting*) e dinâmico (*dynamic targeting*), conforme resumido na Tabela 1.

**Tabela 1** - Categorias De Alvos No Ciclo De Targeting.

<i>Targeting</i>	Subcategoria	Descrição
DELIBERADO	<i>Scheduled Target</i> (Alvo Programado)	Alvo planejado para ser engajado em horário específico na ATO.
	<i>On-Call Target</i> (Alvo sob demanda)	Alvo com planejamento concluído, aguardando gatilho ou condição.
	<i>Unscheduled Target</i> (Não agendado)	Alvo conhecido previamente, mas não incluído na ATO atual.
DINÂMICO	<i>Unanticipated Target</i> (Não previsto)	Alvo novo e inesperado, identificado durante a execução.
	<i>Component-Critical Target</i> (CCT)	Alvo essencial para um componente, mas não formalmente designado como TST.
	<i>Time-Sensitive Target</i> (TST)	Alvo de altíssima prioridade, validado pelo JFC para engajamento imediato.

**Fonte:** Elaborado pelo autor com base em JP 3-60 e AFDP 3-60 (Estados Unidos, 2018, 2021a) (tradução nossa).

O *deliberate targeting* aplica-se a situações em que há tempo suficiente para que o alvo seja identificado, desenvolvido e incluído em um plano formal ou na Ordem de Tarefas Aéreas (*Air Tasking Order* – ATO). Essa abordagem permite uma análise detalhada, maior coordenação entre os componentes e a designação antecipada de meios para o engajamento, sendo empregada, por exemplo, contra alvos conhecidos e relativamente estáveis. Já o *dynamic targeting* abrange os alvos identificados tardiamente, ou seja, aqueles que surgem ou se tornam relevantes após o fechamento da ATO vigente, exigindo resposta rápida e coordenação em tempo real. Embora seja comum associar o *targeting* deliberado a alvos fixos e o dinâmico a alvos móveis, essa correlação não é exata: a distinção essencial reside no tempo disponível para o planejamento e na urgência exigida para a decisão e o engajamento (Estados Unidos, 2018).

No âmbito do *targeting* dinâmico, a doutrina norte-americana reconhece quatro categorias principais de alvos. Os alvos não programados (*unscheduled targets*) são aqueles previamente desenvolvidos e incluídos em listas como a *Joint Target List* (JTL) ou a *Restricted Target List* (RTL), mas que não foram selecionados para engajamento na ATO vigente; tornam-se prioritários quando condições táticas ou operacionais justificam sua ativação imediata. Os alvos não antecipados (*unanticipated targets*) são inteiramente novos, ou seja, não foram identificados durante o planejamento e surgem de forma inesperada durante a execução da operação, exigindo avaliação célere para possível engajamento. Os alvos críticos para o componente (*Component-Critical Targets* – CCT) são aqueles cuja neutralização é considerada essencial por um componente específico da força conjunta (como o aéreo, terrestre ou marítimo), mas que não foram validados como TST pelo Comandante da Força Conjunta (*Joint Force Commander* – JFC). Por fim, os alvos sensíveis ao tempo designados pelo JFC (*JFC Time-Sensitive Targets* – TST) são aqueles que, devido à sua ameaça iminente ou valor estratégico elevado, foram previamente identificados e priorizados pelo JFC, podendo inclusive justificar o redirecionamento de recursos em tempo real (Estados Unidos, 2018).

Para fins desta pesquisa, adota-se uma abordagem conceitual ampliada: todos os alvos processados por meio do *targeting* dinâmico — *Unscheduled Target* (Não agendado), *Unanticipated Target* (Não previsto), *Component-Critical Target* (CCT), *Time-Sensitive Target* (TST) independentemente de sua designação formal — serão aqui compreendidos sob o escopo do *Time-Sensitive Targeting*, como parte de um mesmo processo. Essa escolha metodológica justifica-se pelo fato de que tais alvos compartilham atributos operacionais semelhantes: surgem fora do ciclo deliberado, demandam decisões em janelas temporais

reduzidas, requerem coordenação ágil e pressupõem a descentralização do processo de engajamento.

Dessa forma, o termo TST será, neste trabalho, utilizado como categoria funcional que abrange todo o conjunto de alvos tratados com sensibilidade temporal no contexto operacional.

### 1.3.1 O Ciclo da *Air Tasking Order*

No contexto das operações conjuntas conduzidas pelas Forças Armadas dos Estados Unidos, o processo de emprego do poder aéreo desenvolve-se em três níveis conceituais interdependentes: o *Joint Targeting Cycle*, o *Air Tasking Cycle* e, dentro deste, o processo de produção da *Air Tasking Order* (ATO). Embora frequentemente mencionados de forma convergente na literatura doutrinária, tais processos operam em níveis distintos do planejamento, articulando-se desde a definição estratégica de objetivos pelo comandante conjunto até a materialização tático-operacional das missões aéreas.

O *Joint Targeting Cycle* (JTC), estabelecido no *Joint Publication* (JP 3-60) – *Joint targeting* (Estados Unidos, 2018), constitui o ciclo de *targeting* da força conjunta. Responsável por orientar a identificação, o desenvolvimento e a priorização de alvos relevantes ao nível estratégico-operacional, o JTC assegura que a seleção de alvos esteja alinhada à intenção do *Joint Force Commander*. O processo desenvolve-se em seis fases: (1) orientação do comandante; (2) desenvolvimento e priorização de alvos; (3) análise de capacidades; (4) decisão e designação de forças; (5) execução; e (6) avaliação (Estados Unidos, 2018).

Situado abaixo desse nível, o *Air Tasking Cycle* (ATC) – delineado no *Air Force Doctrine Publication* (AFDP 3-60) – *Targeting* (Estados Unidos, 2021a) e complementado pelo *Joint Publication* (JP 3-30) – *Joint air operations* (Estados Unidos, 2019) – constitui o processo específico do Componente Aéreo para transformar a orientação operacional do comandante em planos táticos executáveis. O ATC é definido como um processo “metódico, iterativo e responsivo, destinado a assegurar o emprego efetivo das capacidades aéreas conjuntas” (Estados Unidos, 2021a, tradução nossa). Seu objetivo central é integrar, de forma coerente, capacidades de ISR, C2, aeronaves tripuladas e não tripuladas, armamentos, guerra eletrônica, logística e demais meios necessários ao cumprimento dos objetivos do *Joint Force Air Component Commander* (JFACC).

O processo de elaboração da *Air Tasking Order* é comumente referido como *Air Tasking Order Cycle* (ATO Cycle). Em termos doutrinários, JP 3-30 e AFDP 3-60 utilizam os termos *Air Tasking Cycle* e *ATO Cycle* quase de forma intercambiável para designar a metodologia

que culmina na produção da ATO. Assim, mais do que uma “parcela” do ATC, o *ATO Cycle* representa a materialização procedimental desse ciclo, estruturando-se nas seis fases próprias do planejamento aéreo:

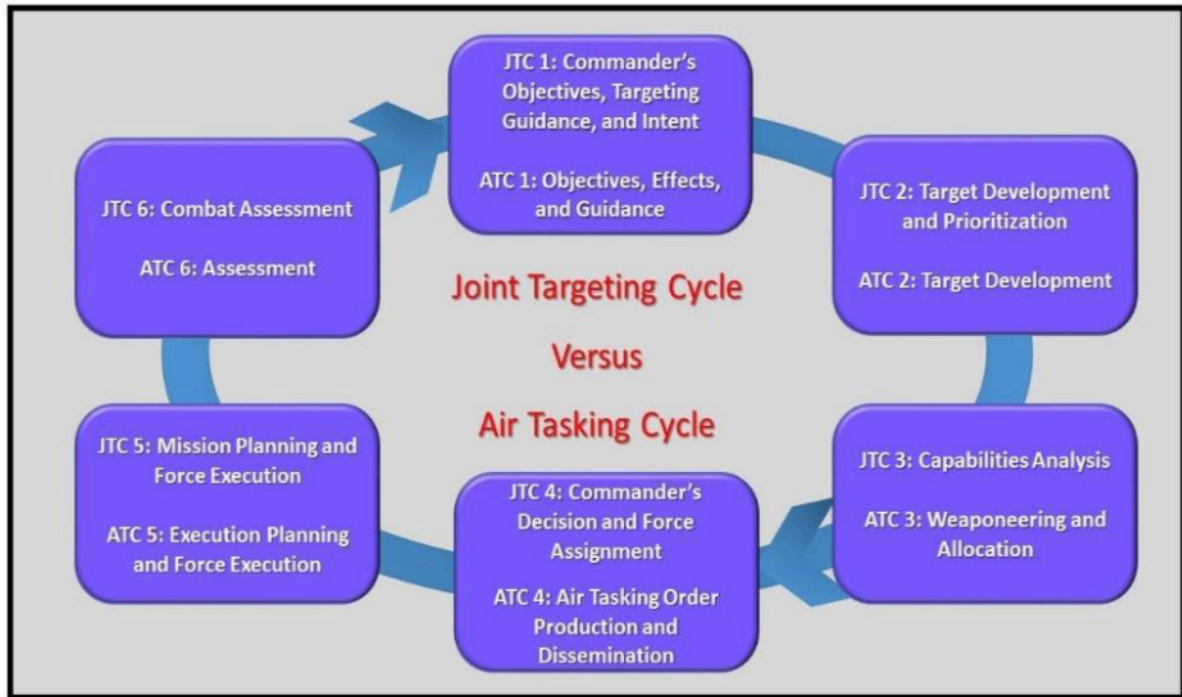
- (1) Objectives, Effects and Guidance — Objetivos, Efeitos e Orientação;
- (2) Target Development — Desenvolvimento de Alvos;
- (3) Weaponeering and Allocation — Engenharia de Armamento e Alocação;
- (4) ATO Production and Dissemination — Produção e Disseminação da ATO;
- (5) Execution Planning and Force Execution — Planejamento de Execução e Execução de Forças;
- (6) Assessment — Avaliação (Estados Unidos, 2018; 2021a).

Essas fases, embora conceitualmente alinhadas ao JTC, apresentam nomenclatura e ênfases específicas do componente aéreo.

A ATO, o produto desse processo, consolida todas as missões aéreas a serem executadas em um período contínuo de 24 horas, especificando alvos atribuídos, vetores designados, janelas de emprego, perfis táticos, altitudes, armamentos e medidas de coordenação e apoio. Sua elaboração, conduzida pelo *Air Operations Center* (AOC), costuma demandar entre 48 e 96 horas, o que implica que diversas ATOs se encontram simultaneamente em estágios distintos de maturação.

A relação entre o *Joint Targeting Cycle*, o *Air Tasking Cycle* e o *ATO Cycle* é apresentada na Figura 1, a qual evidencia as correspondências estruturais entre os processos e como cada nível alimenta o seguinte, desde a definição conjunta de alvos até o planejamento tático do poder aéreo.

**Figura 1** - Relação entre o Joint Targeting Cycle e o Air Tasking Cycle



Fonte: Estados Unidos (2021a, p. 18)

FASE 1. Definição de Objetivos e Diretrizes (*Objectives, Effects, and Guidance*): é a fase inicial do ciclo, em que o Comandante da Força Conjunta (*Joint Force Commander – JFC*) estabelece o estado final militar desejado, os objetivos estratégicos e os efeitos esperados sobre o inimigo. Com base nessas diretrizes, o comandante do componente aéreo desenvolve a Diretriz de Operações Aéreas (*Air Operations Directive – AOD*), que orienta todas as ações aéreas do dia seguinte. A AOD contém informações críticas como objetivos da campanha, alvos prioritários, regras de engajamento (*Rules of Engagement – ROE*), níveis de risco aceitável e critérios para avaliação dos efeitos. Essa diretriz é elaborada pela Divisão de Estratégia (*Strategy Division – SRD*) do AOC.

FASE 2. Desenvolvimento de Alvos (*Target Development*): Nesta etapa, a inteligência torna-se o motor do planejamento. Os alvos potenciais são submetidos a um rigoroso processo de identificação, análise e validação. O processo inclui o *vetting* (verificação da precisão dos dados de inteligência) e a *validation* (confirmação da legalidade do alvo frente ao Direito Internacional dos Conflitos Armados e às ROE). Os alvos são então categorizados em listas específicas:

JTL (*Joint Target List*): Lista de alvos validados que não possuem restrições.

RTL (*Restricted Target List*): Alvos válidos, mas que possuem restrições específicas de ataque (ex: horário, direção de ataque ou tipo de armamento) para evitar danos colaterais ou políticos.

NSL (*No-Strike List*): Lista de objetos ou entidades protegidas que não devem ser atacados (ex: hospitais, locais religiosos). O produto desta fase é a JIPTL (*Joint Integrated Prioritized Target List*), uma lista consolidada e priorizada que ditará onde o poder de fogo será concentrado.

FASE 3. Planejamento de Emprego de Armamento e Distribuição de Meios (*Weaponneering and Allocation*): Com os alvos definidos, inicia-se a análise técnica para determinar *como* obter o efeito desejado. A equipe de planejamento realiza o *weaponneering*: a seleção do armamento específico (cinético ou não cinético) e da espoletagem (decidir se a bomba deve explodir ao tocar, depois de entrar, ou antes de cair) adequada para garantir a probabilidade de neutralização exigida, mitigando simultaneamente os riscos de danos colaterais. Paralelamente, ocorre a alocação de meios, onde aeronaves específicas (caças, bombardeiros, plataformas de guerra eletrônica ou UAVs) são atribuídas aos "pacotes de missão". O objetivo é otimizar o uso dos recursos disponíveis para cobrir a JIPTL da maneira mais eficiente possível.

FASE 4. Produção e Disseminação da ATO (*ATO Production and Dissemination*): é a compilação final de todos os dados planejados em um documento operacional padronizado, chamado de ATO. Esse documento consolida todas as missões aéreas a serem executadas nas próximas 24 horas, detalhando: horários, alvos, unidades designadas, tipos de armamento, chamadas rádio, ordens de reabastecimento e coordenação com outros componentes (terrestre, naval, cibernético). Após validada, a ATO é disseminada eletronicamente para todas as unidades envolvidas, por meio de sistemas como o Sistema de Gerenciamento de Batalhas em Teatro de Operações (*Theater Battle Management Core System – TBMCS*).

FASE 5. Execução das Missões (*Mission Execution*): é a fase em que as aeronaves e meios designados realizam as missões conforme previsto na ATO. Durante a execução, a Divisão de Operações de Combate (*Combat Operations Division – COD*) do AOC monitora as ações em tempo real, faz o controle tático, gerencia possíveis desvios de rota, condições meteorológicas imprevistas, mudanças de prioridade e autoriza redirecionamentos (*retargeting*), quando necessário. Essa fase pode incluir operações de ataque, escolta, supressão de defesas inimigas, vigilância, reabastecimento em voo e guerra eletrônica.

FASE 6. Avaliação de Combate (*Combat Assessment*): após a execução, os resultados das missões são avaliados com base em três elementos:

- a) Avaliação de Dano de Batalha (*Battle Damage Assessment – BDA*);
- b) Avaliação da Eficácia do Armamento (*Munitions Effectiveness Assessment – MEA*);
- c) Recomendação de Reataque (*Reattack Recommendation*).

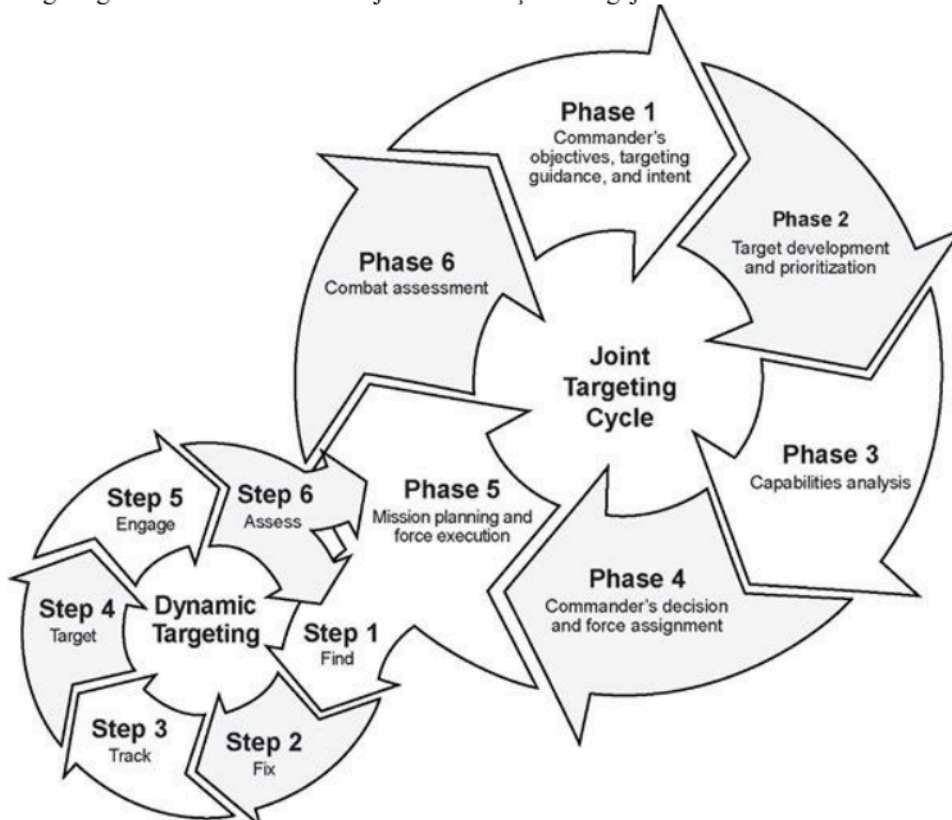
Essas avaliações são conduzidas pela Divisão de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (*Intelligence, Surveillance and Reconnaissance Division – ISR Division*) e retroalimentam o planejamento da próxima ATO, garantindo um ciclo contínuo de adaptação tática e atualização de inteligência.

### **1.3.2 O *Time-Sensitive Targeting***

No entanto, a rigidez estrutural do ciclo da ATO mostra-se inadequada frente a ameaças que exigem resposta imediata. Diante dessa lacuna, estabeleceu-se o Engajamento de Alvos Sensíveis ao Tempo (*Time-Sensitive Targeting – TST*), um processo doutrinário desenhado para comprimir o ciclo decisório. O TST é definido como a capacidade de detectar, identificar, decidir e neutralizar alvos emergentes cujo valor ou periculosidade impõem uma ação rápida, muitas vezes à margem do planejamento deliberado (Estados Unidos, 2021a)

Conforme ilustrado na Figura 2, esse processo opera de forma paralela e complementar à ATO, apoiando-se em uma estrutura decisória descentralizada, meios previamente alocados e regras de engajamento configuradas para permitir resposta célere. O sucesso do TST depende de três pilares fundamentais: sensores capazes de fornecer inteligência em tempo real, plataformas de ataque prontamente disponíveis e sistemas de Comando e Controle (C2) aptos a integrar todas as informações e executar ordens com agilidade. Esses elementos — combinados com orientação clara do comandante, coordenação prévia entre os componentes e procedimentos bem ensaiados — são apontados como condições essenciais para a execução eficaz do *targeting* dinâmico em ambientes operacionais complexos (Estados Unidos, 2018, 2021a).

**Figura 2** - Targeting Dinâmico e o Ciclo Conjunto de Seleção e Engajamento de Alvos



Fonte: Estados Unidos (2016, p. 6-7)

### 1.3.3 Estrutura e Funcionamento do *Time Sensitive Targeting*

A execução do Engajamento de TST ocorre prioritariamente no interior do Centro de Operações Aéreas (*Air Operations Center – AOC*), por meio da Divisão de Operações de Combate (*Combat Operations Division – COD*). Essa divisão opera de forma integrada com outras estruturas do AOC, como a Divisão de Estratégia (*Strategy Division – SRD*), a Divisão de Planejamento de Combate (*Combat Plans Division – CPD*) e a Divisão de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (*Intelligence, Surveillance and Reconnaissance Division – ISR*), compondo um sistema que permite a condução do *targeting* dinâmico em tempo real (Estados Unidos, 2021a).

A célula de TST da COD é responsável por monitorar continuamente o ambiente operacional, processar informações oriundas de sensores, validar alvos emergentes, determinar sua prioridade, designar vetores de ataque e acompanhar a execução da missão. Para garantir a agilidade necessária, a doutrina prevê o uso de pacotes de ataque sob demanda (*on-call strike packages*), aeronaves em alerta e, quando necessário, o redirecionamento imediato de meios aéreos já em voo. Diferentemente do ciclo da ATO, que demanda coordenação sequencial e planejamento antecipado, o TST exige que todas as etapas — da detecção ao engajamento —

sejam executadas de forma quase simultânea, com base em protocolos previamente definidos e autoridade decisória delegada.

A integração eficaz entre as divisões do AOC é fundamental para o sucesso do TST. A SRD fornece a Diretriz de Operações Aéreas (*Air Operations Directive – AOD*), que define os objetivos, as Regras de Engajamento (*Rules of Engagement – ROE*), os níveis de risco aceitáveis e as áreas de prioridade. A divisão de ISR garante a vigilância contínua sobre áreas críticas, antecipando possíveis alvos e fornecendo dados atualizados à COD. Já a CPD mantém o alinhamento com a ATO em vigor, possibilitando a gestão eficiente dos recursos e o redirecionamento tático, quando necessário.

De acordo com a *AFDP 3-60*, a eficácia do TST depende não apenas da prontidão técnica, mas também de um sistema de C2 capaz de antecipar demandas, distribuir autoridade decisória e garantir a fluidez da informação entre sensores, decisores e vetores de ataque (Estados Unidos, 2021a).

#### **1.3.4 O Processo *Find, Fix, Track, Target, Engage e Assess***

A condução do TST é organizada em torno de um processo decisório padronizado conhecido pela sigla **F2T2EA**, conforme apresentado na Figura 3, acrônimo das etapas *Find, Fix, Track, Target, Engage, Assess*, que em tradução livre significam Localizar, Fixar, Rastrear, Designar, Engajar e Avaliar. Frequentemente referido na doutrina norte-americana como “*dynamic kill chain*” — expressão que pode ser entendida como **cadeia dinâmica de engajamento** —, esse modelo descreve a sequência de ações coordenadas necessárias para transformar uma informação sobre um alvo em uma decisão e, finalmente, em um efeito militar concreto. (Estados Unidos, 2021a, tradução nossa).

Embora o TST atue fora da lógica sequencial do planejamento deliberado, sua execução está formalmente inserida na quinta fase do ciclo da ATO: **Execução das Missões**. É nesse momento que a COD assume o controle tático das operações em curso e tem a responsabilidade de empregar, redirecionar ou ativar meios disponíveis em resposta a eventos não previstos. Ou seja, o F2T2EA funciona como um processo interno à fase de execução, acionado sempre que a detecção de um novo alvo ultrapassa os limites do planejamento prévio e exige decisão imediata. Segundo a doutrina, essa cadeia decisória pode operar em paralelo às missões planejadas e, em muitos casos, sobrepor-se ao fluxo convencional da ATO (Estados Unidos, 2018).

**Figura 3** - F2T2EA Processo de Targeting dinâmico



**Fonte:** Estados Unidos (2016, p. 6-7)

Cada etapa do processo F2T2EA possui uma função específica, descrita a seguir:

- **Find (Localizar):** identificação inicial de um alvo potencial com base em dados de inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR). Essa etapa requer um plano de coleta direcionado, definição de áreas de interesse e prioridade de sensores.
- **Fix (Fixar):** confirmação da posição e da identidade do alvo com precisão suficiente para permitir o engajamento. Pode incluir correlação entre sensores, validação visual ou eletrônica e verificação das condições de ataque.
- **Track (Rastrear):** acompanhamento contínuo do movimento ou comportamento do alvo, assegurando sua vigilância até o momento do ataque. Isso garante que o alvo não seja perdido entre as fases de detecção e ação.
- **Target (Designar):** definição do efeito desejado, verificação das regras de engajamento (ROE), realização da estimativa de dano colateral (CDE), escolha do vetor ideal e solicitação de autorização de ataque, quando necessário.
- **Engage (Engajar):** execução do ataque por meios previamente autorizados, em consonância com a autoridade de engajamento delegada, as ROE e os parâmetros operacionais estabelecidos.

- *Assess* (Avaliar): análise imediata ou subsequente dos efeitos produzidos, por meio de sensores ou relatórios pós-ataque, determinando a necessidade de um novo engajamento ou replanejamento.

### 1.3.5 Autoridade de Engajamento e Responsabilidades

A execução eficaz do Engajamento de TST requer, além de prontidão operacional, uma cadeia de comando clara e uma delegação de autoridade que permita decisões rápidas sem comprometer a legalidade e a legitimidade da ação. Na doutrina das Forças Armadas dos Estados Unidos, a autoridade para o engajamento de alvos sensíveis ao tempo, denominada *Target Engagement Authority* (TEA), é originalmente atribuída ao Comandante da Força Conjunta (*Joint Force Commander – JFC*), que pode delegá-la ao Comandante do Componente Aéreo da Força Conjunta (*Joint Force Air Component Commander – JFACC*), ao diretor do AOC ou ao chefe da COD, conforme o nível de risco, o tipo de alvo e o tempo disponível para a decisão (Estados Unidos, 2018).

A descentralização da TEA é essencial para preservar a velocidade do ciclo **F2T2EA**. Contudo, a doutrina enfatiza que essa delegação deve ser acompanhada de diretrizes claras, expressas no plano operacional conjunto e na AOD, especificando as *Rules of Engagement* (ROE), os níveis de risco aceitáveis, os limites para estimativas de dano colateral (*Collateral Damage Estimate – CDE*) e as condições sob as quais o engajamento está autorizado.

As responsabilidades no processo de TST são distribuídas entre diversas divisões do AOC, conforme descrito a seguir:

- A SRD estabelece os parâmetros estratégicos e traduz os objetivos do JFC em orientações operacionais diárias;
- A ISR fornece dados atualizados, identifica padrões de comportamento inimigo, define áreas de interesse e alerta sobre a emergência de alvos críticos;
- A COD conduz o processo decisório e executa o engajamento em tempo real, coordenando vetores, avaliando riscos e controlando o fluxo da missão;
- Oficiais de ligação (*Liaison Officers – LNOs*), como os representantes das operações especiais (*Special Operations Liaison Element – SOLE*) ou do componente terrestre (*Battlefield Coordination Detachment – BCD*), garantem a integração entre os domínios, o compartilhamento de inteligência e a deconflição tática entre forças amigas.

De modo geral, a efetividade do TST depende não apenas da capacidade técnica das unidades envolvidas, mas também da existência de autoridade funcional delegada, da

coordenação intercomponente e da compreensão situacional compartilhada. Quando essas condições estão presentes, o poder aéreo adquire agilidade decisória e flexibilidade para neutralizar ameaças críticas no momento certo.

### 1.3.6 Limitações e Riscos do Time Sensitive Targeting

Apesar de sua relevância estratégica e de sua comprovada efetividade em cenários de alta volatilidade, o processo de TST impõe riscos operacionais específicos, decorrentes da compressão do tempo decisório, da descentralização das decisões e da limitação de informações no momento do engajamento. A doutrina norte-americana reconhece que, embora o TST amplie a capacidade de resposta e preserve a iniciativa operacional, seu emprego exige avaliação criteriosa das condições táticas e dos riscos envolvidos (Estados Unidos, 2021a).

Entre as principais limitações, destacam-se:

- Redução do tempo para análise legal e validação do alvo: o curto intervalo entre a detecção e o engajamento pode comprometer a verificação detalhada de conformidade com as regras de engajamento (ROE), o direito internacional humanitário e as políticas de minimização de dano colateral.
- Maior probabilidade de engajamento com dados incompletos: a urgência pode limitar o cruzamento de fontes de inteligência, aumentando o risco de identificação incorreta (*misidentification*) e, conseqüentemente, de fratricídio ou engajamento de alvos não legítimos.
- Exposição tática de vetores de ataque: devido à ausência de planejamento integrado e apoio completo (como supressão de defesas inimigas ou guerra eletrônica), aeronaves engajadas em TST podem ser lançadas em ambientes mais arriscados e com menor proteção.
- Emprego de armamentos subótimos: a disponibilidade imediata de meios pode não coincidir com a munição ideal para determinado alvo, levando ao uso de efeitos menos eficazes ou à necessidade de múltiplos ataques.
- Custo de oportunidade: o redirecionamento de aeronaves previamente atribuídas a outros alvos pode comprometer missões planejadas, reduzir a eficiência do esforço aéreo global e gerar atrasos no cumprimento de objetivos táticos maiores.

Para mitigar esses riscos, a doutrina recomenda o pré-posicionamento de pacotes de ataque (*on-call packages*), a delegação clara de autoridade, o uso de procedimentos padronizados (*Standard Operating Procedures – SOPs*) e a integração contínua entre divisões do AOC. Adicionalmente, o estabelecimento de níveis aceitáveis de risco pelo *Joint Force*

*Commander* (JFC), de acordo com o contexto operacional, é fundamental para permitir decisões rápidas sem comprometer a responsabilidade estratégica (Estados Unidos, 2018).

#### 1.4 TEORIA DE PROCESSOS E APLICAÇÃO AO *TIME SENSITIVE TARGETING*

A descrição do TST na seção anterior — com suas etapas (F2T2EA), ciclos (ATO), entradas (sensores) e saídas (efeitos) — o caracteriza inequivocamente como um processo organizacional complexo. Para analisar este sistema de forma rigorosa, a descrição doutrinária é insuficiente, sendo fundamental recorrer ao arcabouço da teoria de processos. Na literatura acadêmica, autores seminais como Hammer e Champy (1993), Davenport (1994) e Harrington (1993) definem processo como uma sequência lógica, contínua e interdependente de atividades orientadas à transformação de insumos em resultados mensuráveis, sob determinadas condições e com um propósito definido. Trata-se, portanto, de uma cadeia estruturada que articula **entradas (*inputs*)**, **mecanismos de transformação (*throughputs*)** e **saídas (*outputs*)**, sustentada por fluxos regulares de informação, decisão e controle.

O conceito tem origem na Teoria Geral dos Sistemas, formulada por Bertalanffy (1968), segundo a qual as organizações devem ser compreendidas como sistemas abertos, em constante interação com o ambiente. Nessa perspectiva, o processo representa o elemento dinâmico responsável por transformar energia e informação em ações, decisões ou produtos observáveis, assegurando a adaptação do sistema e a manutenção de seu equilíbrio interno. Assim, a abordagem sistêmica enfatiza que toda organização se estrutura a partir de fluxos contínuos de entrada, transformação e saída, nos quais o processo atua como elo integrador entre seus componentes, permitindo responder às variações do meio e preservar sua coerência funcional.

Sob a ótica da cibernética organizacional, proposta por Wiener (1948), essa dinâmica é aperfeiçoada pela incorporação de mecanismos de retroalimentação (*feedback*), que permitem ao sistema avaliar os resultados de suas próprias ações e promover ajustes contínuos. Esse princípio de autorregulação confere ao processo uma natureza circular e adaptativa, em que o equilíbrio é mantido não pela rigidez estrutural, mas pela capacidade de aprender e corrigir trajetórias com base nas respostas do ambiente. Assim, o processo deixa de ser apenas uma sequência linear de transformações e passa a constituir um ciclo de controle e aprendizagem, essencial à estabilidade e à coerência funcional das organizações complexas.

Na administração, diferentes autores traduzem os princípios da teoria dos sistemas para o contexto organizacional, concebendo o processo como o elemento estruturante da ação coordenada. Hammer e Champy (1993) definem processo como “um conjunto de atividades

realizadas de forma coordenada com o objetivo de produzir um resultado específico”. De modo complementar, Davenport (1994) o descreve como “uma ordenação específica de atividades no tempo e no espaço, com entradas, saídas e valor agregado”, enquanto Harrington (1993) enfatiza que se trata de “qualquer atividade que recebe uma entrada, agrega-lhe valor e gera uma saída para um cliente interno ou externo”. Essas definições aproximam a abstração teórica dos sistemas abertos de uma aplicação concreta à gestão, ao evidenciar que os processos constituem fluxos interfuncionais e padronizados, orientados por objetivos definidos e sustentados por mecanismos de coordenação e retroalimentação. Assim, o conceito de processo deixa de ser apenas um princípio de organização interna e passa a representar a própria lógica pela qual as organizações integram suas partes, aprendem com seus resultados e mantêm coerência entre estrutura, ação e propósito.

Essa perspectiva consolidou-se com a evolução do modelo organizacional orientado por processos. Davenport (1994) e Hammer (1997) sustentam que as organizações contemporâneas, ao romperem com estruturas rígidas e excessivamente funcionais, passam a adotar a gestão baseada em processos essenciais, articulando setores, competências e tecnologias em torno de finalidades comuns. Kaplan e Norton (1997), ao desenvolverem o modelo do *Balanced Scorecard* — expressão que pode ser traduzida como “Painel de Desempenho Balanceado” —, propuseram um sistema de gestão estratégica que integra indicadores financeiros e não financeiros, permitindo avaliar a organização sob múltiplas perspectivas (financeira, de clientes, de processos internos e de aprendizado e crescimento). Tal abordagem reforça que o desempenho estratégico de uma instituição depende da coerência e integração de seus processos transversais, isto é, daqueles que atravessam fronteiras departamentais e conectam diferentes áreas em uma lógica de objetivos compartilhados. Para esses autores, tais processos constituem os verdadeiros vetores de geração de valor institucional, pois alinham a execução cotidiana às metas estratégicas da organização.

A ampliação do enfoque sobre processos organizacionais levou, nas décadas seguintes, ao surgimento de abordagens voltadas não apenas à integração e ao desempenho estratégico, mas também à confiabilidade das operações em contextos complexos e de alto risco. Nesse sentido, destaca-se a teoria das *High-Reliability Organizations* (HROs) — termo que pode ser traduzido como “Organizações de Alta Confiabilidade” (HROs) —, desenvolvida por Weick e Sutcliffe (2007), a partir dos estudos pioneiros de Roberts e LaPorte na década de 1980. Essa teoria busca compreender como instituições que operam em ambientes críticos — como usinas nucleares, centros de controle de tráfego aéreo e grupos-tarefa embarcados em porta-aviões — conseguem manter desempenho estável e praticamente livre de falhas. As HROs compartilham

cinco princípios fundamentais: preocupação constante com falhas, relutância em simplificar interpretações, sensibilidade às operações em tempo real, compromisso com a resiliência e deferência à expertise operacional. Esses elementos reforçam a centralidade dos processos como instrumentos de coordenação, aprendizagem e adaptação contínua, especialmente em organizações que dependem da interação precisa entre pessoas, tecnologia e informação para manter a confiabilidade de suas operações.

A incorporação dessa lógica de processos ao campo da defesa reflete uma tendência mais ampla de transposição de princípios das ciências organizacionais para a esfera militar. As forças armadas, especialmente em ambientes de elevada complexidade e incerteza, passaram a reconhecer que a estrutura e o funcionamento das operações compartilham fundamentos semelhantes aos dos sistemas abertos descritos por Bertalanffy (1968): dependem da interação contínua entre múltiplos subsistemas e da adaptação constante ao ambiente. A própria dinâmica do comando e controle, ao integrar fluxos de informação, decisão e ação, aproxima-se dos mecanismos de retroalimentação propostos por Wiener (1948), em que a estabilidade do sistema resulta da capacidade de ajustar-se com base nos resultados obtidos. De modo convergente, a orientação por processos defendida por Hammer (1997), Davenport (1994) e Kaplan e Norton (1997) manifesta-se na necessidade de coordenar funções diversas — inteligência, planejamento, execução e avaliação — em torno de objetivos comuns e mensuráveis. Por fim, a busca pela confiabilidade em contextos de alto risco, conforme delineado pela teoria das *High-Reliability Organizations* (Weick; Sutcliffe, 2007), encontra paralelo direto nas exigências de precisão, resiliência e deferência à expertise que caracterizam as operações militares contemporâneas.

Nesse sentido, documentos doutrinários como a *Joint Publication 5-0* (Estados Unidos, 2020a) reconhecem explicitamente que o planejamento e a condução de operações militares se estruturam em processos sistemáticos, compostos por fases interdependentes — planejamento, execução, monitoramento e avaliação — conectadas por fluxos de informação, autoridade e coordenação. Tal convergência teórica demonstra que a lógica processual, antes desenvolvida no campo civil e empresarial, também sustenta a racionalidade operacional das forças armadas, oferecendo um modelo analítico adequado para compreender a condução de operações complexas e sensíveis ao fator tempo.

A estrutura funcional do *Time-Sensitive Targeting* (TST), conforme descrita na doutrina dos Estados Unidos, articula elementos de inteligência, comando e execução sob forte restrição temporal. As etapas do ciclo F2T2EA — localizar, fixar, rastrear, designar, engajar e avaliar — traduzem de maneira precisa os fundamentos da teoria dos processos: entradas provenientes de

sensores e dados de inteligência; transformações correspondentes à validação do alvo, à análise de risco e à designação de vetores; e saídas representadas pelos efeitos militares gerados. Além disso, o TST opera dentro de um sistema de retroalimentação contínua, por meio de estruturas de Comando e Controle (C2) que possibilitam a reavaliação dos engajamentos e o ajuste em tempo real dos meios empregados. Essa característica confere ao processo um comportamento adaptativo e responsivo, em conformidade com os princípios delineados por Bertalanffy (1968) e Wiener (1948).

Com base nesse referencial, o TST pode ser compreendido não apenas como uma técnica de engajamento, mas como um sistema processual complexo, dotado de estrutura, atores, regras e ciclos próprios, voltado à geração de efeitos operacionais no tempo oportuno. Essa concepção permite analisá-lo à luz das teorias de sistemas e de processos, identificando sua lógica de transformação de informação em ação militar.

Essa natureza processual aproxima o TST das características observadas em *High-Reliability Organizations* (HROs), que atuam em ambientes de elevado risco e complexidade e se distinguem pela capacidade de operar com mínima margem de erro. Pesquisas recentes (Hærem *et al.*, 2022) indicam que o êxito do TST depende dos mesmos princípios que sustentam as HROs: atenção constante a falhas potenciais, sensibilidade às operações em tempo real, resiliência diante de imprevistos e deferência à expertise técnica. Tais atributos manifestam-se na célula de TST, que integra múltiplas especialidades — inteligência, operações aéreas, jurídica e logística —, exigindo sincronização precisa e coordenação sob condições de incerteza.

Nessa perspectiva, o TST pode ser entendido como um processo de conversão de informação em ação, cuja qualidade está condicionada à velocidade, precisão e coerência entre seus subsistemas. A natureza perecível dos alvos sensíveis ao tempo impõe padrões elevados de integração e interoperabilidade entre sensores, decisores e vetores de ataque. Estudos indicam que a troca oportuna e acurada de informações ao longo de todo o ciclo decisório é determinante para o desempenho do processo (Hærem *et al.*, 2022). Essa dinâmica explica por que, já no final dos anos 1990, a Força Aérea dos Estados Unidos buscava reduzir o tempo de resposta do *kill chain* para menos de dez minutos (Benitez, 2017) e aperfeiçoar continuamente a precisão dos engajamentos para maximizar os efeitos desejados e minimizar danos colaterais (Danskine, 2001).

Ao se consolidar como um processo estruturado, mensurável e orientado a resultados, o TST também se torna suscetível à análise segundo as dimensões clássicas de desempenho organizacional — eficiência, eficácia e efetividade. Esses conceitos, amplamente empregados

na literatura administrativa e militar, oferecem instrumentos adequados para avaliar a capacidade do TST de converter recursos, decisões e tempo em resultados operacionais relevantes, o que será aprofundado na seção seguinte.

### 1.5 *TIME SENSITIVE TARGETING* COMO MEIO DE EFETIVIDADE NO EMPREGO DO PODER AEROESPACIAL

Compreendido o TST como um processo sistêmico de conversão de informação em ação militar, torna-se necessário analisá-lo sob a perspectiva de seu desempenho organizacional. Em qualquer sistema processual — seja no setor público, privado ou no campo da defesa —, a mensuração do desempenho constitui instrumento essencial para compreender em que medida os recursos, decisões e ações convergem para os resultados pretendidos. Essa avaliação baseia-se em parâmetros que expressam tanto o grau de aproveitamento dos meios empregados quanto a relevância dos efeitos alcançados. Entre esses parâmetros, destacam-se os conceitos de **eficiência**, **eficácia** e **efetividade**, amplamente consagrados na literatura administrativa e nas práticas de gestão pública e institucional. Embora frequentemente empregados como sinônimos, esses conceitos representam dimensões analíticas distintas do desempenho organizacional, cuja compreensão é fundamental para avaliar a maturidade e o valor estratégico do processo de TST.

A noção de eficiência consolidou-se nas primeiras décadas do século XX, no contexto da administração científica e das teorias clássicas da organização. Taylor (1990) e Fayol (1989) foram os primeiros a sistematizar o estudo do desempenho organizacional a partir da racionalização do trabalho e do uso otimizado dos recursos. Para Taylor (1990), a eficiência resultava da eliminação de desperdícios e da padronização de métodos, de modo a obter o máximo de produção com o mínimo de esforço. Fayol (1989), por sua vez, associou a eficiência à capacidade administrativa de coordenar atividades e manter a disciplina organizacional, garantindo fluidez e economia de meios.

Na segunda metade do século XX, Drucker (1986) ampliou essa discussão ao diferenciar eficiência e eficácia, conceitos que, embora inter-relacionados, medem dimensões distintas do desempenho institucional. A eficiência diz respeito à execução correta das tarefas e ao uso racional dos recursos; a eficácia, ao contrário, refere-se à escolha e ao alcance dos objetivos apropriados. Em outras palavras, enquanto a eficiência se concentra na otimização dos meios, a eficácia avalia se as ações e estratégias adotadas conduzem aos resultados desejados. Como sintetiza o próprio autor: “eficiência é fazer certo as coisas; eficácia é fazer as coisas certas”

(Drucker, 1986, p. 36). Essa distinção tornou-se fundamental nas ciências administrativas, servindo de base para a formulação de modelos de avaliação que articulam produtividade e alcance de metas.

Contudo, a aplicação desses conceitos a contextos complexos, como a administração pública e a área de defesa, revelou que a eficiência e a eficácia, embora necessárias, são insuficientes para expressar o valor real de uma ação organizacional. Nesses ambientes, em que os resultados dependem de fatores políticos, sociais e estratégicos, o desempenho não pode ser medido apenas pela economia de recursos ou pelo cumprimento de metas, mas também pelos efeitos concretos e duradouros que essas ações produzem no ambiente externo.

Nesse contexto, a efetividade emerge como um conceito que amplia a análise de desempenho organizacional para além do simples cumprimento de metas ou da execução eficiente de tarefas, direcionando o foco para os resultados de médio e longo prazo e para os impactos concretos decorrentes de determinada ação ou programa. Diferencia-se da eficácia por não se restringir ao alcance de objetivos imediatos, mas por considerar se tais objetivos, uma vez atingidos, produziram transformações relevantes e benefícios sustentáveis para a organização ou para a sociedade. Em síntese, a efetividade busca responder à questão fundamental: a ação, além de cumprir suas metas operacionais, foi capaz de solucionar o problema que a motivou ou de atender à necessidade estratégica que lhe deu origem?

A efetividade pode ser compreendida como uma síntese entre eficiência e eficácia, representando a capacidade de alcançar os objetivos corretos da melhor maneira possível, de modo a gerar impacto real e sustentável (Osborne; Gaebler, 1995). Trata-se de uma noção relacional e temporalmente ampliada, que abrange tanto a adequação dos fins quanto a qualidade dos meios, considerando o valor agregado ao longo do tempo.

No contexto da avaliação de políticas públicas, Cohen e Franco (1993) definem a efetividade como o grau em que os resultados de uma intervenção produzem efeitos concretos e duradouros sobre a população-alvo, em conformidade com os objetivos finalísticos estabelecidos. O Tribunal de Contas da União (Brasil, 2020g) adota essa concepção no Manual de Auditoria Operacional, ao descrever a efetividade como a verificação de mudanças atribuíveis às ações do programa, indo além do mero cumprimento de metas de produção ou atendimento. Avaliar a efetividade implica, portanto, examinar se os resultados observados decorrem efetivamente das políticas implementadas e se seus impactos se mantêm relevantes e sustentáveis ao longo do tempo (Cohen; Franco, 1993; Brasil, 2020g), exigindo tratamento metodológico que permita estabelecer a relação causal entre as ações e os efeitos gerados (Brasil, 2020g).

Na visão de Torres (2004), a efetividade é o conceito mais abrangente e complexo dos três “Es” da administração, pois exige avaliar não apenas a execução correta das tarefas (eficiência) ou o alcance das metas (eficácia), mas também a pertinência, a necessidade e a legitimidade das ações realizadas. Sob essa ótica, a efetividade interroga o sentido e o valor público das decisões, buscando compreender se a intervenção produziu transformações reais e socialmente relevantes.

Em síntese, a efetividade está associada à qualidade e à significância do resultado, representando o valor público ou organizacional gerado em perspectiva ampliada. No campo da administração pública — e, por extensão, nas instituições de defesa —, ela constitui o critério final de sucesso de uma ação ou política, pois examina se o esforço empreendido provocou, de fato, a transformação esperada na realidade para a qual foi concebido.

No campo da defesa, o conceito de efetividade adquire contornos mais amplos e complexos do que nas esferas civil e administrativa. As forças armadas, como organizações de alta complexidade, também dependem de processos estruturados de transformação de insumos — informação, decisão e meios — em resultados observáveis no ambiente operacional. Nessa perspectiva, a eficiência militar relaciona-se ao emprego racional dos recursos disponíveis e à manutenção da prontidão; a eficácia, ao êxito na execução de missões e na obtenção dos objetivos designados.

A efetividade militar, contudo, ultrapassa o mero cumprimento de metas ou o sucesso tático imediato. Ela se manifesta na capacidade de converter ações operacionais em efeitos estratégicos duradouros, coerentes com os objetivos políticos e de segurança nacional. De acordo com a *Joint Publication 3-0 – Joint Operations* (Estados Unidos, 2017b), o valor de uma operação militar não se restringe à destruição de alvos, mas reside nos efeitos produzidos sobre a vontade e a capacidade do inimigo, de modo a alterar seu comportamento ou comprometer sua coesão estratégica. Essa abordagem, reforçada pela Doutrina, Estados Unidos (2021a), reconhece que a efetividade depende da sincronização entre inteligência, comando e execução, permitindo que resultados táticos gerem consequências em níveis superiores de decisão.

Essa compreensão é compartilhada por autores brasileiros que buscam adaptar o conceito de efetividade ao contexto das forças armadas nacionais. Conforme Santos (2021), a efetividade militar não pode ser entendida apenas como a soma de fatores táticos e operacionais, tampouco como a maximização da eficiência na aplicação do poder militar. Trata-se de um conceito sistêmico e multidimensional, que envolve a articulação entre os níveis tático,

operacional e estratégico, além do aspecto político-institucional que assegura a legitimidade e a sustentabilidade dos resultados obtidos.

De modo complementar, Pereira (2019) argumenta que a efetividade, no contexto militar, expande o conceito de eficácia ao incorporar a ideia de transformação da situação existente. Enquanto a eficiência tem foco interno e se relaciona à gestão dos recursos, e a eficácia concentra-se no cumprimento das metas, a efetividade analisa os impactos e a durabilidade dos efeitos decorrentes da ação militar. Em síntese, a efetividade militar não apenas verifica se uma operação atingiu seu objetivo, mas se esse resultado contribuiu de maneira significativa para modificar o ambiente estratégico e gerar valor duradouro para o Estado.

A partir dos anos 1990, a discussão sobre avaliação de resultados operacionais ganhou novo contorno com o surgimento do paradigma das operações baseadas em efeitos (*Effects-Based Operations* – EBO), desenvolvido no âmbito da Força Aérea dos Estados Unidos e da RAND Corporation. Como explica Davis (2001), o movimento EBO emergiu no contexto das transformações doutrinárias pós-Guerra Fria, quando a necessidade de empregar o poder militar de modo mais sistêmico, discriminado e orientado a resultados levou à concepção de um modelo de planejamento voltado à produção de efeitos estratégicos mensuráveis. Essa abordagem deslocou o foco da destruição de alvos para a compreensão das relações de causa e efeito entre ações militares e alterações de comportamento, capacidades e percepções do inimigo.

De acordo com Davis (2001), as operações baseadas em efeitos são “operações concebidas e planejadas dentro de uma estrutura sistêmica que considera o conjunto de efeitos diretos, indiretos e em cascata que podem ser alcançados pela aplicação coordenada de instrumentos militares, diplomáticos, psicológicos e econômicos”. Em síntese, o conceito de EBO propõe que o sucesso de uma campanha não se mede pela quantidade de alvos destruídos, mas pelos efeitos cumulativos e sustentáveis gerados no sistema adversário — ideia que se aproxima da noção de efetividade militar, entendida como a capacidade de traduzir ações táticas em resultados estratégicos mensuráveis e duradouros.

Essa lógica foi posteriormente incorporada à doutrina norte-americana, especialmente na *Air Force Doctrine Publication 3-60 – Targeting* (Estados Unidos, 2021a) que define o processo de avaliação como contínuo e multidimensional, abrangendo os níveis tático, operacional e estratégico. Segundo essa publicação, a avaliação deve observar tanto as medidas de desempenho (*Measures of Performance* – MOPs) — que mensuram a execução de tarefas e o cumprimento de objetivos intermediários — quanto as medidas de efetividade (*Measures of*

*Effectiveness* – MOEs) — que avaliam o impacto real das ações sobre o sistema inimigo e o progresso em direção aos objetivos estratégicos. No mesmo sentido, a *Joint Publication 5-0 – Joint Planning* (Estados Unidos, 2020a) reforça que o processo de planejamento e condução de operações militares deve ser estruturado em ciclos de avaliação contínua. Nessa publicação, a fase de “objetivos, efeitos e diretrizes (*Objectives, Effects, and Guidance Stage*)” é apontada como o momento em que se definem os efeitos desejados e suas respectivas medidas de efetividade (MOEs) e medidas de desempenho (MOPs), a fim de assegurar que cada ação contribua de modo coerente para os resultados pretendidos.

Contudo, Schrodin (2011) adverte que a aplicação prática dessa abordagem frequentemente falha não por deficiência das métricas, mas por uma compreensão limitada do próprio processo de avaliação. Avaliar a efetividade militar exige integrar variáveis humanas, informacionais e contextuais — elementos que não podem ser reduzidos a indicadores quantitativos isolados. Desse modo, a abordagem baseada em efeitos (EBO) fornece uma estrutura metodológica que busca superar as limitações da medição puramente quantitativa, permitindo análises mais amplas sobre o impacto real das operações.

Essa compreensão aproxima-se da ideia contemporânea de emprego apropriado do poder aéreo, defendida por autores como Gray (2015) e Olsen (2010). Embora esses autores não utilizem diretamente o termo efetividade, suas análises convergem para uma compreensão semelhante. Olsen (2010) destaca que o verdadeiro valor do poder aéreo reside em sua capacidade de traduzir ações pontuais em resultados estratégicos significativos, alcançados por meio da precisão, da integração e do tempo oportuno. Gray (2015), por sua vez, argumenta que o emprego adequado da força aérea deve buscar a proporcionalidade entre meios e efeitos, maximizando o impacto estratégico com o mínimo de dispêndio operacional. Em ambos os casos, observa-se uma concepção de desempenho que, embora não nomeada como efetividade, aproxima-se conceitualmente desse entendimento, ao enfatizar a relação entre economia de meios, precisão temporal e geração de efeitos estratégicos duradouros.

Sob essa ótica, o *Time-Sensitive Targeting* (TST) pode ser interpretado como um processo organizacional cuja efetividade depende da integração eficiente dos subsistemas de IVR, C2 e emprego de vetores de ataque. Ao permitir a neutralização precisa de alvos críticos no momento oportuno, o TST materializa o ideal de um poder aéreo efetivo — aquele que, ao mesmo tempo, otimiza os meios empregados e produz consequências táticas e estratégicas desproporcionais ao esforço aplicado. Conforme Gray (2015), a aplicação adequada do poder aéreo deve buscar a proporcionalidade entre meios e efeitos, e, à luz dessa perspectiva, o TST pode ser interpretado como uma expressão prática desse princípio, ao combinar precisão,

economia de meios e impacto estratégico. Podemos dizer, portanto, que o pleno desenvolvimento da capacidade de TST aproxima o emprego do poder aeroespacial de um patamar superior de efetividade.

## 1.6 CONCEITO DE MATURIDADE ORGANIZACIONAL

Se a efetividade é o objetivo final do TST, a maturidade organizacional é o caminho estruturado para alcançá-la. O pleno emprego da capacidade de TST, conforme discutido no item anterior, depende da consolidação de processos organizacionais capazes de integrar, de forma eficiente e previsível, os subsistemas de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR), Comando e Controle (C2) e emprego de vetores de ataque. Essa integração não ocorre de maneira espontânea, mas resulta de um processo institucional e cumulativo de aperfeiçoamento, no qual as Forças Armadas desenvolvem e refinam, ao longo do tempo, suas estruturas, doutrinas e práticas operacionais. Ao longo dessa evolução organizacional, a instituição adquire, gradualmente, a capacidade de ser mais eficiente na utilização de seus recursos, mais eficaz na consecução de seus objetivos e, por fim, mais efetiva na geração de resultados estratégicos duradouros.

Essa trajetória pode ser compreendida à luz do conceito de maturidade organizacional, que designa o grau em que uma instituição desenvolve e consolida seus processos internos de forma estruturada, previsível e contínua. Em outras palavras, expressa o nível de aperfeiçoamento alcançado pela organização à medida que suas práticas deixam de depender de iniciativas individuais e passam a seguir padrões estáveis, documentados e integrados à sua cultura institucional. Assim, quanto maior o nível de maturidade, maior é a capacidade da organização de planejar, executar e aprimorar suas atividades de maneira consistente e orientada por objetivos estratégicos (Curtis; Hefley; Miller, 2009).

A ideia de que organizações evoluem por meio de estágios sucessivos de desenvolvimento tem origem na teoria econômica estruturalista, especialmente nos trabalhos de Kuznets (1965), que identificou padrões de crescimento econômico associados à maturação institucional e à acumulação de capacidades sistêmicas. Essa lógica, posteriormente incorporada ao campo organizacional, foi aprofundada por Lavoie e Culbert (1978), que propuseram uma sequência de estágios de desenvolvimento baseada na complexidade estrutural e na capacidade de integração dos subsistemas internos. Em sua obra *Stages of Organization and Development* (Estágios de Organização e Desenvolvimento), os autores demonstram que as organizações evoluem de formas rudimentares e reativas — caracterizadas por baixa

formalização e ausência de controle sistêmico — para configurações mais estruturadas, nas quais predominam a racionalidade dos processos, o alinhamento estratégico e o aprendizado organizacional.

A proposta de Lavoie e Culbert (1978) baseia-se em uma progressão sequencial e cumulativa, na qual cada estágio depende da superação de dilemas específicos de gestão e relacionamento interno. A cada estágio, surgem tensões estruturais e decisórias que funcionam como marcos de transição: a capacidade de identificá-las e superá-las determina se a organização permanecerá estagnada ou avançará para um nível superior de maturidade.

Essa progressão é hierárquica e irreversível, pois os aprendizados consolidados em cada fase se incorporam à cultura e aos mecanismos de gestão, tornando improvável um retorno a estágios anteriores. A velocidade desse desenvolvimento varia conforme fatores internos — como a qualidade da liderança, a clareza da comunicação e a coesão entre subsistemas — e fatores externos, como a estabilidade do ambiente institucional e a complexidade das demandas impostas pelo contexto (Lavoie; Culbert, 1978).

Diversos benefícios podem ser alcançados com a adoção de modelos de maturidade nas organizações. Entre eles, destacam-se a possibilidade de avaliar o desempenho institucional em relação às suas práticas de gerenciamento de processos; comparar o grau de maturidade com o de outras organizações semelhantes; identificar pontos fortes e fragilidades internas; elaborar planos de ação voltados ao aprimoramento contínuo; e reduzir custos e retrabalho mediante a definição mais clara de prioridades gerenciais. Essas vantagens são ressaltadas por White e Yosua (2001 *apud* Silveira; Guimarães; Abraão, 2009), ao apontarem a maturidade como instrumento para fortalecer a competência organizacional e orientar decisões de maneira mais eficaz e previsível.

Ao longo das décadas seguintes, a concepção evolutiva da maturidade foi formalizada em modelos estruturados e mensuráveis, aplicáveis à gestão de processos técnicos e administrativos. O mais influente deles é o *Capability Maturity Model* (CMM, Modelo de Maturidade de Capacidades) desenvolvido por Paulk *et al.* (1993) no contexto do *Software Engineering Institute* (SEI, Instituto de Engenharia de Software). O CMM estabelece cinco níveis de maturidade — Inicial, Repetível, Definido, Gerenciado e Otimizado —, e tornou-se referência para a avaliação e evolução da capacidade organizacional em diversos setores. Cada nível representa uma etapa qualitativa de amadurecimento institucional, com critérios objetivos que orientam o avanço entre os estágios.

Modelos derivados ampliaram sua aplicação para outras dimensões da gestão. O *People Capability Maturity Model* (P-CMM, Modelo de Maturidade de Capacidades em Gestão de

Pessoas), desenvolvido por Curtis, Hefley e Miller (2009), centra-se na evolução das práticas de gestão de pessoas, estruturando cinco níveis de maturidade (Inicial, Gerenciado, Definido, Previsível e Otimizado). Seu propósito é guiar o desenvolvimento de competências, a consolidação de carreiras e o fortalecimento da cultura organizacional como pilares de desempenho. Já o *Organizational Project Management Maturity Model* (OPM3, Modelo de Maturidade em Gestão Organizacional de Projetos), desenvolvido pelo *Project Management Institute* (PMI, Instituto de Gerenciamento de Projetos), oferece um padrão internacional para avaliar e aprimorar a maturidade organizacional na condução de projetos, programas e portfólios (Bourne, 2006). Estruturado em quatro estágios — padronização, medição, controle e melhoria contínua —, o OPM3 integra boas práticas, capacidades e indicadores de desempenho, servindo como ferramenta de governança e direcionamento estratégico.

Esses modelos consolidaram uma tendência de instrumentalização da maturidade organizacional como ferramenta de gestão estratégica, permitindo que instituições públicas ou privadas — civis ou militares — estabeleçam marcos de referência para o aperfeiçoamento contínuo. Como observam Silveira, Guimarães e Abraão (2009), os modelos de maturidade representam um esforço teórico e metodológico para sistematizar o desenvolvimento organizacional em estágios mensuráveis, com base em critérios que viabilizam tanto o diagnóstico quanto a melhoria progressiva das práticas institucionais.

A aplicação prática desses modelos é amplamente documentada em áreas como tecnologia da informação, indústria, saúde, educação, defesa e administração pública. Em contextos organizacionais complexos, funcionam como instrumentos diagnósticos e operacionais, orientando ações de melhoria contínua, racionalização de recursos e alinhamento institucional com metas estratégicas. Estudos como o de Kim e Grant (2010) demonstram sua versatilidade e aplicabilidade em setores diversos, como o governo eletrônico (*e-government*), evidenciando sua capacidade de orientar processos de transformação institucional. Um exemplo emblemático é o da Coreia do Sul, onde o modelo baseado no CMM foi empregado para reformular serviços digitais governamentais, com avanços significativos em integração, eficiência e transparência (Kim; Grant, 2010).

Além disso, o impacto desses modelos alcançou o campo da defesa. O Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD) aplicava essa exigência de forma prática, requerendo que empresas contratadas comprovassem certificação em um determinado nível do modelo CMM antes da assinatura de contratos. Essa política visava assegurar padrões mínimos de qualidade e previsibilidade na execução de projetos de software e sistemas críticos, além de estabelecer um controle mais rigoroso sobre fornecedores (Estados Unidos, 1997).

Situação semelhante foi observada no Brasil, onde o Governo Federal adotou o modelo CMM como referência para a seleção de prestadores de serviço e para a definição de padrões de qualidade em projetos de software financiados pelo Estado (Silveira; Guimarães; Abraão, 2009). Esses exemplos demonstram que os modelos de maturidade transcenderam o campo da tecnologia, consolidando-se como ferramentas de transformação institucional e governança aplicada.

Assim, compreender a maturidade organizacional é compreender também as transformações graduais pelas quais uma instituição passa na busca por maior coerência interna, responsividade externa e uso eficiente de seus recursos. A consolidação desse entendimento é essencial para a análise de modelos evolutivos aplicados às capacidades militares, especialmente no estudo da maturidade operacional e doutrinária voltada ao desenvolvimento de capacidades complexas, como o TST.

### 1.6.1 Estrutura dos Modelos de Maturidade Organizacional

Conforme introduzido, o *Capability Maturity Model* (CMM) formaliza a evolução da maturidade em cinco estágios. Esta seção detalha o significado de cada nível e os componentes arquitetônicos que definem a progressão entre eles, com base na documentação seminal do *Software Engineering Institute* (SEI).

O CMM organiza a maturidade em cinco níveis progressivos (Paulk *et al.*, 1993):

- **Nível 1: Inicial.** O ponto de partida é caracterizado por processos *ad hoc* e, frequentemente, caóticos. A organização não fornece um ambiente estável para o desenvolvimento, e o sucesso dos projetos depende inteiramente do esforço individual ("heroísmo") de gerentes excepcionais ou de equipes experientes. Em momentos de crise, os processos planejados, se existirem, são abandonados. O desempenho é imprevisível em termos de custo, prazo e qualidade.
- **Nível 2: Repetível.** A organização alcança este nível ao institucionalizar processos eficazes de gerenciamento de projetos. Políticas formais para gerenciar projetos são estabelecidas, e o planejamento de novos projetos é baseado na experiência de projetos similares anteriores. A organização implementa controles básicos de gerenciamento que permitem rastrear custos, cronogramas e funcionalidades. A principal característica deste nível é a disciplina: o processo é planejado, documentado, executado e controlado, permitindo que sucessos anteriores sejam repetidos.

- **Nível 3: Definido.** Neste nível, a organização documenta, padroniza e integra seus processos de gerenciamento e engenharia em um "processo padrão de software" (*organization's standard software process*) para toda a instituição. Todos os projetos utilizam uma versão "adaptada" (personalizada) desse processo padrão. Um grupo focado nas atividades de processo (como um SEPG - *Software Engineering Process Group*) é estabelecido, e um programa de treinamento em toda a organização é implementado para garantir que a equipe possua as habilidades necessárias. O processo é "padrão e consistente".
- **Nível 4: Gerenciado.** A organização estabelece metas quantitativas de qualidade para os produtos e processos. Medições detalhadas do desempenho do processo e da qualidade do produto são coletadas e armazenadas em um banco de dados organizacional. A organização passa a ter um entendimento quantitativo de seus processos e é capaz de controlá-los estatisticamente, operando dentro de limites mensuráveis. O desempenho torna-se "previsível".
- **Nível 5: Otimizado.** No nível mais alto, toda a organização está focada na "melhoria contínua do processo". Utilizando o feedback quantitativo estabelecido no Nível 4, a organização busca proativamente identificar as causas-raiz dos defeitos e implantar inovações (tecnológicas ou de processo) com o objetivo de "prevenir a ocorrência de defeitos" e otimizar continuamente o desempenho.

A progressão entre esses níveis é orientada por componentes estruturais definidos. A arquitetura do CMM decompõe cada nível de maturidade (exceto o Nível 1) nos seguintes elementos (Paulk *et al.*, 1993):

- **Áreas-Chave de Processo (Key Process Areas – KPAs):** São os "blocos de construção" que definem cada nível de maturidade. Cada KPA identifica um "agrupamento de atividades relacionadas" que, quando executadas coletivamente, atingem um conjunto de objetivos essenciais para aquele nível. Por exemplo, o Nível 2 (Repetível) exige o domínio de KPAs como Gerenciamento de Requisitos e Planejamento de Projeto.
- **Metas (Goals):** São os objetivos que resumem as práticas-chave de uma KPA e "significam o escopo, os limites e a intenção" daquela área. As Metas são usadas para determinar, durante uma avaliação, se a organização implementou a KPA de forma eficaz.

- **Características Comuns (Common Features):** As KPAs são organizadas por cinco atributos que indicam se sua implementação é "eficaz, repetível e duradoura". Estas são as características que "institucionalizam" o processo na cultura da organização e incluem:
  1. *Compromisso de Executar* (Estabelecimento de políticas e liderança);
  2. *Habilidade de Executar* (Recursos, financiamento e treinamento);
  3. *Atividades Executadas* (Definição de procedimentos, execução e rastreamento);
  4. *Medição e Análise* (Coleta de métricas básicas sobre as atividades);
  5. *Verificação da Implementação* (Auditorias de SQA e supervisão gerencial).
- **Práticas-Chave (Key Practices):** São as "infraestruturas e atividades" específicas, descritas dentro das Características Comuns, que mais contribuem para a implementação e institucionalização efetiva de uma KPA. As Práticas-Chave descrevem "o que" deve ser feito, mas não "como" deve ser feito.

A robustez metodológica do CMM reside, portanto, em sua clareza conceitual, coerência interna e aplicabilidade sistêmica. O modelo não apenas descreve o estado atual dos processos de uma organização, mas também estabelece um caminho estruturado para sua evolução, orientando decisões de gestão em ambientes de alta complexidade e criticidade, como o setor de defesa.

Em síntese, o CMM oferece uma lógica evolutiva e cumulativa — organizada por níveis, áreas-chave de processo, metas e práticas — que permite diagnosticar o grau de maturidade institucional e planejar trajetórias de aprimoramento contínuo. Essa arquitetura conceitual é a peça final do arcabouço teórico deste capítulo, que fundamentou o TST como um processo (1.4) sistêmico que busca a efetividade (1.5) e cuja evolução pode ser medida por estágios de maturidade (1.6).

Antes que esse referencial de maturidade possa ser formalmente adaptado à realidade militar (o que será feito no Capítulo 3), é indispensável analisar o caso empírico que servirá de base para tal adaptação. O Capítulo 2, portanto, dedicar-se-á a examinar a evolução histórica e operacional do TST nas Forças Armadas dos Estados Unidos, identificando as lições aprendidas e os marcos de desenvolvimento que constituem o *benchmark* desta dissertação.

## 2 O DESENVOLVIMENTO DAS CAPACIDADES DE *TIME SENSITIVE TARGETING* PELOS ESTADOS UNIDOS

O desafio de engajar alvos móveis e sensíveis ao tempo — frequentemente associado à guerra contemporânea — possui origens antigas. Durante a Segunda Guerra Mundial, os Aliados enfrentaram grandes dificuldades para localizar e destruir os lançadores móveis dos mísseis V-1 e V-2 alemães, na *Operation Crossbow*. Segundo Zaloga (2003), mesmo com o emprego intensivo de bombardeiros e recursos de inteligência, os resultados foram limitados. Essa limitação evidenciou a fragilidade dos métodos tradicionais de designação de alvos diante de ameaças furtivas e móveis — problema que se repetiria em guerras posteriores e que, com o tempo, impulsionaria a criação de um modelo de engajamento mais rápido, integrado e sensível ao fator tempo.

O TST não surgiu como uma doutrina isolada, mas como resultado de um longo processo de evolução tecnológica, organizacional e doutrinária nas Forças Armadas dos Estados Unidos. Seu desenvolvimento foi condicionado pela busca contínua de maior agilidade no ciclo de decisão e ataque, pela integração entre sensores, comando e vetores, e pela necessidade de reduzir o tempo entre a detecção do alvo e o engajamento.

A escolha dos Estados Unidos como foco deste capítulo se deve ao fato de esse país ter sido o principal responsável pela consolidação e difusão do conceito de TST no ambiente militar contemporâneo. Nenhuma outra nação investiu tanto em pesquisa, doutrina e tecnologia voltadas à redução do ciclo de decisão e à integração entre os meios de Comando e Controle (C2), Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR). Além disso, o histórico de campanhas aéreas norte-americanas — do Vietnã ao Oriente Médio — oferece uma linha evolutiva completa para compreender como as limitações operacionais levaram à formulação, aprimoramento e institucionalização do TST como capacidade essencial do poder aéreo moderno.

Assim, este capítulo tem por objetivo apresentar a trajetória de desenvolvimento das capacidades de TST pelos Estados Unidos, identificando os principais marcos doutrinários e tecnológicos que sustentam essa evolução. Essa análise servirá de base para a formulação do modelo de estágios de maturidade apresentado no capítulo seguinte, que será utilizado para comparar o nível de desenvolvimento brasileiro frente ao padrão norte-americano.

## 2.1 PÓS-GUERRA DO VIETNÃ E A DOCTRINA *AIRLAND BATTLE*

O desenvolvimento da doutrina *AirLand Battle* foi motivado por múltiplos fatores conjunturais e institucionais que emergiram no período pós-Guerra do Vietnã. Entre os principais estímulos, destaca-se a necessidade de restaurar a credibilidade das Forças Armadas dos Estados Unidos após os fracassos estratégicos no Vietnã, bem como a crescente percepção da ameaça representada pelo poder convencional do Pacto de Varsóvia na Europa Central. Segundo Skinner (1988) e o próprio *Field Manual 100-5* (Estados Unidos, 1982), a doutrina *AirLand Battle* foi concebida como uma resposta sistêmica às lacunas reveladas no Sudeste Asiático, propondo uma abordagem ofensiva, em profundidade e voltada ao nível operacional da guerra convencional.

Adicionalmente, a Guerra do Yom Kippur (1973) revelou um campo de batalha densamente saturado por tecnologias letais, caracterizado pelo emprego intensivo de *surface-to-air missiles* (mísseis superfície-ar – *SAMs*), *anti-tank guided missiles* (mísseis anticarro guiados – *ATGMs*) e *anti-ship cruise missiles* (mísseis de cruzeiro antinavio – *ASCMs*). Conforme analisado por Cordesman (1984), esses sistemas, em sua maioria fornecidos pela União Soviética, evidenciaram a vulnerabilidade de forças mecanizadas e de aeronaves táticas ao operarem em ambientes contestados, antecipando o conceito contemporâneo de *anti-access/area denial* (negação de acesso e negação de área – *A2/AD*). Nesse contexto, a atuação das forças israelenses, ao integrar de forma eficaz manobras terrestres com apoio aéreo coordenado, evidenciou a necessidade de respostas operacionais mais ágeis, profundas e sincronizadas — elementos que influenciaram diretamente a reformulação dos fundamentos doutrinários do Exército dos Estados Unidos (Starry, 1981).

Formalizada com a publicação do *Field Manual* (FM) 100-5 (Estados Unidos, 1982), a doutrina *AirLand Battle* representou uma mudança significativa em relação ao modelo anterior de *Active Defense* (defesa ativa – *AD*), superando sua abordagem reativa e linear. O novo paradigma preconizava a sincronização entre forças terrestres e aéreas, com ações ofensivas planejadas em múltiplas frentes e profundidades do campo de batalha, integrando manobras, fogos e guerra eletrônica. A operação devia ser conduzida com base em quatro princípios fundamentais: iniciativa, profundidade, agilidade e sincronização (Estados Unidos, 1982, p. 7-1).

Ainda de acordo com os Estados Unidos (1982), a *AirLand Battle* concebia o combate como uma campanha simultânea — e não sequencial —, com ações coordenadas contra os escalões avançados e de reforço do inimigo. O ataque em profundidade e a antecipação

temporal tornaram-se componentes centrais da doutrina, exigindo a criação de sistemas de planejamento e coordenação mais complexos e integrados entre o Exército e a Força Aérea dos Estados Unidos.

Com base nessa mesma diretriz doutrinária, o campo de batalha passou a ser conceitualmente segmentado em três zonas principais: *close*, *deep* e *rear*. A área *close* abrangia a zona de contato imediato, onde as forças terrestres travavam combate direto contra o inimigo, sob responsabilidade primária do comandante de corpo de exército. A zona *deep* correspondia à área além do alcance imediato das forças de manobra, onde o objetivo era desorganizar os escalões de reforço e a logística do inimigo; nela, a responsabilidade operacional era compartilhada entre os comandantes terrestres e o componente aéreo, sendo este último decisivo para os ataques de interdição. Por fim, a zona *rear* englobava a retaguarda das forças amigas, com foco na proteção das linhas de suprimento, defesa antiaérea e *command and control* (C2).

Conforme descrito pelo Estados Unidos (1982, p. 5-1 a 5-3), essa segmentação do campo de batalha permitia distribuir tarefas, responsabilidades e prioridades de apoio aéreo e terrestre de forma coordenada no tempo, com janelas operacionais estimadas de 0 a 24 horas para a zona *close* (contato direto), de 24 a 48 horas para operações de interdição, e de 48 a 72 horas para as *deep operations* (operações em profundidade). Essa lógica temporal impôs novas exigências ao planejamento conjunto e ao processo decisório integrado entre os componentes terrestre e aéreo.

## 2.2 A ADAPTAÇÃO DOUTRINÁRIA DA FORÇA AÉREA E A ORIGEM DO CICLO DA ATO

A implementação da doutrina *AirLand Battle* impôs à Força Aérea dos Estados Unidos (*United States Air Force* – USAF) o desafio de adaptar sua doutrina operacional e seus processos de planejamento para atender às exigências de sincronização com as forças terrestres. Para isso, foi necessário transformar a abordagem tradicional da aviação tática — até então voltada para missões de apoio pontuais e reativas — em um sistema coordenado e deliberativo de aplicação do poder aéreo em campanhas conjuntas.

Essa transformação começou a se consolidar com a publicação do *Air Force Manual* (AFM) 1-1 – *Basic Aerospace Doctrine of the United States Air Force*, de 1984. Neste documento, os Estados Unidos (1984) reafirmaram o princípio de que o poder aéreo deveria ser exercido sob controle centralizado e execução descentralizada. Esse conceito ganhou força legal

com a Lei Goldwater-Nichols de 1986, que impulsionou a figura do Comandante Aéreo Componente da Força Conjunta (*Joint Force Air Component Commander – JFACC*)(Estados Unidos, 1986). No entanto, a padronização definitiva desse processo ocorreu com a edição da **Joint Publication 3-56.1 – Command and Control for Joint Air Operations, de 1994**. Foi neste documento, Estados Unidos (1994), que sistematizaram formalmente o ciclo da *Air Tasking Order* (ATO) como um processo estruturado de 72 horas, dividido em fases de planejamento, coordenação, execução e avaliação.

De acordo com os Estados Unidos (1994, p. IV-5), o ATO é o mecanismo que traduz a orientação do comandante em missões aéreas específicas, assegurando a unidade de esforço no campo de batalha. Esse ciclo permitia a integração entre os efeitos desejados e os vetores disponíveis, oferecendo previsibilidade e coesão aos ataques planejados. O ATO englobava diversos tipos de missão, incluindo interdição aérea, apoio aéreo aproximado (*close air support – CAS*), supressão de defesas inimigas (*suppression of enemy air defenses – SEAD*), reconhecimento e guerra eletrônica, todos orquestrados em conformidade com as prioridades estabelecidas pelas forças terrestres, conforme delimitado pelas Linhas de Coordenação de Apoio de Fogo (*Fire Support Coordination Lines – FSCL*).

Essa adaptação doutrinária e procedimental foi essencial para viabilizar os princípios da *AirLand Battle*, pois permitiu que a Força Aérea atuasse com antecedência, engajando alvos em profundidade de forma precisa e sincronizada com a manobra terrestre. O ciclo ATO passou, assim, a representar a espinha dorsal do emprego aéreo em campanhas convencionais, como ficou evidenciado na *Operation Desert Storm* (1991), quando o processo foi utilizado para coordenar milhares de surtidas diárias em um esforço conjunto e altamente integrado.

Apesar de representar um avanço substancial na integração operacional entre os componentes terrestre e aéreo, o ciclo ATO ainda estava fortemente vinculado a um modelo de planejamento deliberado, orientado para alvos fixos e previsíveis. Sua estrutura de 72 horas oferecia previsibilidade e coesão às campanhas aéreas, mas limitava a capacidade de reação a eventos imprevistos ou alvos emergentes. A disseminação de inteligência permanecia lenta e compartimentada, e os sensores existentes não forneciam cobertura persistente nem dados em tempo real que possibilitassem o engajamento imediato. Além disso, os vetores disponíveis ainda não dispunham de plena capacidade de redirecionamento tático (*retargeting*) ou de armamentos de precisão com autonomia decisória (Fuhrer, 2016; Lambeth, 2000; Olsen, 2010; Pena-Guzman, 2013).

Durante o período compreendido entre o fim da Guerra do Vietnã e a deflagração da Guerra do Golfo, os principais vetores de combate da USAF incluíam os caças F-4 Phantom II,

A-7 Corsair II (avião de ataque tático), F-111, A-10 Thunderbolt II e os recém-incorporados F-15 Eagle e F-16 Fighting Falcon, além dos bombardeiros B-52 Stratofortress e B-1B Lancer. O armamento predominante ainda era composto por bombas de queda livre (Mk 82, Mk 84), mísseis AGM-65 Maverick e as primeiras gerações de bombas guiadas a laser (*laser guided bombs* – LGB), com uso ainda limitado e dependente de condições visuais (Gray, 2015; Olsen, 2010). A estrutura de comando e controle baseava-se em centros de operações centralizados, como o Centro de Controle Aéreo Tático (*Tactical Air Control Center* – TACC), com baixa flexibilidade nos escalões táticos e forte separação entre os ciclos de inteligência e ataque.

As capacidades de inteligência, vigilância e reconhecimento (*intelligence, surveillance and reconnaissance* – ISR) eram exercidas por plataformas como o U-2 Dragon Lady, RC-135 Rivet Joint e E-3 Sentry AWACS, com ênfase em coleta estratégica e cobertura eletrônica, mas sem integração operacional em tempo real. O sistema JSTARS (E-8C), que viria a possibilitar rastreamento de alvos móveis em profundidade, ainda estava em fase de testes e prototipagem durante a década de 1980, sendo empregado em caráter experimental em 1991 (Estados Unidos, 1991; Fuhrer, 2016).

Nesse contexto, constata-se que, embora a doutrina *AirLand Battle* e o ciclo ATO tenham estabelecido os fundamentos para a coordenação entre fogos e manobras em profundidade, ainda não existia uma estrutura operacional ou doutrinária voltada ao engajamento de alvos inopinados. Faltavam os meios, os processos e a mentalidade operacional voltados à antecipação, priorização e ataque sob janelas de oportunidade estreitas. A inexistência de integração sistêmica entre os ciclos de inteligência, decisão e ataque, bem como a ausência de treinamento e de procedimentos voltados a situações de resposta rápida, indicam que, até o início da década de 1990, as Forças Armadas dos Estados Unidos ainda não dispunham de uma capacidade funcional de TST.

### 2.3 OS LIMITES DO CICLO DA ATO NA GUERRA DO GOLFO

A Primeira Guerra do Golfo (1990–1991) representou o primeiro grande teste da doutrina *AirLand Battle* em um ambiente real de combate de alta intensidade. Foi, ao mesmo tempo, a validação operacional da efetividade do ciclo do *Air Tasking Order* (ATO) como instrumento de comando e controle do poder aéreo em campanhas conjuntas. Segundo Olsen (2010, p. 261, tradução nossa), “a Guerra do Golfo tornou-se um evento decisivo na história do poder aéreo, emergindo como elemento dominante nas operações militares e destacando seu potencial para alcançar objetivos estratégicos de forma independente das forças de superfície”.

Embora a campanha tenha sido, em termos gerais, bem-sucedida do ponto de vista militar, também expôs limitações cruciais da arquitetura tradicional de comando e controle, sobretudo no que diz respeito à capacidade de resposta diante de alvos móveis e sensíveis ao tempo.

O processo de planejamento e execução das missões aéreas durante a Primeira Guerra do Golfo foi conduzido majoritariamente pelo Comandante da Força Aérea Componente da Força Conjunta (*Joint Force Air Component Commander – JFACC*), função desempenhada pelo General Charles Horner. Apoiado pelo ciclo do *Air Tasking Order* (ATO), o JFACC coordenava milhares de surtidas diárias por meio de um processo centralizado de comando e controle. Conforme descrito pelos Estados Unidos (1989), o ATO era elaborado com 72 horas de antecedência, com ordens formalizadas a cada 24 horas, permitindo a integração entre sensores, plataformas e vetores de ataque. Sua produção ocorria no *Combined Air Operations Center* (CAOC), centro neurálgico da coordenação entre os diversos comandos e capacidades aéreas envolvidas.

No entanto, embora o ATO tenha se mostrado eficaz para engajar alvos fixos e estrategicamente planejados, seu ciclo deliberativo revelou-se inadequado para lidar com alvos móveis e emergentes. Como analisado por Glock (2004), a estrutura rígida do ATO, baseada em janelas de planejamento fixas e ciclos de execução predefinidos, não permitia ajustes em tempo real. Essa limitação dificultava a adaptação do poder aéreo às rápidas mudanças táticas no ambiente operacional, tornando o modelo tradicional de planejamento inadequado para o engajamento de alvos sensíveis ao tempo.

Essa falta de agilidade no processo ia de encontro ao que defendia o Coronel John Boyd, formulador do ciclo *Observe, Orient, Decide, Act* (OODA). Boyd argumentava que a chave para a superioridade decisória residia na capacidade de executar esse ciclo de forma mais rápida que o inimigo, superando-o na velocidade de orientação e ação (Coram, 2002). Entretanto, a estrutura do ATO baseava-se em um processo burocrático e sequencial, que retardava a capacidade de resposta a eventos não planejados, resultando em perdas de oportunidade frente a alvos de tempo sensível.

Segundo Lambeth (2000) e Johnson (2007), diversos relatos indicaram que alvos táticos de oportunidade — como lançadores móveis de mísseis SCUD e movimentos repentinos de unidades iraquianas — não puderam ser engajados de forma eficaz. Isso ocorria porque as informações sobre esses alvos surgiam em tempo real, mas os vetores aéreos disponíveis já se encontravam comprometidos com missões previamente alocadas no ATO, o que inviabilizava o redirecionamento dinâmico sem comprometer a integridade do planejamento existente

O General Horner reconheceu, em audiência no Senado dos Estados Unidos, que havia subestimado o impacto tático e estratégico dos mísseis SCUD. Segundo ele, apesar de haver um preparo genérico para lidar com essa ameaça, a capacidade real de engajar os lançadores móveis era extremamente limitada, exigindo o redirecionamento de recursos significativos da campanha aérea para essa finalidade específica (Estados Unidos, 1991, p. 268).

Complementando essa análise, nota-se que a doutrina da USAF à época ainda estava fortemente estruturada no paradigma da *AirLand Battle*, voltada à interdição e degradação de sistemas estratégicos e forças de segunda linha, com escassa flexibilidade para ajustes táticos de curto prazo (Fuhrer, 2016). Essa abordagem enfatizava o planejamento deliberado e o controle centralizado do poder aéreo, refletindo uma concepção de guerra convencional com alvos fixos e previamente identificados (Olsen, 2010).

Para mitigar essa limitação, especialmente diante da crescente demanda por engajamentos responsivos, foi instituído o conceito de *Kill Box*, uma medida de controle do espaço aéreo destinada a permitir a atuação de plataformas de ataque contra alvos emergentes sem a necessidade de coordenação vertical imediata. Essa inovação doutrinária visava justamente ampliar a flexibilidade operacional e possibilitar o engajamento eficiente de alvos sensíveis ao tempo dentro de áreas pré-designadas (Estados Unidos, 1999)

O sistema de C2, embora considerado bem-sucedido na centralização do poder aéreo sob o JFACC, revelou deficiências operacionais relevantes. A dependência do ciclo do ATO impunha uma estrutura sequencial de decisão que impossibilitava o redirecionamento eficaz de aeronaves já empenhadas. Relatórios pós-ação indicam que o ciclo de 72 horas era incompatível com a necessidade de resposta a alvos que surgiam fora do planejamento inicial (Roman, 1997).

No campo da Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (*intelligence, surveillance and reconnaissance* – ISR), os sistemas RC-135, U-2, E-3 AWACS e satélites forneciam cobertura estratégica, porém com latência elevada e baixa integração com os vetores de ataque. O JSTARS, embora promissor, ainda não estava plenamente operacional durante o conflito (Fuhrer, 2016; Lambeth, 2000).

O treinamento da Força Aérea dos Estados Unidos na década de 1990 não contemplava, de forma estruturada, o preparo para o engajamento de alvos móveis e sensíveis ao tempo. Como observa Fox (1999), mesmo após o fim da Guerra do Golfo, as principais plataformas de combate aéreo da USAF — como B-1, B-52, F-15E, F-16 e AC-130 (aeronave de apoio aéreo aproximado/gunship da USAF) — praticavam o *dynamic targeting* de maneira esporádica e sem requisitos formais, dependendo quase exclusivamente de iniciativas locais. Exercícios conjuntos como *RED FLAG* e *GREEN FLAG* mantinham o foco em alvos fixos e cenários

deliberados, com pouca ou nenhuma incorporação de alvos móveis em tempo real, o que comprometia a preparação efetiva das forças para a atuação em ambientes dinâmicos e não lineares.

Em relação aos armamentos, embora o conflito tenha marcado o uso intenso de munições guiadas, estas representaram apenas cerca de 8% do total. A maioria das aeronaves, como os F-16 e F/A-18, não possuía sistemas designadores orgânicos e operava com bombas convencionais. Apenas o F-117 e algumas versões do F-111F utilizavam rotineiramente bombas guiadas a laser (*Laser-Guided Bombs* - LGBs) (Lambeth, 2000; Olsen, 2010).

Os meios aéreos empregados foram numerosos e variados, mas a capacidade de replanejamento dinâmico ainda era restrita. A maioria das aeronaves cumpria missões fixas, definidas com antecedência no ATO, com pouca flexibilidade para engajar alvos fora do plano inicial (Olsen, 2010).

No que se refere à integração conjunta, embora a campanha tenha consolidado o papel do JFACC, a interoperabilidade entre componentes ainda era limitada. Houve fricções entre os comandos da Marinha e da Força Aérea, com divergências doutrinárias sobre o uso do ATO e a definição de prioridades de alvos (Fuhrer, 2016; Roman, 1997).

No período subsequente à Guerra do Golfo, as limitações enfrentadas pela USAF geraram intensos debates doutrinários, mas não resultaram em uma ruptura imediata com os modelos vigentes. Em vez disso, observou-se um esforço incremental de adaptação, com foco em melhorias pontuais na estrutura de C2, no uso de tecnologias emergentes e em exercícios que simulavam cenários mais dinâmicos. Como aponta Roman (1997), as mudanças estruturais mais significativas tenderiam a ganhar força diante de novas pressões operacionais, como as observadas nos Bálcãs e, especialmente, no Afeganistão. Nesse sentido, embora a Guerra do Golfo tenha exposto de forma contundente as fragilidades do ciclo ATO, sua influência sobre os avanços posteriores no campo do engajamento de alvos emergentes deve ser compreendida como uma contribuição gradual, cuja consolidação só ocorreria de forma mais evidente na *Operation Enduring Freedom*.

#### 2.4 O FRACASSO ESTRUTURAL DO *TIME SENSITIVE TARGETING* NA *OPERATION ALLIED FORCE*

A *Operation Allied Force* (OAF), conduzida pela OTAN entre março e junho de 1999, no contexto da crise do Kosovo, foi estruturada sob uma estratégia deliberadamente restritiva, que descartou, desde o início, o emprego de forças terrestres em ações ofensivas. Essa decisão,

motivada por imperativos políticos — como a preservação da coesão da aliança e a minimização de riscos às tropas aliadas —, moldou profundamente a estrutura da campanha e a natureza dos alvos selecionados. Como observa Lambeth (2001), a ênfase em uma campanha aérea autônoma visava preservar a legitimidade política da coalizão, mesmo que isso comprometesse a efetividade contra um inimigo irregular e disperso.

Na ausência de uma ameaça terrestre concreta, as forças iugoslavas adotaram táticas assimétricas de dispersão, mobilidade e camuflagem, explorando a geografia acidentada e o ambiente urbano para dificultar sua detecção e neutralização (Lambeth, 2001). A consequência direta foi a limitação do esforço de engajamento de alvos móveis, cuja eficácia depende da integração célere entre detecção, decisão e ataque.

O processo de identificação, aprovação e engajamento desses alvos mostrou-se excessivamente burocrático e fragmentado, incompatível com a natureza efêmera das oportunidades apresentadas. O ciclo do ATO, com duração de 72 horas, revelou-se inadequado frente a janelas temporais que exigiam decisões em minutos (Turner, 2001). Em resposta à ausência de uma estrutura formalizada para o TST no CAOC, recorreu-se à criação *ad hoc* da chamada *flex targeting cell*, cujo propósito era lidar com alvos emergentes não contemplados no ATO diário. Conforme descreve Lambeth (2001), essa célula operava com autoridade limitada e enfrentava dificuldades de coordenação com os demais componentes, revelando a precariedade do processo dinâmico de designação de alvos na campanha aérea do Kosovo.

Essa deficiência organizacional refletia um problema doutrinário mais amplo. Como destaca Nardulli *et al.* (2002), a campanha aérea refletia paradigmas herdados da Guerra Fria, priorizando a neutralização de instalações fixas — como usinas, depósitos e centros de comando — em detrimento do engajamento oportuno de alvos móveis, que demandariam maior flexibilidade e agilidade de resposta.

Conforme detalha Lambeth (2001), o armamento empregado refletia essa ênfase doutrinária em ataques deliberados contra infraestruturas estáticas, com baixa flexibilidade para o engajamento dinâmico. Entre os principais armamentos utilizados estavam os mísseis *AGM-130* e *AGM-88 HARM*, as bombas guiadas por laser *GBU-12* e *GBU-24*, e os mísseis de cruzeiro *Tomahawk* — todos projetados para atingir alvos previamente localizados e fixos. As missões de SEAD foram conduzidas principalmente por caças F-16CJ da USAF, equipados com mísseis *HARM*, e por aeronaves EA-6B Prowler, dotadas de sistemas de contramedidas eletrônicas (*Electronic Countermeasures* – ECM) para interferência em radares e comunicações. Embora tecnologicamente avançados, tais vetores e armamentos foram concebidos para cenários de

combate convencionais e previsíveis, demonstrando baixa adaptabilidade às exigências de flexibilidade e agilidade requeridas para o engajamento de alvos móveis ou dissimulados.

O autor mostra que a eficácia desses sistemas dependia fortemente da qualidade da inteligência disponível e da estabilidade da designação de alvos — condições frequentemente comprometidas no ambiente geográfico e operacional do Kosovo. A operação conjunta entre os *Prowlers* e outras aeronaves buscava mitigar essas limitações. Os EA-6B baseados em terra, por exemplo, apoiavam diretamente os pacotes de ataque, enquanto os embarcados no USS *Theodore Roosevelt* operavam em conjunto com caças F-14, F/A-18 e aeronaves aliadas.

A campanha aérea no Kosovo enfrentou limitações operacionais significativas decorrentes da combinação de fatores geográficos, meteorológicos e tecnológicos. Conforme analisado por Lambeth (2001), o terreno montanhoso e o clima instável da região comprometeram a eficácia de sensores como radares de abertura sintética (SAR) e sistemas ópticos, dificultando a detecção de forças móveis e dispersas. Embora plataformas de ISR como U-2, JSTARS, *Predator* e satélites tenham sido amplamente empregadas, a defasagem entre a coleta de dados e o momento do ataque comprometeu a efetividade das ações. O autor destaca que a ligação entre sensores e vetores de ataque ainda era lenta e pouco integrada, dificultando o engajamento oportuno de alvos fugazes.

Conforme analisado por Lamb (2002), o processo que envolve a coleta de dados, sua interpretação, a obtenção de aprovação política e a subsequente atribuição da missão frequentemente resultava em atrasos que comprometiam a atualidade das informações no momento do ataque. Essa deficiência estrutural revelou-se particularmente problemática no engajamento de alvos fugazes, cuja presença no campo de batalha é limitada no tempo. Lambeth (2001) reforça esse diagnóstico ao apontar que a defasagem entre os sensores e os vetores de ataque representava um obstáculo crítico à eficácia das ações contra esse tipo de objetivo, evidenciando um descompasso sistêmico entre os componentes do processo de *targeting*, sobretudo na execução de missões em tempo oportuno.

A estrutura multinacional da OTAN também impôs limitações operacionais significativas. O processo de aprovação de alvos era complexo e envolvia múltiplas instâncias, como o CAOC, o Comandante Supremo Aliado na Europa (*Supreme Allied Commander Europe – SACEUR*), o Conselho do Atlântico Norte (NAC) e as lideranças políticas de cada Estado-membro. Tal arranjo institucional gerava um fluxo decisório excessivamente lento, no qual alvos já identificados como prioritários frequentemente enfrentavam atrasos consideráveis até sua aprovação final. Como observam Nardulli *et al.* (2002), esse processo multilateral e politicamente sensível restringia severamente a capacidade da coalizão de reagir com rapidez

diante de alvos móveis, prejudicando a eficácia do engajamento oportuno. Lambeth (2001) complementa essa análise ao afirmar que alvos militares legítimos eram por vezes vetados por motivos políticos ou diplomáticos, comprometendo a flexibilidade operacional necessária ao emprego eficaz do poder aéreo em tempo sensível.

A atuação sob intenso escrutínio midiático agravou significativamente os desafios operacionais da campanha. Conforme analisam Nardulli *et al.* (2002), a necessidade de minimizar danos colaterais tornou-se essencial para manter o apoio político, sobretudo entre os aliados europeus. Incidentes como os ataques ao comboio de civis na estrada *Djakovica-Decane* e o bombardeio acidental da embaixada chinesa em Belgrado geraram forte repercussão internacional e impuseram ajustes imediatos nas operações aéreas. Nesse contexto, o custo político do erro era amplificado pela cobertura em tempo real, restringindo a flexibilidade e a iniciativa dos planejadores táticos.

Nesse cenário, Olsen (2010) observa que, embora a OTAN detivesse superioridade aérea absoluta, essa condição mostrou-se insuficiente para gerar efeitos militares decisivos contra um inimigo adaptativo, inserido no tecido urbano e altamente móvel. A promessa de uma guerra de precisão — pautada no uso de armamentos inteligentes e na redução de danos colaterais — foi severamente testada, revelando-se limitada diante da rigidez das regras de engajamento e da fragmentação do processo decisório. Gray (2015) reforça essa crítica ao destacar a tensão recorrente entre o potencial destrutivo do poder aéreo e sua capacidade real de produzir efeitos político-estratégicos decisivos. Segundo o autor, a sofisticação tecnológica — materializada no uso extensivo de munições de precisão — embora tenha ampliado a capacidade de destruição seletiva, não garantiu superioridade operacional em contextos nos quais o inimigo adotava estratégias assimétricas de dispersão e dissimulação. Essa dissociação entre meios e fins evidencia, para ele, uma das principais limitações do emprego do poder aéreo no ambiente contemporâneo de guerra irregular.

A avaliação dos resultados da campanha aérea contra as forças táticas sérvias permanece objeto de controvérsia. O relatório oficial do Departamento de Defesa dos Estados Unidos apresentou um panorama otimista, relatando a destruição de centenas de tanques, veículos blindados e peças de artilharia (Cohen; Shelton, 2000). Contudo, inspeções de campo conduzidas após o conflito e análises independentes questionaram significativamente esses dados. Lambeth (2001) observa que menos de 5% das plataformas alvejadas apresentavam evidências conclusivas de destruição, sugerindo uma superestimação do impacto real das ações contra alvos móveis. Para o autor, tal discrepância revela a fragilidade da capacidade de

verificação de danos em tempo real (*battle damage assessment*, BDA) e reforça o distanciamento entre as narrativas institucionais e os efeitos operacionais concretos.

Esse diagnóstico levou os Estados Unidos a iniciarem um amplo processo de reestruturação de suas capacidades operacionais e doutrinárias. Como destaca o relatório oficial da campanha, esse esforço incluiu a criação de centros especializados no controle de contraforças terrestres (*Joint Counterland Control Centers*), O fortalecimento da interoperabilidade entre plataformas de inteligência, vigilância e reconhecimento (IVR) e os vetores de ataque, aliado ao avanço de programas como o *RQ-4 Global Hawk*<sup>5</sup> e ao aperfeiçoamento do ciclo TPED (designação, processamento, exploração e disseminação de informações), visava reduzir o tempo entre a detecção de uma ameaça e sua neutralização efetiva (Cohen; Shelton, 2000). Essas medidas buscavam encurtar o chamado ciclo *sensor-to-shooter*, considerado essencial em cenários de alta volatilidade tática, e respondiam a deficiências identificadas em operações recentes, como no Kosovo, onde a integração entre sensores e sistemas de ataque mostrou-se insuficiente para atender à dinâmica do campo de batalha.

Além das reformas materiais, houve um esforço institucional para internalizar as lições aprendidas. O Departamento de Defesa promoveu a atualização da *Joint Publication 3-60*, a modernização dos currículos de formação, a revisão dos processos de planejamento operacional e a sistematização das experiências da OAF no ciclo de experimentação do *Joint Forces Command* (Cohen; Shelton, 2000). Essas ações buscavam mitigar a morosidade processual e a ineficiência no engajamento de alvos móveis, reconfigurando os fundamentos doutrinários do emprego do poder aéreo em ambientes conjuntos.

Nesse mesmo sentido, para Fyfe (2005), foi o fracasso parcial observado em Kosovo que impulsionou o amadurecimento das capacidades de engajamento oportuno, posteriormente aplicadas com maior eficácia na *Operation Iraqi Freedom*. Assim, a OAF representou não apenas um teste dos limites do poder aéreo moderno, mas também o ponto de partida para sua reformulação estratégica no século XXI.

---

<sup>5</sup> O RQ-4 Global Hawk é um veículo aéreo não tripulado (VANT) de alta altitude e grande autonomia, projetado para fornecer cobertura persistente de IVR sobre áreas extensas. Equipado com sensores eletro-ópticos, infravermelhos e de radar de abertura sintética (SAR), permite vigilância estratégica contínua em tempo quase real, com mínima vulnerabilidade e sem necessidade de piloto a bordo (Estados Unidos, 2020b).

## 2.5 A OPERATION ENDURING FREEDOM E A EVOLUÇÃO DO TIME SENSITIVE TARGETING

A campanha aérea conduzida durante a *Operation Enduring Freedom* (OEF), deflagrada em outubro de 2001 como resposta aos atentados de 11 de setembro, constituiu um marco na aplicação do poder aéreo em conflitos assimétricos. Diferentemente das operações aéreas massivas e centralizadas que caracterizaram guerras anteriores, como a *Desert Storm* ou a *Allied Force*, a OEF foi articulada em torno de uma estrutura flexível, integrada e baseada em alvos emergentes (Lambeth, 2005).

Nesse novo paradigma operacional, o poder aéreo não apenas exerceu superioridade nos céus, mas tornou-se o principal vetor de efeitos estratégicos e táticos, guiado por inteligência em tempo real e apoiado por SOF em solo (Fyfe, 2005). Embora o protagonismo do poder aéreo tenha sido celebrado por analistas e pela mídia, Wills (2006) propõe uma visão alternativa. Segundo o autor, a narrativa do “modelo ideal” de integração entre forças especiais e poder aéreo mascarou deficiências estruturais, como a excessiva centralização do processo decisório no CAOC, o tempo de resposta ainda elevado e a carência de autonomia tática das forças em solo. Para Wills (2006), o sucesso tático não deve eclipsar os riscos operacionais gerados por uma cadeia de comando excessivamente hierarquizada e dependente de validações sucessivas.

A natureza geográfica do teatro afegão, carente de infraestrutura avançada e caracterizado por um inimigo descentralizado, impôs à campanha aérea um perfil eminentemente expedicionário, com grande dependência de vetores navais, munições de precisão e ciclos curtos de planejamento (Bereiter, 2021). O êxito inicial da operação evidenciou tanto a capacidade de adaptação das Forças Armadas dos Estados Unidos quanto as limitações doutrinárias e organizacionais que ainda persistiam diante dos desafios impostos por um ambiente operacional fluido e imprevisível (Fyfe, 2005; Lambeth, 2005). Nesse sentido, Wills (2006) alerta que as lições da OEF não devem ser interpretadas de forma acrítica. Para o autor, houve um descompasso entre o discurso institucional e a realidade operacional, sendo essencial reconhecer que o modelo adotado ainda carecia de doutrina consolidada, estruturas flexíveis e delegação adequada de autoridade para que o TST pudesse alcançar sua plena eficácia.

Essa campanha ocorreu em meio a um processo de inflexão doutrinária, com as Forças Armadas norte-americanas ainda assimilando as lições da experiência anterior no Kosovo. As

dificuldades então enfrentadas na identificação e engajamento de alvos móveis haviam revelado lacunas significativas na capacidade de execução de ataques oportunos, sobretudo quanto à ausência de um processo conjunto padronizado para TST. Conforme observado por Fyfe (2005), embora a experiência no Kosovo tenha impulsionado iniciativas institucionais de revisão das doutrinas de *targeting*, essas alterações ainda estavam em curso quando teve início a OEF.

No início da campanha, a versão vigente da *Joint Publication 3-60* encontrava-se em rascunho, e a familiaridade dos operadores com seus conceitos era desigual, gerando fricções entre os comandos responsáveis pelas missões (Fyfe, 2005). A ausência de um processo validado dificultava a integração entre os diferentes níveis de comando, comprometendo a agilidade decisória em um cenário caracterizado pela fugacidade dos alvos.

As consequências dessa indefinição normativa foram significativas. A autoridade para autorizar ataques a TST estava, na maioria dos casos, centralizada em escalões superiores, como o Comando Central dos Estados Unidos (*United States Central Command* – CENTCOM) ou o Secretário de Defesa, resultando em atrasos operacionais incompatíveis com a natureza dos alvos (Lambeth, 2005). Diversos alvos de alto valor (*High-Value Target* – HVT) escaparam devido à morosidade do processo decisório, evidenciando o descompasso entre o ciclo de decisão e o tempo de vida útil dos alvos.

A estrutura do CAOC refletia esse problema: a célula dedicada ao TST contava com apenas cinco operadores, responsáveis por coordenar ataques dinâmicos e demandas de CAS, gerando gargalos severos no fluxo de informações (Fyfe, 2005). Sob intenso estresse operacional, essa célula convergia informações de sensores embarcados, plataformas de ISR, SOF em solo e agências de inteligência. A ausência de protocolos doutrinários dificultava a padronização das condutas, exigindo julgamento tático e improvisações. A sobrecarga era agravada pela quantidade de missões sem alvos predefinidos — mais de 80% dos voos — exigindo análise e redistribuição rápida (Lambeth, 2005).

Outro entrave foi a fragmentação dos processos entre os diferentes componentes. Fyfe (2005) destaca que o CENTCOM e o Componente Aéreo do Comando Central dos Estados Unidos (*Central Command Air Forces* – CENTAF) operavam com metodologias distintas para pareamento de armas, estimativa de danos colaterais e validação de alvos, o que gerava redundâncias e ampliava o tempo de autorização de ataque. Ainda segundo o autor, essa divergência expunha a tensão entre as prioridades dos comandos: enquanto o CENTAF enfatizava a temporalidade (*time*), o CENTCOM priorizava a sensibilidade política e possível

dano colateral dos alvos (*sensitive*), sob influência das restrições impostas pela experiência no Kosovo.

A ausência de doutrina publicada e treinada refletia uma cultura institucional ainda voltada à rigidez dos planejamentos da Guerra Fria, nos quais predominavam alvos deliberados e ciclos longos de *targeting*. Conforme detalha Lambeth (2005), o ciclo do ATO operava com até 72 horas de antecedência, o que frequentemente se mostrava descompassado com a fluidez do campo de batalha afegão. Para compensar essas deficiências, o CAOC chegou a dividir o país em 30 zonas de engajamento e equipar as equipes de forças especiais com comunicações por satélite, mas ainda assim ocorreram casos em que comboios inimigos identificados em tempo real não puderam ser atacados, revelando a fragilidade da capacidade de resposta naquele estágio inicial da campanha.

A operacionalização do TST evidenciou a dissonância entre o potencial tecnológico disponível e as limitações impostas pela estrutura de comando e pela doutrina ainda incipiente. Wills (2006) reforça essa crítica ao argumentar que a ausência de autoridade decisória nas pontas do sistema tornava o processo de *targeting* menos responsivo. Em seu entendimento, a eficiência do TST durante a OEF foi comprometida pela burocratização da cadeia de aprovação e pelo receio de fratricídio, o que muitas vezes resultava em perdas de oportunidade e alvos não engajados.

A integração com as SOF foi crucial para o relativo sucesso do TST. Essas unidades identificavam e designavam alvos com precisão, utilizando designadores a laser em coordenação com aeronaves em voo (Lambeth, 2005). A célula TST atuava como elo entre o sensor humano e o vetor de ataque, mediando o fluxo de informações entre o operador em solo e os meios aéreos disponíveis.

Apesar dos avanços, a dependência de comunicações eficazes e de interoperabilidade persistia como desafio. Falhas de enlace e a ausência de protocolos comuns comprometiam a transmissão de dados e atrasavam decisões críticas (Fyfe, 2005). Embora esforços de integração tecnológica tenham evoluído, o ciclo F2T2EA ainda enfrentava barreiras estruturais que limitavam seu desempenho em tempo real.

O uso de plataformas de ISR foi igualmente essencial. Sistemas como o E-8 JSTARS, o RQ-1 *Predator* e o U-2 forneceram dados táticos em tempo quase real, permitindo identificar padrões e oportunidades de ataque. Entretanto, a fragmentação nos canais de disseminação entre CENTCOM e CENTAF gerava redundâncias e atrasos (Fyfe, 2005; Lambeth, 2005).

Portanto, a coordenação eficaz entre o CAOC, os sensores e os vetores de ataque não foi fruto de uma estrutura sistêmica consolidada, mas sim do profissionalismo e da flexibilidade

tática dos operadores envolvidos (Lambeth, 2005). A experiência acumulada ao longo da campanha permitiu validar, na prática, a viabilidade de um modelo responsivo de engajamento, ainda que sustentado pela iniciativa descentralizada dos executores. Essa realidade expôs, de um lado, o potencial transformador do TST como capacidade operacional integrada e, de outro, as limitações estruturais de uma doutrina em formação.

A célula TST da OEF, ainda que restrita em meios e autoridade, consolidou-se como prova de conceito e ponto de inflexão doutrinária, destacando o papel crítico da integração entre sensores, SOF e poder aéreo. As dificuldades enfrentadas evidenciaram a necessidade de reformas institucionais urgentes, ao passo que os avanços operacionais moldaram de forma decisiva a doutrina e a prática empregadas nas campanhas subsequentes, em especial na *Operation Iraqi Freedom*.

## 2.6 A OPERATION IRAQI FREEDOM E A CONSOLIDAÇÃO DO TIME SENSITIVE TARGETING

O emprego do poder aéreo na *Operation Iraqi Freedom* (OIF) refletiu uma mudança significativa em relação às campanhas anteriores conduzidas pelos Estados Unidos, especialmente no que se refere à duração da campanha, à integração com as forças terrestres e aos critérios para seleção de alvos. Conforme analisa Keegan (2004), embora houvesse a expectativa de replicar a extensa campanha aérea da Guerra do Golfo de 1991, o comando da coalizão optou por uma abordagem distinta: mais breve e intensamente sincronizada com o avanço das tropas em terra. Essa decisão foi motivada, entre outros fatores, pela ampla dispersão das forças iraquianas em 2003, o que reduziu a densidade de alvos estratégicos e aumentou o risco de danos colaterais — aspecto especialmente sensível diante da possibilidade de exploração política e midiática internacional.

Ainda segundo o autor, essa mudança de paradigma operacional foi viabilizada pela superioridade tecnológica e informacional da coalizão, que possibilitou a realização de ataques de precisão com tempos significativamente reduzidos entre a decisão e a execução. Keegan (2004) destaca, ademais, que a supremacia aérea foi estabelecida de forma quase imediata, tendo em vista que os meios defensivos iraquianos — tanto as unidades da força aérea quanto os sistemas de defesa antiaérea — revelaram-se obsoletos diante da capacidade ofensiva e da letalidade dos vetores empregados pela coalizão.

Além disso, o poder aéreo foi concebido, desde as fases iniciais do planejamento, como parte integrante da manobra terrestre, o que evidencia um avanço na articulação entre os

domínios de combate. Tais características indicam que, embora a campanha não tenha se estruturado formalmente em torno do conceito de TST, muitos de seus fundamentos — como a integração tempo-espaço entre sensores e atiradores, o engajamento ágil de alvos emergentes e a minimização de danos colaterais — já estavam presentes no planejamento operacional da guerra. Essa avaliação é reforçada por Cordesman (2003), ao destacar que, desde os primeiros dias da campanha, a atuação coordenada entre sensores, plataformas aéreas e comando permitiu o ataque preciso a alvos críticos com velocidade inédita, antecipando-se à reação adversária e demonstrando uma lógica operativa já alinhada com os princípios do TST.

Nesse contexto, a campanha aérea da OIF engajou 156 *time-sensitive targets*, sendo a maioria associada a lideranças do regime, instalações de armas de destruição em massa e elementos terroristas. Outros 686 alvos classificados como dinâmicos foram igualmente atacados com base em dados em tempo quase real, demonstrando um avanço expressivo na capacidade de decisão e execução em janelas temporais reduzidas (Dudney, 2003). Segundo o mesmo autor, aproximadamente 78% das missões aéreas da coalizão foram orientadas ao apoio direto das forças terrestres (*kill box interdiction/close air support*), consolidando um modelo de emprego conjunto que aproximava o poder aéreo dos fundamentos do TST, ainda que este não fosse explicitamente nomeado como tal.

Conforme apontado por Fyfe (2005), em resposta às deficiências observadas durante a *Operation Enduring Freedom* (OEF), as Forças Armadas dos Estados Unidos empreenderam, entre 2000 e 2003, uma série de treinamentos específicos e iniciativas de integração doutrinária. Dentre essas, destacam-se os exercícios conjuntos *Joint Expeditionary Force Experiment* (JEFX) e *Millennium Challenge 2002* (MC-02), que visaram testar, em ambiente operacional simulado e realista, a capacidade de compressão do ciclo F2T2EA para um intervalo inferior a dez minutos. Essas simulações buscaram estabelecer fluxos operacionais robustos entre as células de inteligência, planejamento de operações aéreas e centros de comando, a fim de viabilizar o engajamento oportuno de alvos críticos com precisão e agilidade.

Esses exercícios também possibilitaram a validação de sistemas críticos para a condução de operações de TST, como o *Advanced Dynamic Targeting Capability* (ADOCS), voltado ao gerenciamento colaborativo de alvos emergentes; o *Theater Battle Management Core System* (TBMCS), empregado na coordenação integrada do planejamento e da execução das missões aéreas; e o *Joint Targeting Toolbox* (JTSTM), utilizado para consolidar, priorizar e disseminar, em tempo real, dados de inteligência e lista de alvos. Durante o exercício JEFX 2000, por exemplo, um bombardeiro B-52 teve seu alvo reatribuído em pleno voo apenas 35 minutos após o recebimento de nova inteligência, com reprogramação remota de seus mísseis de cruzeiro via

satélite — um marco que ilustra o salto qualitativo na capacidade de reengajamento quase em tempo real (Fyfe, 2005).

Além disso, conforme detalha Fyfe (2005), o *United States Central Command* (CENTCOM) implementou mecanismos de delegação prévia de autoridade para engajamento, com o objetivo de agilizar a tomada de decisão em situações envolvendo alvos emergentes. Ainda segundo o autor, ao final de 2002, a doutrina de *Time-Sensitive Targeting* já apresentava uma estrutura funcional consolidada, com categorias bem definidas — *Time-Sensitive Target*, *Dynamic Target* e *Joint Critical Target* —, regras de engajamento claras e protocolos operacionais integrados. Esse arcabouço foi decisivo para a campanha subsequente, pois serviu de alicerce técnico, doutrinário e organizacional para o emprego prático do TST em larga escala.

Esse amadurecimento doutrinário e técnico culminou, na *Operation Iraqi Freedom* (OIF), na consolidação de um novo paradigma operacional, centrado na velocidade de resposta, na integração interforças e na precisão cirúrgica. Conforme descreve Fyfe (2005, p. 26, tradução nossa), a campanha representou uma transição do modelo de “força esmagadora” para o de “poder sobreposto”, no qual “os efeitos de massa foram obtidos sem a necessidade de concentração física de forças aliadas, graças à velocidade, à integração entre os componentes, à inteligência responsiva e à precisão cirúrgica”.

Esse entendimento é corroborado por Cordesman (2003), ao enfatizar que a supremacia tecnológica da coalizão permitiu que as ações aéreas fossem conduzidas com alto grau de precisão, rapidez e interoperabilidade entre os diferentes ramos das Forças Armadas. Entre os principais pilares desse modelo, destacam-se a capacidade de atuar dentro do ciclo decisório do inimigo, o uso intensivo de inteligência responsiva e a ampla aplicação de armamentos guiados, especialmente as *Joint Direct Attack Munitions* (JDAMs).

A integração de plataformas como os bombardeiros B-1B e B-52, equipados com até 24 bombas de 1 tonelada — muitas delas com espoletas de retardo para penetração ou explosão imediata — e conectados por sistemas de comunicação via satélite (*Satellite Communications* – SATCOM), foi decisiva para garantir o alcance, a persistência e a flexibilidade dos ataques. O B-1B, por exemplo, era capaz de permanecer por até oito horas em espera sobre o campo de batalha, com apoio de reabastecimento em voo, executando múltiplas missões em um único ciclo (CORDESMAN, 2003). Ferramentas como o *Advanced Dynamic Targeting Capability* (ADOCS) e o *Theater Battle Management Core System* (TBMCS) permitiram a visualização compartilhada do campo de batalha, a coordenação eficiente de zonas de engajamento e o ataque célere a alvos emergentes, consolidando a efetividade do TST em ambiente operacional real.

O colapso militar do regime iraquiano foi alcançado em menos de três semanas. Em 9 de abril de 2003, as forças da coalizão ingressaram em Bagdá, simbolicamente marcando o fim da resistência organizada. A partir desse momento, cessaram os grandes combates convencionais e teve início uma nova fase, marcada por instabilidade prolongada e pela ascensão de movimentos insurgentes. Embora o objetivo militar imediato tenha sido atingido com rapidez — resultado direto da superioridade aérea e da capacidade de engajar alvos críticos com precisão cirúrgica —, o planejamento pós-conflito revelou-se insuficiente. Como salientou Cordesman (2003), a ausência de uma estratégia abrangente para estabilização política, reconstrução institucional e contenção de forças irregulares comprometeu a sustentação dos efeitos obtidos no campo de batalha. Esse diagnóstico é reforçado por Perry *et al.* (2015), ao observarem que as ações da chamada Fase IV — correspondente ao pós-conflito — foram marcadas por fragilidade institucional, inconsistência operacional e carência de liderança clara, impedindo a conversão dos ganhos militares em resultados estratégicos sustentáveis

Ainda assim, o conflito expôs limitações estruturais relevantes, conforme apontado por Fyfe (2005) e Cordesman (2003). A organização do *Combined Air Operations Center* (CAOC) não seguia integralmente o modelo doutrinário previsto na *Air Force Tactics, Techniques, and Procedures* 3-2.3 (AFTTP 3-2.3), o que resultou no isolamento funcional da célula de *Time-Sensitive Targeting* (TST) em relação às demais operações ofensivas, comprometendo a sinergia entre os diferentes vetores de ataque. Ademais, a limitação de aeronaves equipadas com enlace de dados e a sobrecarga dos canais de comunicação por rádio em alta frequência (HF) afetaram diretamente a transmissão oportuna de ordens, gerando atrasos críticos no ciclo decisório.

A cadeia de *Battle Damage Assessment* (BDA), já identificada como problemática em operações anteriores, permaneceu vulnerável a falhas — com casos de re-ataques desnecessários a alvos já neutralizados, em virtude da ausência de confirmação visual ou da interpretação inadequada dos efeitos gerados pelas armas empregadas (Fyfe, 2005). Parte das tripulações, ainda condicionada a paradigmas tradicionais de emprego aéreo, apresentou dificuldades na assimilação das novas *Rules of Engagement* (ROE), frequentemente buscando maximizar o uso dos armamentos mesmo diante de incertezas quanto aos efeitos desejados — uma conduta que contrariava os princípios das *Effects-Based Operations* (Conetta, 2003; Cordesman, 2003).

Apesar dos entraves enfrentados, a *Operation Iraqi Freedom* (OIF) consolidou o engajamento de alvos de oportunidade como uma capacidade institucional do poder aéreo contemporâneo, sobretudo pela validação de seus instrumentos, protocolos e fluxos decisórios

em ambiente de conflito real. Em retrospectiva, a campanha não apenas confirmou a viabilidade operacional dessa abordagem, como também evidenciou que sua eficácia está condicionada à existência de uma doutrina claramente estabelecida, à integração sistêmica entre os diversos componentes da força e à realização de treinamentos consistentes e realistas. A experiência acumulada no Iraque, somada aos avanços desenvolvidos entre a *Operation Enduring Freedom* (OEF) e a OIF, estabeleceu as bases para o aperfeiçoamento do *dynamic targeting* como um dos pilares estruturantes do poder aeroespacial no século XXI.

## 2.7 A OPERATION INHERENT RESOLVE E O TIME SENSITIVE TARGETING NA ATUALIDADE

Deflagrada em 2014 como resposta direta à ascensão fulminante do autoproclamado Estado Islâmico (ISIS), a *Operation Inherent Resolve* (OIR) representou uma inflexão estratégica na condução de campanhas aéreas por parte dos Estados Unidos e seus aliados. Após a queda de cidades como Mossul e Tikrit, e a subsequente proclamação de um califado jihadista sobre extensas áreas do território do Iraque e da Síria, a comunidade internacional, sob a liderança norte-americana, organizou uma coalizão composta por mais de 70 países, com o propósito declarado de derrotar militarmente o ISIS, promover a estabilização regional e apoiar os governos locais legitimamente constituídos (Estados Unidos, 2023).

O caráter assimétrico do conflito, aliado à capacidade do ISIS de operar de forma descentralizada, dificultou a aplicação dos paradigmas tradicionais de *targeting* empregados nas guerras convencionais. Nesse cenário, emergiu como eixo central da campanha o engajamento de alvos dinâmicos, isto é, alvos que exigem resposta imediata e oportunismo operacional, dadas as condições efêmeras de sua vulnerabilidade no campo de batalha (Lambeth, 2021; Wasser *et al.*, 2021). A campanha aérea desenvolvida em OIR, portanto, destacou-se não apenas por seu volume de missões, mas principalmente por sua capacidade de adaptar-se a uma lógica de guerra fluida e reativa, pautada pela integração entre sensores, processadores e atiradores (Murphy; Wells, 2021).

Essa realidade impôs uma predominância do engajamento dinâmico. Estimativas fornecidas por Brown *apud* Wasser *et al.* (2021) indicam que mais de 90% dos ataques aéreos realizados ao longo da campanha foram direcionados a alvos dinâmicos. Tais missões partiam, majoritariamente, sem um alvo definido, sendo os pilotos orientados a orbitar setores de interesse até que fosse detectada atividade hostil ou que surgisse uma solicitação de apoio das forças terrestres. Esse modelo de patrulhamento reativo, embora eficaz no nível tático, revelou-

se limitado para gerar efeitos estratégicos cumulativos, conforme argumenta Murphy e Wells (2021).

A complexidade do processo de engajamento dinâmico residia na necessidade de equilibrar agilidade com precisão e legitimidade. O ciclo encurtado de *targeting* envolvia a detecção por sensores ISR (*Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*), a validação do alvo por *strike cells conjuntas*, o planejamento da missão (*weaponering*) e a autorização de engajamento por uma autoridade designada (*Target Engagement Authority – TEA*). Em muitos casos, como relatado por Wasser *et al.* (2021), essa cadeia decisória demorava entre 30 minutos a várias horas, tempo suficiente para que o alvo desaparecesse ou se deslocasse, frustrando a missão.

A rigidez das regras de engajamento (Rules of Engagement – ROE), aliada à preocupação política com os danos colaterais, impôs exigências elevadas de confirmação para todos os ataques – mesmo os dinâmicos. Como segundo relatórios e análises secundárias que discutem o desempenho da campanha aérea, como Wasser *et al.* (2021), a ausência inicial de uma diretriz estratégica clara e da devida priorização no desenvolvimento de alvos deliberados contribuiu para que a campanha aérea se restringisse, durante seu primeiro ano, a missões majoritariamente reativas. Esse cenário levou à subutilização do poder aéreo disponível, com taxas de lançamento de armamento inferiores a 30% das surtidas.

A partir de 2015, com a chegada de novas lideranças – como o Tenente-General Charles Q. Brown e o General Sean MacFarland – houve uma inflexão estratégica. Reconhecendo que os efeitos táticos não estavam se traduzindo em avanços estratégicos significativos, foi iniciada uma reestruturação do processo de *targeting*, com ênfase na sinergia entre operações dinâmicas e deliberadas. A *Operation Tidal Wave II*, por exemplo, representou uma aplicação bem-sucedida de *targeting* deliberado contra a infraestrutura petrolífera do ISIS, demonstrando o valor de se combinar ambas as abordagens (Lambeth, 2021).

No campo do *targeting* dinâmico, a evolução doutrinária incluiu a descentralização progressiva das autoridades de engajamento e o fortalecimento das *strike cells* binacionais e integradas. A experiência acumulada na Batalha de Mossul (2016–2017) cristalizou essas lições. Conforme analisado por Matias (2019), o engajamento dinâmico em ambiente urbano, com tropas em contato direto com o inimigo, exigia resposta em minutos, algo que só foi possível graças à presença de operadores da coalizão junto às forças iraquianas e à integração entre sensores, C2 e meios de ataque.

O estudo conduzido por Estados Unidos (2017c) reforça que, em Mossul, a prevalência do *targeting* dinâmico foi absoluta – mais de 90% dos engajamentos ocorreram sem

planejamento prévio. A agilidade foi garantida pela atuação das *strike cells*, compostas por oficiais de ligação, especialistas em ISR, controladores avançados (JTACs) e representantes de comando. Esse modelo garantiu a fluidez entre detecção e ataque, ainda que continuassem existindo limitações estruturais no sistema de *targeting* como um todo.

Além dos aspectos doutrinários e operacionais, a evolução do *targeting* dinâmico em OIR impulsionou mudanças organizacionais duradouras. Um exemplo notório foi a criação de uma Divisão de Efeitos Multidomínio (Multi-Domain Effects Division), incorporando capacidades de guerra terrestre, aérea, cibernética, espacial e eletrônica, com efetivos das cinco Forças Armadas dos EUA e de aliados (Murphy e Wells, 2021). Essa estrutura institucionalizou uma abordagem mais integrada para o enfrentamento de ameaças móveis e fugazes, lançando as bases para o emprego de TST em ambientes operacionais futuros.

A experiência da *Operation Inherent Resolve* (OIR) evidencia que o sucesso no engajamento de alvos dinâmicos está alicerçado em três pilares fundamentais: a existência de doutrina consolidada e amplamente difundida; a adoção de estruturas de comando e controle flexíveis e responsivas; e a integração plena entre sensores, centros decisórios e vetores de ataque, especialmente por meio de redes ISR robustas. Estes elementos permitiram maior sinergia entre detecção e resposta, ainda que tenham exigido ajustes contínuos diante da complexidade do ambiente operacional.

Paralelamente, outros eixos estratégicos emergiram como determinantes. A capacitação do pessoal envolvido mostrou-se crucial, com operadores sendo expostos a contextos de alta carga cognitiva e tempo exíguo para decisões, o que exigiu treinamentos realistas e doutrinas atualizadas (Estados Unidos, 2017c). Da mesma forma, a incorporação de ferramentas tecnológicas avançadas – como softwares de planejamento de ataque, enlances táticos e sistemas de C2 interoperáveis – viabilizou maior velocidade e precisão no ciclo de *targeting* (Murphy; Wells, 2021). A atuação multinacional da coalizão, por sua vez, implicou em desafios de interoperabilidade, mas também fortaleceu a campanha ao agregar capacidades complementares de inteligência, poder de fogo e expertise regional (Lambeth, 2021).

O engajamento de alvos dinâmicos em OIR esteve diretamente atrelado ao emprego de uma gama variada de armamentos de precisão. Entre os principais, destacam-se as bombas guiadas por GPS da família *JDAM*, as bombas de pequeno diâmetro GBU-39 SDB (*Small Diameter Bomb*), os mísseis *AGM-114 Hellfire* – largamente utilizados por drones MQ-1 Predator e MQ-9 Reaper –, bem como mísseis de cruzeiro lançados de aeronaves tripuladas ou embarcações navais (Lambeth, 2021; Wasser *et al.*, 2021). A precisão e a capacidade de seleção proporcional de munição foram fundamentais para minimizar danos colaterais em ambientes

urbanos densos como Raqqa e Mossul, onde a separação entre combatentes e civis era frequentemente inexistente (Estados Unidos, 2023).

No campo da inteligência e vigilância, a coalizão recorreu extensivamente a sistemas IVR com persistência e resolução elevada. As plataformas mais empregadas incluíram os drones MQ-1 *Predator*, MQ-9 *Reaper* e RQ-4 *Global Hawk*, além das aeronaves tripuladas como o U-2 *Dragon Lady* e o E-8C JSTARS, responsável por rastrear movimentos de forças terrestres (LAMBETH, 2021). Também foi central o papel do RC-135 *Rivet Joint* na interceptação de sinais eletrônicos. Essas plataformas, em conjunto com sensores terrestres e satelitais, forneceram vídeo em tempo real (FMV), imagens infravermelhas e sinais de comunicações, compondo o arcabouço informacional necessário para identificar, rastrear e confirmar alvos em tempo oportuno (Wasser *et al.*, 2021; Estados Unidos, 2017c).

Dessa forma, a campanha contra o ISIS representou um laboratório real de inovação operacional e adaptação doutrinária. O engajamento de alvos dinâmicos revelou-se não apenas uma resposta eficaz a um inimigo assimétrico e disperso, mas também um catalisador para transformações estruturais na forma como o poder aéreo é empregado. A superação dos desafios impostos pela guerra urbana e a evolução dos mecanismos de integração multinacional consolidaram lições valiosas para o futuro do emprego de *Time-Sensitive Targeting* em conflitos de alta complexidade.

## 2.8 A CONSOLIDAÇÃO DO *TIME SENSITIVE TARGETING* E OS DESAFIOS DO FUTURO IMEDIATO

Como visto anteriormente o panorama contemporâneo dos conflitos armados indica que o TST vem deixando de ser uma doutrina especializada para se tornar um eixo estruturante das operações multidomínio. As guerras recentes demonstram que o tempo de decisão não é apenas uma variável operacional, mas frequentemente o fator determinante entre neutralizar uma ameaça crítica e sofrer seus efeitos. As transformações observadas nos teatros do Oriente Médio, da Europa Oriental e do Sul da Ásia apontam para um processo em curso no qual o TST se projeta como elemento central na dinâmica de combate moderno.

Entre 2023 e 2024, observou-se um dos usos mais controversos e tecnologicamente avançados do TST. Em resposta aos ataques do Hamas, as Forças de Defesa de Israel (IDF) empregaram algoritmos de inteligência artificial, como *Lavender*, para geração e priorização automatizada de alvos. Conforme reportagem publicada pelo *The New York Times*, tais sistemas chegaram a identificar entre 100 e 300 alvos por dia, possibilitando ataques coordenados quase

em tempo real. Embora autoridades militares israelenses alegassem haver supervisão humana, a investigação indicou que o processo de validação era amplamente automatizado, suscitando intensos debates sobre a legalidade, a proporcionalidade e os limites éticos desses engajamentos (Frenkel; Odenheimer, 2025).

Esse exemplo ilustra uma tendência mais ampla: a gradual transferência da autoridade decisória para sistemas algorítmicos. Conforme argumenta Scharre (2018), a inserção de mecanismos de *targeting* automatizado e armas autônomas reconfigura a lógica do combate, deslocando a iniciativa operacional do ser humano para sistemas dotados de capacidade de resposta seletiva e veloz. Davis (2022) complementa essa análise ao enfatizar que tais sistemas, quando integrados a redes de sensores e bancos de dados operacionais, são capazes de realizar inferências em tempo real e sugerir cursos de ação táticos com mínima interferência humana.

De forma convergente, Galliot, MacIntosh e Ohlin (2021) destacam que a adoção de arquiteturas cognitivas artificiais no processo decisório militar representa um ponto de inflexão ético, doutrinário e jurídico, ao transferir para algoritmos decisões tradicionalmente reservadas ao comando humano. Essa transformação não se limita a aspectos teóricos ou especulativos, mas já se manifesta em aplicações práticas no campo de batalha, apontando para uma reconfiguração profunda da lógica do emprego da força.

Nesse contexto, observa-se a consolidação de um padrão emergente: a crescente fusão entre redes de sensores, armamentos guiados e sistemas de inferência algorítmica. Como destacam Haas e Fischer (2017), a automação da seleção de alvos traz implicações que transcendem o plano técnico, afetando diretamente os parâmetros morais, legais e políticos do uso da força. Ao transferir decisões críticas para sistemas artificiais, surgem novas zonas de ambiguidade quanto à preservação da responsabilidade humana e ao risco de erros sistêmicos com efeitos letais.

No campo dos armamentos, a transformação tecnológica associada ao TST manifesta-se na adoção de munições cada vez mais precisas, letais e com elevada autonomia operacional. Um dos exemplos mais relevantes é a GBU-39/B *Small Diameter Bomb*, desenvolvida para maximizar a eficiência no emprego aéreo com danos colaterais mínimos. Dotada de guiagem GPS/INS, essa bomba permite que cada aeronave transporte múltiplas unidades, aumentando a capacidade de ataque simultâneo com precisão cirúrgica (*Defense Industry Daily*, 2023).

Outro exemplo emblemático é o míssil *Brimstone III*, concebido pela empresa europeia MBDA, que combina radar milimétrico ativo e algoritmos de reataque automático, sendo capaz de engajar alvos móveis com elevado grau de seletividade. Em testes realizados em 2019, o

sistema demonstrou capacidade de destruir veículos leves em movimento com precisão notável, mesmo em condições meteorológicas adversas (MBDA, 2019).

Por fim, destaca-se o desenvolvimento do míssil hipersônico AGM-183A ARRW (*Air-Launched Rapid Response Weapon*), cuja proposta é viabilizar o engajamento de alvos de valor estratégico em tempo extremamente reduzido. Lançado a partir de plataformas como o B-52H, o ARRW utiliza tecnologia boost-glide para atingir velocidades superiores a *Mach* 6<sup>6</sup>. No entanto, conforme relatado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, o sistema ainda enfrenta desafios técnicos relacionados à ignição do motor-foguete e à confiabilidade do software de controle (Estados Unidos, 2021a).

O avanço dos sensores embarcados poderá contribuir decisivamente para a redução do ciclo F2T2EA, considerado o eixo central do *targeting* dinâmico. Plataformas como veículos aéreos não tripulados (UAVs) e aeronaves de quinta geração passaram a incorporar, em um único vetor, sensores infravermelhos e eletro-ópticos (IR/EO), radares de abertura sintética (SAR) e designadores a laser. Segundo a *Air Force Doctrine Publication 3-60*, essa convergência tecnológica permite que as etapas de detecção, rastreamento, designação e ataque sejam realizadas de forma quase simultânea, reduzindo significativamente a latência entre a identificação do alvo e sua neutralização (Estados Unidos, 2021a).

No domínio espacial, o relatório da Estados Unidos (2022) ressalta que as capacidades de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR) baseadas em satélites desempenham papel central na ampliação da consciência situacional estratégica e na detecção antecipada de ameaças em ambientes contestados. Embora o documento não trate diretamente da integração operacional entre sensores espaciais e plataformas aéreas, ele destaca a crescente competição por superioridade em órbita e a importância das constelações orbitais para sustentar operações militares globais.

Com base nas projeções de Davis (2022), Galliot, MacIntosh e Ohlin (2021) e Scharre (2018), é possível antever uma transformação substancial no conceito e na prática do TST, impulsionada pela integração de tecnologias cognitivas artificiais ao processo decisório militar. Nesse cenário emergente, o TST tende a evoluir de um modelo essencialmente reativo — voltado à neutralização célere de ameaças em curso — para um sistema proativo e preditivo, sustentado por algoritmos de inteligência artificial capazes de antecipar padrões de

---

<sup>6</sup> O termo *Mach* refere-se a uma unidade de medida da velocidade relativa à velocidade do som no meio em que o objeto se desloca. Assim, *Mach* 1 equivale à velocidade do som (aproximadamente 1.235 km/h ao nível do mar e a 20 °C). Velocidades superiores a *Mach* 1 são consideradas supersônicas, enquanto aquelas acima de *Mach* 5 são classificadas como hipersônicas (Estados Unidos, 2021b; NASA, 2024).

comportamento hostil, correlacionar múltiplas fontes de dados e sugerir cursos de ação quase instantaneamente. Essa dinâmica reduziria drasticamente a latência entre a detecção e o engajamento, deslocando a iniciativa operacional do agente humano para arquiteturas cognitivas automatizadas. Como observa Scharre (2018), a velocidade de decisão proporcionada por tais sistemas pode ultrapassar os limites da cognição humana, impondo novos desafios éticos e doutrinários. Davis (2022) complementa que a inserção de inferência algorítmica no ciclo de *targeting* transforma a lógica do combate contemporâneo, ao tornar viável a neutralização de alvos antes mesmo de sua plena ativação operacional. Nessa perspectiva, como sustentam Galliot, MacIntosh e Ohlin (2021), o alvo sensível ao tempo deixa de ser apenas uma entidade emergente e fugaz para tornar-se uma entidade antecipada, identificada e processada cognitivamente pela máquina, com base em padrões probabilísticos e inferências táticas extraídas de bancos de dados operacionais em constante atualização.

Caso essa evolução se consolide, será imperativo promover uma transformação estrutural nas doutrinas de Comando e Controle (C2). Em vez de estruturas centralizadas e lineares, o ambiente decisório passaria a operar por meio de redes distribuídas, nas quais plataformas de ISR, centros de fusão de dados e vetores letais estariam interconectados por enlaces criptografados, capazes de viabilizar a integração em tempo real entre sensores e armas autônomas. Como destaca Panwar (2022), essa reconfiguração exige a adoção de modelos decisórios descentralizados, rompendo com as doutrinas tradicionais baseadas no controle centralizado. Ainda segundo o autor, tal arquitetura “desafia os paradigmas existentes de C2” ao transferir parte substancial da tomada de decisão para algoritmos embarcados, exigindo, como consequência, novos marcos de governança, responsabilidade e validação operacional, especialmente diante de ações iniciadas por sistemas de inteligência artificial em contextos táticos reais. Davis (2022) corrobora essa perspectiva ao enfatizar que a crescente autonomia das plataformas de combate impõe exigências inéditas ao arcabouço normativo e ético das operações, tornando imprescindível o desenvolvimento de mecanismos de supervisão contínua e de atribuição clara de responsabilidade no uso da força.

Considerando essas projeções, pode-se inferir que a superioridade militar no futuro tenderá a depender menos da letalidade intrínseca dos meios e mais da velocidade, precisão e autonomia com que sistemas são capazes de observar, interpretar e agir. Essa mudança paradigmática implicaria a reconfiguração do tradicional ciclo OODA (*Observe–Orient–Decide–Act*), originalmente concebido pelo coronel da Força Aérea dos Estados Unidos John Boyd, que postulava a superioridade decisória como fator central de vantagem em combate (Coram, 2002). No novo contexto, esse ciclo seria reconstruído por meio de arquiteturas

automatizadas de decisão, baseadas em inferência algorítmica e aprendizado de máquina, capazes de operar em velocidades superiores à cognição humana. O TST, nesse cenário especulativo, poderia consolidar-se como vetor estruturante de uma nova lógica estratégica, pautada não apenas pela resposta reativa a ameaças emergentes, mas por uma postura preditiva, sincrônica e integrada entre os domínios terrestre, aéreo, cibernético e espacial.

### **3 ESTRUTURAÇÃO ANALÍTICA DA EVOLUÇÃO DO *TIME SENSITIVE TARGETING*: DOCTRINA, MEIOS E CAPACIDADE OPERACIONAL**

O presente capítulo tem por finalidade apresentar o modelo analítico original desenvolvido nesta pesquisa, destinado a avaliar, de forma sistemática e comparativa, a evolução da capacidade de *Time-Sensitive Targeting* (TST) ao longo de diferentes contextos operacionais. Após a análise histórica conduzida no Capítulo 2 — que examinou o desenvolvimento do TST nas campanhas militares norte-americanas —, torna-se necessário organizar esse percurso empírico em uma estrutura conceitual capaz de mensurar, de maneira objetiva, o grau de maturidade dessa capacidade.

Para tanto, o modelo aqui proposto traduz as evidências históricas em critérios mensuráveis, articulados em torno de nove dimensões fundamentais que abrangem aspectos doutrinários, tecnológicos, organizacionais e operacionais do TST. Essas dimensões, denominadas eixos analíticos, permitem observar o nível de integração entre os principais componentes do processo — doutrina, comando e controle (C2), inteligência, vigilância e reconhecimento (IVR), treinamento, armamento, meios aéreos, integração conjunta, tempo médio do ciclo e efetividade declarada —, refletindo o grau de institucionalização alcançado em cada período histórico.

A construção desse modelo baseia-se na lógica evolutiva dos modelos de maturidade organizacional, conforme discutido no Capítulo 1, particularmente na abordagem proposta por Paulk *et al.* (1993) no *Capability Maturity Model* (CMM). No entanto, em vez de adotar integralmente os componentes formais do CMM — voltados a ambientes corporativos —, esta dissertação os adapta ao domínio das capacidades militares, substituindo as áreas-chave de processo e métricas padronizadas por elementos empíricos derivados de doutrina, relatórios operacionais e lições aprendidas.

O resultado é uma matriz de maturidade operacional do TST, estruturada em seis estágios progressivos, que vão desde a completa inexistência de estrutura doutrinária até o cenário prospectivo de integração plena em ambientes multidomínio. Cada estágio representa um salto qualitativo na capacidade de transformar informação em ação, reduzindo o tempo do ciclo F2T2EA e ampliando a precisão e o impacto estratégico dos efeitos gerados.

Dessa forma, este capítulo busca consolidar um instrumento metodológico capaz de avaliar o grau de institucionalização e eficiência do TST, identificar os fatores que condicionaram sua evolução e, ao final, oferecer uma base comparativa que permitirá, no Capítulo 4, examinar a realidade brasileira sob o mesmo referencial.

### 3.1 DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA À APLICAÇÃO METODOLÓGICA

A construção do modelo analítico de maturidade proposto nesta dissertação representa o ponto de transição entre o referencial teórico apresentado no Capítulo 1 e a formulação metodológica que sustenta a análise desenvolvida nas seções seguintes. O objetivo, aqui, é converter a teoria geral dos modelos de maturidade organizacional em um instrumento próprio, voltado à avaliação do grau de consolidação da capacidade de *Time-Sensitive Targeting* (TST) em contextos operacionais.

Enquanto os modelos de maturidade tradicionais, como o *Capability Maturity Model* (CMM), foram concebidos para avaliar a previsibilidade e o controle de processos em organizações civis, o modelo ora proposto se volta à maturidade funcional e operacional de uma capacidade militar. Essa diferença de natureza exige uma adaptação metodológica substancial: os parâmetros de conformidade administrativa são substituídos por critérios empíricos de desempenho e integração, mais adequados ao ambiente das operações militares.

O modelo mantém, contudo, a lógica evolutiva e cumulativa que caracteriza o CMM. Assim como nos modelos originais, cada estágio de maturidade representa uma etapa qualitativa de desenvolvimento institucional, marcada pela consolidação de processos, práticas e mecanismos de coordenação. No caso do TST, o avanço entre estágios traduz-se pela capacidade crescente de integrar sensores, processar informações, tomar decisões em tempo oportuno e empregar meios de forma precisa e coordenada.

Entretanto, alguns elementos centrais do CMM foram reinterpretados para adequar-se ao domínio militar.

- As Áreas-Chave de Processo (*Key Process Areas – KPAs*), que no modelo original representam agrupamentos de práticas administrativas, foram substituídas por Eixos Analíticos, que expressam dimensões empíricas da capacidade de TST — como doutrina, comando e controle (C2), IVR, treinamento e integração conjunta. Esses eixos funcionam como os pilares estruturantes do modelo.
- As Metas e Práticas Específicas e Genéricas foram convertidas em critérios de progressão entre estágios, isto é, em parâmetros observáveis que indicam o grau de amadurecimento em cada dimensão. Cada estágio representa um conjunto cumulativo de capacidades, cuja ausência ou fragilidade impede o avanço ao nível seguinte.

- As Evidências e Artefatos (*Work Products*), típicas de auditorias organizacionais, foram substituídas por fontes empíricas doutrinárias e operacionais — publicações oficiais, relatórios pós-ação e lições aprendidas —, que servem como base de verificação dos avanços institucionais observados.
- Por fim, os Mecanismos de Avaliação (*Appraisal Methods*), como o SCAMPI, foram reinterpretados como uma avaliação comparativa longitudinal, que mede o progresso da capacidade TST ao longo de diferentes períodos históricos, em vez de certificar organizações.

Essa adaptação transforma a estrutura conceitual do CMM em um modelo analítico flexível, voltado a mensurar o desenvolvimento do TST não por critérios de conformidade, mas por parâmetros de desempenho institucional e operacional. O foco desloca-se do cumprimento de normas internas para a capacidade de produzir efeitos coerentes com os objetivos estratégicos, traduzindo o amadurecimento da força em termos de responsividade, integração e precisão.

Nesse contexto, a própria noção de maturidade é reinterpretada, neste estudo, como uma medida progressiva de efetividade no emprego do poder aeroespacial. Em vez de expressar apenas a padronização e o controle de processos, a maturidade passa a refletir o grau de integração e coerência sistêmica entre doutrina, tecnologia, decisão e execução — elementos cuja harmonização permite à força converter meios em efeitos estratégicos duradouros. Assim, o amadurecimento institucional deixa de representar uma simples evolução procedimental e passa a expressar a capacidade crescente de transformar potencial em poder, isto é, de gerar resultados proporcionais e decisivos com o menor dispêndio possível de tempo e recursos.

Nessa perspectiva, cada avanço nos níveis de maturidade corresponde a um incremento concreto da efetividade militar. Conforme discutido no Capítulo 1, a efetividade transcende os limites da eficiência e da eficácia, pois não se restringe à execução correta das tarefas nem ao cumprimento imediato das metas operacionais. Trata-se da aptidão de converter ações táticas em efeitos estratégicos duradouros, capazes de alterar o ambiente de segurança, influenciar a vontade adversária e consolidar objetivos políticos e militares de longo prazo.

Dessa forma, o amadurecimento institucional no domínio do TST equivale à progressiva ampliação da capacidade de transformar informação em ação dentro da janela temporal crítica, resultando em decisões mais ágeis e efeitos estrategicamente proporcionais às demandas operacionais.

O modelo proposto nesta dissertação, portanto, busca descrever o percurso evolutivo do TST em termos de efetividade crescente. A matriz de maturidade apresentada a seguir — composta por nove eixos de análise e seis estágios progressivos — constitui, em sua essência, um escalonamento do grau de efetividade do poder aeroespacial, permitindo avaliar de forma comparativa como o desenvolvimento doutrinário, organizacional e tecnológico se traduz em maior capacidade de gerar efeitos decisivos em tempo oportuno.

### 3.2 MODELO DE ANÁLISE PROPOSTO

O modelo de análise organiza-se em torno de nove eixos de avaliação e seis estágios de maturidade, que, em conjunto, descrevem a evolução da capacidade de TST.

Os eixos representam as dimensões críticas que determinam a eficiência, a agilidade e a coerência do processo, enquanto os estágios expressam a progressão cumulativa de efetividade observada ao longo dos conflitos analisados.

#### 3.2.1 Eixos de análise

A construção dessa matriz fundamenta-se em nove eixos analíticos, que representam as dimensões essenciais ao funcionamento eficaz do TST: doutrina, comando e controle (C2), inteligência, vigilância e reconhecimento (IVR), treinamento, armamento, meios aéreos, integração conjunta, tempo médio do ciclo e efetividade declarada.

A seleção dessas dimensões fundamenta-se na doutrina vigente das Forças Armadas dos Estados Unidos — em especial na *Joint Publication 3-60 (Joint Targeting)* e na *Air Force Doctrine Publication 3-60 (Targeting)*. (Estados Unidos, 2018; 2019).

Além de alinhados à base doutrinária norte-americana, os eixos analíticos também refletem os marcos evolutivos identificados na análise histórica do Capítulo 2, os quais evidenciam as principais inflexões no desenvolvimento da capacidade de TST. Dessa forma, os critérios empregados nesta tipologia buscam representar, de maneira integrada, os fatores estruturantes que condicionam a capacidade de engajar alvos sensíveis ao tempo e o nível de maturidade operacional atingido por uma força aérea ao longo do tempo.

Cada eixo representa uma dimensão crítica que, isoladamente ou em conjunto, impacta diretamente a eficiência, a responsividade e a letalidade do processo de *targeting* em ambientes fluidos e sensíveis ao tempo.

a) **Doutrina:** este eixo avalia o grau de formalização, clareza e difusão dos conceitos doutrinários relacionados ao TST no interior das forças armadas. A existência de uma doutrina consolidada não apenas orienta o planejamento e a execução das operações, mas também assegura unidade de linguagem, padronização de procedimentos e coerência entre os diversos escalões e domínios. Sem uma base doutrinária robusta, o TST tende a depender da iniciativa individual ou de soluções improvisadas, o que compromete sua eficácia. Por essa razão, a doutrina é considerada o alicerce normativo e epistemológico de qualquer esforço de institucionalização do TST;

b) **Comando e Controle (C2):** o TST exige um sistema de C2 capaz de sustentar decisões em tempo reduzido, com alto grau de flexibilidade, descentralização e interoperabilidade. Este eixo avalia a arquitetura decisória vigente, os níveis de delegação de autoridade, os mecanismos de enlace entre sensores e decisores, e a resiliência das redes de comunicação. Um C2 rígido, hierarquizado e compartimentalizado inviabiliza a velocidade exigida pelo TST. Assim, este eixo é fundamental para medir a capacidade organizacional de transformar dados em ação com a presteza necessária ao enfrentamento de ameaças efêmeras;

c) **Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR):** constitui a base informacional do TST, sendo responsável por localizar, acompanhar e caracterizar alvos de forma precisa e oportuna. Este eixo avalia a diversidade de sensores empregados (UAVs, satélites, radares, SIGINT, entre outros), a persistência de coleta, a interoperabilidade dos sistemas e a fluidez do fluxo de informações. Sem IVR eficaz, o ciclo F2T2EA não pode ser iniciado ou completado com sucesso. Trata-se, portanto, de um componente estruturante e insubstituível da lógica do TST, razão pela qual foi incluído como um dos eixos centrais de análise;

d) **Treinamento:** a qualificação do pessoal envolvido no TST influencia diretamente a capacidade de reconhecer, interpretar e responder a situações críticas em tempo reduzido. Este eixo examina a presença de currículos formais, centros de adestramento, exercícios conjuntos e simulações específicas voltadas à operação TST. A ausência de preparo especializado reduz a eficácia mesmo quando os meios estão disponíveis. Assim, o treinamento não é um fator auxiliar, mas um vetor decisivo para a transição da capacidade potencial para a capacidade real;

e) **Armamento:** a natureza do TST exige munições com elevada precisão, letalidade seletiva e capacidade de engajamento imediato. Este eixo avalia a presença de armamentos guiados por GPS, laser ou sensores autônomos, bem como a integração desses sistemas aos vetores e aos sistemas de *targeting*. Armas inadequadas ou de acionamento lento

podem inviabilizar o engajamento oportuno de um alvo sensível ao tempo. Este eixo, portanto, permite aferir o grau de prontidão e adequação do poder de fogo à lógica do TST;

f) **Meios Aéreos:** a disponibilidade, flexibilidade e integração dos vetores aéreos — tripulados ou não — é elemento crucial para garantir o engajamento oportuno dos alvos. Este eixo examina a prontidão das aeronaves, sua autonomia, capacidade de *retargeting* em voo, conectividade com redes de missão e compatibilidade com os armamentos inteligentes. A mobilidade aérea é o elo final do ciclo TST, sendo responsável por transformar informação em efeito operacional. Sua seleção como eixo decorre de sua centralidade tática e da necessidade de sincronização precisa com os demais componentes do sistema;

g) **Integração Conjunta:** a capacidade de conduzir operações interforças e, quando aplicável, multinacionais, é essencial em cenários contemporâneos de guerra complexa. Este eixo avalia a interoperabilidade entre os componentes terrestre, aéreo, naval, espacial e cibernético, bem como entre agências civis e forças de coalizão. A integração conjunta permite maximizar os recursos disponíveis, reduzir redundâncias e acelerar o ciclo decisório. A ausência de integração compromete a eficácia geral do sistema, razão pela qual este eixo se configura como uma métrica de maturidade institucional;

h) **Tempo Médio do Ciclo:** este eixo mede, de forma objetiva, a eficiência temporal do processo F2T2EA. Representa a duração média entre a detecção do alvo e seu efetivo engajamento. Sua relevância decorre do fato de que a principal distinção entre o TST e os demais tipos de *targeting* reside justamente na compressão do tempo de decisão e resposta. Ao isolar este fator, a análise pode aferir com precisão a velocidade operacional do sistema, independentemente dos meios ou da doutrina; e

i) **Efetividade Declarada:** este eixo busca captar a percepção de sucesso das campanhas TST sob a ótica tática e estratégica. Trata-se de uma apreciação qualitativa, baseada em relatórios oficiais, análises pós-ação e julgamentos institucionais. A efetividade declarada serve como indicador de credibilidade operacional e de confiança institucional na capacidade TST, mesmo em contextos nos quais dados objetivos sejam limitados. Por esse motivo, ela complementa o tempo médio do ciclo ao adicionar uma dimensão subjetiva, mas relevante, à avaliação da maturidade.

Esses eixos foram aplicados ao conjunto de operações já discutidas anteriormente, selecionadas por seu papel na consolidação gradual da capacidade de TST. Em vez de reconstituir em detalhe os eventos dessas campanhas, o foco recai sobre a comparação entre seus desempenhos relativos a partir dos critérios estabelecidos, permitindo a construção de uma linha evolutiva fundamentada em evidências comparáveis.

### 3.2.2 Análise Comparativa por Conflito

Com base na metodologia delineada neste capítulo, esta seção aplica o modelo analítico proposto às principais operações militares apresentadas no Capítulo 2, nas quais a capacidade de *Time-Sensitive Targeting* (TST) foi observada, desenvolvida ou institucionalizada pelas Forças Armadas dos Estados Unidos. O objetivo consiste em identificar, de forma comparativa, as inflexões doutrinárias, estruturais e tecnológicas que caracterizaram a evolução do TST — desde sua inexistência como processo formal até sua consolidação como capacidade integrada e de alta responsividade.

A análise utiliza uma abordagem de acompanhamento histórico e comparativo, ou seja, examina cada conflito de maneira cronológica (no tempo) e relacional (comparando um período com outro). Segundo Collier (1993), a análise comparativa histórica permite compreender padrões de causalidade e variação temporal em fenômenos complexos, como o desenvolvimento institucional. Esse tipo de abordagem busca evidenciar como e por que determinados avanços ocorreram, observando as causas, os resultados e os padrões de amadurecimento ao longo das décadas.

Essa vertente metodológica, conhecida como **Análise Histórica Comparativa**, fundamenta-se na compreensão de que as transformações institucionais e organizacionais não ocorrem de maneira linear, mas resultam de um encadeamento de decisões, contingências e eventos críticos que moldam a trajetória de uma instituição ao longo do tempo. De acordo com Mahoney e Rueschemeyer (2003), essa abordagem combina a análise histórica — que busca reconstruir a sequência e o contexto dos acontecimentos — com a comparação sistemática entre casos, permitindo identificar tanto regularidades quanto singularidades nos processos de mudança. Trata-se, portanto, de um método voltado não apenas à descrição de eventos, mas à interpretação dos mecanismos causais que explicam como determinadas estruturas emergem, evoluem e se consolidam.

Nessa perspectiva, o tempo adquire um papel analítico central. Pierson (2004), em sua obra *Politics in Time*, argumenta que os processos históricos são marcados por dois elementos fundamentais: as **junturas críticas** (*critical junctures*) e a **dependência de trajetória** (*path dependence*). As junturas críticas correspondem a momentos de ruptura ou inflexão, em que decisões estratégicas ou inovações institucionais abrem novas possibilidades de desenvolvimento. Já a dependência de trajetória refere-se à tendência das instituições e organizações de manterem padrões de comportamento, estruturas e processos consolidados, ainda que as condições originais tenham se alterado. Em outras palavras, as escolhas feitas no

passado delimitam as opções disponíveis no futuro, criando inerência e continuidade institucional.

Aplicada ao contexto militar, essa lógica explicativa é particularmente relevante para compreender a evolução da capacidade de TST. As principais campanhas analisadas nesta dissertação — como a *Operation Desert Storm* (1991), a *Operation Enduring Freedom* (2001) e a *Operation Iraqi Freedom* (2003) — podem ser interpretadas como **junturas críticas** que catalisaram saltos doutrinários e tecnológicos significativos. Cada uma dessas operações revelou lacunas operacionais e impulsionou mudanças substanciais na integração entre sensores, comando e vetores de ataque. Ao mesmo tempo, as soluções concebidas em resposta a esses desafios geraram **dependências de trajetória**: as doutrinas, sistemas e práticas que emergiram em um conflito condicionaram as formas de pensar e de agir nos conflitos subsequentes.

Dessa forma, a Análise Histórica Comparativa permite compreender o desenvolvimento do TST não apenas como uma sequência de aperfeiçoamentos técnicos, mas como um processo institucional cumulativo, em que cada iteração histórica adiciona novas camadas de aprendizado e consolida padrões operacionais. O método torna-se, portanto, instrumento essencial para desvendar os mecanismos de mudança incremental e de transformação crítica que explicam como o TST passou de uma resposta emergencial a alvos fugazes para uma capacidade integrada e estruturante do poder aeroespacial contemporâneo.

Mais do que medir ganhos de eficiência, o propósito desta análise é evidenciar a progressiva elevação da efetividade militar associada ao TST — entendida, conforme discutido no Capítulo 1, como a capacidade de converter ações táticas em efeitos estratégicos duradouros.

Ao longo de três décadas, observou-se uma transformação substancial no modo como os Estados Unidos integram sensores, processam informações, tomam decisões e empregam meios aéreos contra alvos emergentes. Essa evolução resultou na redução do tempo do ciclo F2T2EA, na ampliação da precisão dos ataques e no aumento do impacto estratégico das campanhas aéreas.

Para fins expositivos, a Tabela 2 apresenta uma síntese da avaliação qualitativa conduzida para cada operação analisada. Cada célula corresponde ao estado observado de um eixo específico em determinado contexto histórico, com base em fontes doutrinárias, relatórios pós-ação e literatura acadêmica especializada. Essa matriz comparativa permitirá, na seção seguinte, atribuir os estágios de maturidade correspondentes a cada conflito, consolidando o diagnóstico evolutivo da capacidade de TST.

Tabela 2 - Comparativo dos Eixos de Capacidade de TST por Conflito.

(continua)

Eixo de Análise	Pós-Guerra do Vietnã	Guerra do Golfo (1991)	<i>Operation Allied Force</i> (1999)	<i>Operation Enduring Freedom</i> (2001)	<i>Operation Iraqi Freedom</i> (2003)	Conflitos Recentes / Atual
<b>Doutrina</b>	<b>Inexistente:</b> Foco na <i>AirLand Battle</i> e planejamento deliberado para guerra convencional.	<b>Rígida:</b> Ciclo ATO de 72h inadequado para alvos móveis; sem doutrina TST formal.	<b>Ad-Hoc:</b> Criação improvisada de <i>Flex Targeting Cells</i> ; doutrina ainda reativa.	<b>Embrionária:</b> TST surge na prática operacional; início do ciclo F2T2EA informal.	<b>Institucionalizada:</b> TST formalizado em manuais; uso de <i>Kill Boxes</i> e <i>Effects-Based Ops</i> .	<b>Dinâmica / Multidomínio:</b> <i>Dynamic Targeting</i> é o padrão (>90%); foco em integração de domínios.
<b>C2 (Comando e Controle)</b>	<b>Centralizado:</b> Estruturas hierárquicas e lineares; foco em controle prévio.	<b>Burocrático:</b> Centralização total no JFACC; incapacidade de <i>retargeting</i> ágil.	<b>Fragmentado:</b> Politicamente condicionado (vetos da OTAN); fluxo decisório lento.	<b>Descentralizado (Forçado):</b> Delegação tática a operadores em solo e pilotos devido à urgência.	<b>Integrado:</b> Uso de sistemas digitais (ADOCS/TBMCS) e delegação de autoridade regulada.	<b>Distribuído / Em Rede:</b> <i>Strike Cells</i> binacionais; suporte de IA e fusão de dados em nuvem.
<b>IVR (Inteligência, Vigilância e Reconhecimento)</b>	<b>Estratégico:</b> Coleta para inteligência nacional, sem link com tático.	<b>Inicial:</b> JSTARS em fase de testes; satélites com alta latência de dados.	<b>Assimétrico:</b> UAVs de vigilância presentes, mas sem <i>datalink</i> direto com atiradores.	<b>Sensor-to-Shooter:</b> UAVs armados (Predator) e vídeo em tempo real para SOF.	<b>Rede de Fusão:</b> Cobertura persistente; compartilhamento via <i>datalink</i> (Link-16).	<b>Otimizado / Preditivo:</b> Sensores onipresentes; processamento automatizado e IA.
<b>Treinamento</b>	<b>Guerra Convencional:</b> Foco em grandes formações e alvos fixos ( <i>Red Flag</i> ).	<b>Ineficaz para TST:</b> Exercícios ignoravam a dinâmica de alvos emergentes.	<b>Nulo:</b> Sem preparo específico para guerra irregular ou restrições urbanas.	<b>Adaptativo:</b> Aprendizado em combate ( <i>on-the-job</i> ); foco em CAS emergencial.	<b>Específico:</b> Exercícios realistas (JEFX, <i>Millennium Challenge</i> ) validando o ciclo.	<b>Cognitivo / Simulação:</b> Simulação complexa de ambientes urbanos e decisão sob pressão.
<b>Eixo de Análise</b>	<b>Convencional:</b> Bombas de queda livre; saturação de área.	<b>Transição:</b> Maioria convencional (92%); início tímido de LGBs (8%).	<b>Precisão (Limitada):</b> JDAMs estreiam, mas usadas contra infraestrutura fixa.	<b>Híbrido:</b> Kits de guiagem (JDAM/LGB) usados com designação de solo (SOF).	<b>Responsivo:</b> Armas com <i>datalink</i> , SDBs e capacidade de reataque em voo.	<b>Autônomo / Stand-off:</b> Munições loitering, hipersônicas e enxames colaborativos.
<b>Armamento</b>	<b>Não Integrados:</b> Plataformas analógicas; baixa flexibilidade.	<b>Especializados:</b> : F-117 (stealth) e F-111; pouca capacidade de <i>swing-role</i> .	<b>Dependentes:</b> EA-6B e F-16CJ essenciais, mas com baixa autonomia de busca.	<b>Adaptados:</b> Bombardeiros estratégicos (B-52/B-1) usados para apoio tático (CAS).	<b>Conectados:</b> Plataformas com <i>pods</i> de designação avançada e comunicação digital.	<b>5ª Geração / Não-Tripulados:</b> Integração F-35 e drones em enxame ( <i>Loyal Wingman</i> ).
<b>Meios Aéreos</b>	<b>Isolada:</b> Atuação estanque entre Força Aérea e Exército.	<b>Conflituosa:</b> Fricção entre componentes (Marinha x USAF) sobre o ATO.	<b>Baixa Interoperabilidade:</b> Dificuldade de comunicação entre aliados da OTAN.	<b>Modelo Afegão:</b> Simbiose inédita entre Poder Aéreo e Forças Especiais (SOF).	<b>Digital:</b> Interoperabilidade de sistemas e visão comum do campo de batalha.	<b>Coalizão Multidomínio:</b> Forças-tarefa integradas (Terra, Mar, Ar, Ciber, Espaço).

(conclusão)

Eixo de Análise	Pós-Guerra do Vietnã	Guerra do Golfo (1991)	<i>Operation Allied Force</i> (1999)	<i>Operation Enduring Freedom</i> (2001)	<i>Operation Iraqi Freedom</i> (2003)	Conflitos Recentes / Atual
<b>Integração Conjunta</b>	<b>Dias:</b> Planejamento de campanhas longas.	<b>72 Horas:</b> Preso ao ciclo rígido do ATO.	<b>Horas:</b> Atrasado por validação política e falhas de sensor.	<b>Minutos (Variável):</b> Rápido com SOF, mas inconsistente em outros cenários.	<b>Minutos (Consistente):</b> "Single-digit minutes" validado em exercícios e combate.	<b>Segundos / Quase Real:</b> Velocidade de máquina; engajamento automatizado.
<b>Tempo Médio do Ciclo</b>	<b>Desconhecida:</b> Sem métricas para alvos móveis.	<b>Baixa:</b> Fracasso na caça aos SCUDs móveis; sucesso apenas em alvos fixos.	<b>Fracasso Estrutural:</b> <5% de destruição confirmada de alvos móveis sérvios.	<b>Tática Alta / Estratégica Mista:</b> Sucesso cinético, mas problemas de estabilização.	<b>Alta Precisão:</b> Colapso do regime em 3 semanas; alta taxa de acerto.	<b>Cirúrgica / Controlada:</b> Foco total em minimizar colaterais e efeitos políticos.
<b>Efetividade Declarada</b>	<b>Inexistente:</b> Foco na <i>AirLand Battle</i> e planejamento deliberado para guerra convencional.	<b>Rígida:</b> Ciclo ATO de 72h inadequado para alvos móveis; sem doutrina TST formal.	<b>Ad-Hoc:</b> Criação improvisada de <i>Flex Targeting Cells</i> ; doutrina ainda reativa.	<b>Embrionária:</b> TST surge na prática operacional; início do ciclo F2T2EA informal.	<b>Institucionalizada:</b> TST formalizado em manuais; uso de <i>Kill Boxes</i> e <i>Effects-Based Ops</i> .	<b>Dinâmica / Multidomínio:</b> <i>Dynamic Targeting</i> é o padrão (>90%); foco em integração de domínios.

Fonte: O autor.

A leitura crítica da Tabela 2 permite afirmar que, nas duas décadas subseqüentes à Guerra do Vietnã (1975–1991), inexistia qualquer estrutura doutrinária, tecnológica ou organizacional voltada ao engajamento ágil e responsivo de alvos sensíveis ao tempo. As operações aéreas eram moldadas por modelos convencionais, com forte dependência de planejamento antecipado e foco em alvos fixos. A doutrina vigente — centrada na *AirLand Battle* — não previa resposta estruturada a ameaças dinâmicas, e os ciclos decisórios apresentavam elevada latência, resultando em baixo rendimento operacional frente a eventos fugazes.

A Guerra do Golfo (1991) representou um primeiro ponto de inflexão. Embora tenha sido eficaz contra alvos estratégicos previamente identificados, a campanha revelou graves limitações de eficiência frente a ameaças móveis, como os lançadores de mísseis SCUD. O processo decisório centralizado, a fragmentação entre sensores e vetores, a baixa integração do C2 e o uso ainda restrito de munições guiadas dificultaram a atuação responsiva. Em retrospecto, pode-se afirmar que os Estados Unidos foram eficazes, mas ineficientes, na neutralização de TSTs, desperdiçando tempo, meios e oportunidades críticas de engajamento.

Na *Operation Allied Force* (1999), os avanços em munições guiadas e guerra eletrônica apontaram para ganhos táticos importantes. Contudo, o desempenho operacional no engajamento de alvos emergentes ainda era limitado por fatores externos — notadamente a condução multinacional da campanha e a interferência política no processo de *targeting*. O *targeting* dinâmico permaneceu secundário, e os ciclos continuaram longos, evidenciando uma transição incompleta.

A partir da *Operation Enduring Freedom* (2001), verifica-se uma reestruturação mais profunda. A introdução de UAVs armados e persistentes, a integração com forças especiais e a descentralização parcial do processo decisório permitiram reduções significativas no tempo do ciclo F2T2EA. Esse conjunto de inovações marca a passagem de uma resposta reativa para uma lógica proativa de engajamento. A capacidade de gerar efeitos precisos com menor consumo de tempo e meios indica um ganho substantivo de eficiência, ainda que em estágio de consolidação.

Esse ganho se concretiza na *Operation Iraqi Freedom* (2003) e, sobretudo, nos conflitos subsequentes, como a *Operation Inherent Resolve* (2014–presente), em que o TST atinge altos níveis de eficiência. As operações passaram a contar com sistemas de C2 em rede, IVR contínuo em tempo real, armamentos vetorizáveis em voo e ciclos de decisão encurtados a minutos ou segundos, maximizando os efeitos desejados com mínimo desperdício de tempo ou esforço. O treinamento foi institucionalizado e a interoperabilidade entre domínios se tornou orgânica. Nesse estágio, o TST consolida-se não apenas como um procedimento operacional, mas como uma capacidade sistêmica do poder aeroespacial, capaz de integrar, em tempo real, informação, decisão e execução.

### **3.2.3 Classificação dos Estágios de Maturidade do TST**

A classificação dos estágios de maturidade do *Time-Sensitive Targeting* (TST), proposta nesta dissertação, fundamenta-se conceitualmente, como visto anteriormente, no modelo *Capability Maturity Model* (CMM), foi concebido como uma estrutura evolutiva para diagnosticar e aprimorar processos organizacionais, organizando-os em níveis crescentes de maturidade com base na padronização, mensuração e melhoria contínua (Paulk *et al.*, 1993). Esse referencial foi adaptado neste estudo para refletir as especificidades operacionais e doutrinárias do TST, constituindo, assim, um modelo analítico próprio para avaliar sua evolução e seu grau de institucionalização em distintos contextos militares.

De forma análoga ao CMM, o modelo de maturidade aqui apresentado estrutura-se em **seis estágios progressivos**, que expressam diferentes níveis de eficiência, integração e prontidão na execução do ciclo TST. Cada estágio representa não apenas um acúmulo de capacidades técnicas ou estruturais, mas sobretudo a consolidação de um sistema coerente entre doutrina, vetores, sensores, comando e controle, armamentos e efetividade dos efeitos gerados. Essa perspectiva permite mensurar o grau de maturidade operacional com base em **nove eixos estruturantes**, definidos nos itens anteriores: doutrina, C2, IVR, treinamento, armamento, meios aéreos, integração conjunta, tempo médio do ciclo e efetividade declarada.

A Tabela 3 a seguir apresenta os critérios sintéticos de cada estágio:

**Tabela 3** - Critérios para Classificação de Estágios de Maturidade TST.

Estágio	Caracterização Sintética
0 – Inexistente	Ausência completa de doutrina, meios ou capacidade operacional para TST; predomínio de modelos convencionais de <i>targeting</i> e ciclos excessivamente longos.
1 – Inicial	Existência de conceitos rudimentares e emprego ocasional de meios com potencial de TST, ainda sem integração efetiva entre sensores, vetores e decisões.
2 - Em desenvolvimento	Início da aplicação sistemática, com ganhos pontuais de agilidade e precisão, mas com <b>limitações significativas de interoperabilidade</b> , coordenação e flexibilidade decisória.
3 – Operacional parcial	Capacidade funcional estabelecida, com doutrina reconhecida e meios dedicados, porém ainda com <b>restrições estruturais</b> , como dependência de ciclos deliberativos ou lacunas em IVR persistente.
4 – Maturidade plena	Integração robusta entre sensores, decisão e vetores, com execução <b>ágeis, precisas e sincronizadas</b> , baseadas em doutrina consolidada e alto nível de interoperabilidade.
5 – Modelo Futuro	Projeção conceitual de um sistema de TST <b>totalmente automatizado</b> , com integração multidomínio, emprego de inteligência artificial, vetorização preditiva e ciclos de decisão/engajamento em tempo quase real.

**Fonte:** O autor.

Importante destacar que essa classificação **não se limita à ordenação cronológica**. Cada estágio traduz um salto qualitativo no grau de maturidade sistêmica, indicando o nível de eficiência operacional atingido por uma força aérea na condução de operações sensíveis ao tempo. Avançar de um estágio ao seguinte pressupõe a consolidação de melhorias simultâneas e interdependentes em doutrina, processos, treinamento, integração de sistemas e efetividade tática.

Nos tópicos seguintes, cada estágio será examinado de forma detalhada, com base nos marcos históricos da evolução do TST no contexto norte-americano. Esta mesma estrutura

conceitual será, posteriormente, aplicada ao estudo de caso brasileiro, conforme delineado no Capítulo 4.

### 3.2.3.1 Estágio 0 – Inexistente

Neste estágio, observa-se a completa ausência de estrutura doutrinária, normativa ou conceitual que reconheça a necessidade de engajamento célere e coordenado de alvos emergentes. O emprego do poder aéreo permanece restrito a formas convencionais de planejamento, baseadas majoritariamente em listas predefinidas de alvos e em metodologias deliberativas de *targeting*. A doutrina vigente é voltada exclusivamente à condução de campanhas previamente planejadas, sem qualquer previsão para a identificação, correlação e neutralização de alvos dinâmicos em tempo oportuno.

As estruturas de Comando e Controle (C2) apresentam-se rígidas, verticalizadas e com baixa adaptabilidade, operando de forma excessivamente hierarquizada e com capacidade limitada de resposta a eventos não antecipados. Não há qualquer mecanismo de descentralização decisória ou de comunicação em tempo real que permita ciclos de engajamento compatíveis com a natureza fugaz dos TSTs.

Os meios de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR), quando disponíveis, atuam de maneira compartimentalizada e sem integração funcional com os centros de decisão e os vetores de ataque. Falta interoperabilidade entre sensores, analistas e unidades táticas, o que inviabiliza a geração de conhecimento situacional oportuno. A informação circula com latência elevada e baixa confiabilidade operacional, prejudicando qualquer tentativa de atuação responsiva.

As plataformas aéreas disponíveis não são dotadas de enlaces táticos, sistemas de designação de alvos ou sensores embarcados que viabilizem o engajamento dinâmico. Seu emprego está limitado a missões previamente programadas, com tempo de resposta incompatível com a volatilidade dos alvos sensíveis ao tempo. A carência de armamentos guiados ou com capacidade de redirecionamento em voo compromete a precisão dos ataques e amplia o risco de danos colaterais, inviabilizando seu uso em ambientes urbanos ou de alta sensibilidade política.

O treinamento das forças armadas permanece ancorado em paradigmas convencionais de *targeting*, com ênfase em campanhas estáticas e ciclos logísticos prolongados. Inexiste qualquer programa de adestramento voltado à atuação em cenários fluidos, interagências ou

multidomínio. O conceito de TST, enquanto competência operacional, sequer integra o vocabulário institucional.

No plano processual, não há qualquer estrutura formal ou informal que se assemelhe ao ciclo F2T2EA. As etapas de detecção, análise e ataque ocorrem — quando ocorrem — de forma fragmentada e descoordenada entre os diversos níveis de comando. Não existe integração conjunta, interagências ou multinacional, o que impede a sinergia entre sistemas de coleta, análise, decisão e engajamento. O tempo médio entre detecção e ataque é incompatível com a natureza transitória dos TSTs, oscilando entre dias e semanas.

Trata-se, portanto, de um estágio marcado por ineficiência estrutural absoluta, no qual não apenas a eficácia é comprometida, mas sobretudo a relação entre esforço e resultado é disfuncional. O sistema, como um todo, opera com desperdício de tempo, meios e oportunidades, revelando uma ausência total de capacidade de engajamento eficiente de alvos sensíveis ao tempo. Este estágio representa a condição basal da ausência da capacidade de TST, típica de forças armadas cuja doutrina, estrutura e cultura operacional ainda estão integralmente voltadas à guerra tradicional e deliberada.

### 3.2.3.2 Estágio 1 – Inicial

Este estágio caracteriza-se pelo despertar incipiente das forças armadas quanto à necessidade de conferir maior agilidade ao processo de engajamento de alvos emergentes. Ainda não há uma doutrina consolidada que sistematize o TST, mas começam a surgir, de maneira esparsa e desarticulada, iniciativas conceituais e operacionais embrionárias que tangenciam essa capacidade. Essas iniciativas, geralmente impulsionadas por experiências pontuais ou lideranças inovadoras em escalões táticos, não chegam a constituir um corpo doutrinário institucionalizado. O conhecimento permanece empírico, localizado e desprovido de validação normativa.

As estruturas de comando e controle (C2) continuam essencialmente centralizadas, com limitada delegação de autoridade decisória em tempo real. Entretanto, observa-se o início de uma flexibilização hierárquica, por meio de tentativas de descentralização tática e do emprego ocasional de enlacs mais ágeis entre centros de decisão e unidades executoras. Apesar disso, a arquitetura de C2 ainda não oferece os recursos organizacionais e tecnológicos necessários para sustentar ciclos rápidos de correlação, autorização e ataque — o que compromete a eficiência global do sistema.

No domínio da Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR), verifica-se a introdução de sensores de maior alcance ou persistência, como plataformas tripuladas com autonomia estendida ou, de forma experimental, veículos aéreos não tripulados (UAVs). Ainda assim, a coleta de dados permanece dissociada do processo decisório, sem protocolos claros de disseminação, correlação analítica ou exploração operacional imediata. A latência informacional continua elevada, e os ganhos de consciência situacional são circunstanciais.

As aeronaves de combate, por sua vez, passam a ser utilizadas com maior flexibilidade em missões de retaguarda ou de prontidão, como patrulhas armadas (*armed overwatch*), mas carecem de sistemas de designação de alvos, enlaces táticos robustos e protocolos de vetoração que permitam sua atuação responsiva. O armamento empregado ainda é majoritariamente convencional, embora se observe o início da introdução de munições inteligentes — como bombas guiadas por laser (*LGBs*) ou GPS (*JDAMs*) —, geralmente em pequena escala e sem doutrina específica de emprego para alvos efêmeros.

No campo do treinamento, os modelos predominantes continuam orientados ao planejamento deliberativo. Entretanto, alguns currículos avançados e manuais táticos começam a incorporar a ideia de alvos de oportunidade que demandariam resposta imediata. O adestramento operacional permanece, contudo, sem sistematização voltada ao TST, sendo pontualmente influenciado por experiências de campo, muitas vezes em operações expedicionárias ou missões de coalizão.

Do ponto de vista processual, inexistente a institucionalização do ciclo F2T2EA. As decisões operacionais continuam a ser tomadas de forma fragmentada, lenta e altamente dependente da iniciativa individual e da improvisação tática. O ciclo tradicional do *Air Tasking Order* (ATO), com cerca de 72 horas de duração entre identificação e ataque, continua a ser a espinha dorsal do emprego aéreo, revelando-se inadequado frente à natureza volátil dos TSTs. A efetividade, nesses casos, limita-se a alvos fixos ou com padrão de movimentação previsível, refletindo ineficiência temporal e desperdício de oportunidade.

A integração entre sensores, analistas e vetores ocorre de forma esporádica e informal, sem sistemas ou procedimentos estabelecidos que assegurem interoperabilidade funcional. Como consequência, o tempo médio de engajamento segue elevado, frequentemente superando a janela útil para a neutralização do alvo, o que compromete os resultados táticos e estratégicos pretendidos.

Este estágio representa, portanto, uma fase de transição marcada por baixa eficiência, na qual há o reconhecimento embrionário da necessidade de maior agilidade e integração, mas ainda sem os instrumentos conceituais, organizacionais e técnicos que possibilitem o exercício

sistemático do TST. Apesar das limitações, configura uma ruptura inicial com os paradigmas exclusivamente deliberativos, servindo como ponto de partida para evoluções posteriores mais estruturadas.

### 3.2.3.3 Estágio 2 – Em desenvolvimento

Neste terceiro nível de maturidade, o TST deixa de ser tratado como uma solução improvisada ou de uso excepcional, passando a ser reconhecido institucionalmente como uma necessidade operacional concreta e um vetor de ganho de eficiência no emprego do poder aéreo. Tal reconhecimento resulta, sobretudo, da experiência acumulada em operações reais e da percepção de ineficiências nos modelos tradicionais de *targeting* diante de alvos móveis, efêmeros ou de alta prioridade. Surge, assim, um movimento de formalização conceitual, com os primeiros esforços sistemáticos voltados à construção de uma doutrina própria para o TST — ainda que incipiente e em coexistência com abordagens deliberativas.

Esses esforços incluem a publicação de manuais experimentais, a criação de centros de excelência pioneiros e a realização de ensaios táticos, especialmente em unidades com maior grau de exposição a conflitos assimétricos. Apesar do avanço, o conhecimento ainda não é homogêneo nem amplamente disseminado, resultando em variações significativas entre comandos, teatros de operações e escalões decisórios.

As estruturas de Comando e Controle (C2) evoluem no sentido de maior agilidade e adaptabilidade. Células específicas para o engajamento de alvos de oportunidade são integradas a centros de operações aéreas ou forças-tarefa conjuntas. Observa-se uma descentralização seletiva da autoridade de engajamento, permitindo que comandantes táticos autorizem ataques sem a necessidade de recorrer, em todos os casos, ao nível estratégico. Essas adaptações, embora incipientes, representam um esforço para tornar o processo mais eficiente, reduzindo o tempo entre detecção, decisão e ataque. No entanto, persistem lacunas significativas na interoperabilidade entre sistemas e na segurança das comunicações em tempo real, limitando a eficiência plena do processo decisório.

No campo da Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR), observa-se a adoção sistemática de plataformas com maior capacidade de persistência e flexibilidade, como UAVs armados e aeronaves de patrulha reconfiguradas. Ainda assim, a fusão e correlação de dados enfrentam obstáculos decorrentes da ausência de protocolos padronizados, da sobreposição de sistemas e da falta de interoperabilidade funcional entre sensores, analistas e decisores. A

informação gerada frequentemente não é explorada em tempo hábil, comprometendo o ganho de eficiência que a integração plena poderia oferecer.

Quanto aos vetores, passa-se a utilizar aeronaves em regimes de prontidão elevada, com tempo de reação mais curto e capacidade de reataque. Alguns modelos recebem upgrades com enlaces de dados e *pods* de designação, permitindo atuação com base em inteligência de última hora. Esse aumento da responsividade dos vetores traduz-se em ganhos incrementais de eficiência no ciclo operacional, ainda que limitados em escala. No entanto, o número de vetores plenamente compatíveis com o TST ainda é restrito, e a interoperabilidade entre plataformas de distintas forças ou países continua limitada.

Em termos de armamento, amplia-se o uso de munições guiadas de precisão (PGMs), como *LGBs*, *JDAMs* e mísseis de ataque direto. Ainda assim, o emprego efetivo dessas armas contra alvos móveis ou de curta exposição temporal encontra entraves técnicos e táticos, especialmente no que se refere à sincronização entre a designação do alvo e a disponibilidade do vetor. A doutrina de uso dessas armas em contextos dinâmicos encontra-se em fase de experimentação e adaptação. A eficiência tática, embora superior à de estágios anteriores, continua dependente de condições favoráveis de sincronização e disponibilidade de meios.

O treinamento operacional avança em relação aos estágios anteriores. Exercícios dedicados, simulações específicas e currículos voltados ao *targeting* dinâmico são introduzidos em academias, centros de doutrina e comandos operacionais. No entanto, a massificação e a padronização ainda não foram alcançadas, e o adestramento permanece restrito a unidades de elite ou a teatros operacionais com maior frequência de emprego.

No plano processual, o ciclo F2T2EA passa a ser formalmente reconhecido e incluído nos manuais operacionais. Mecanismos paralelos ao ciclo ATO, como as *Dynamic Targeting Cells*, são implementados para lidar com alvos emergentes. Ainda assim, sua atuação não é uniforme, e o sistema como um todo permanece marcado por gargalos estruturais e operacionais que limitam a fluidez entre sensor, decisão e efeito — o que restringe a eficiência global da capacidade de TST.

O tempo médio de engajamento é reduzido em comparação aos estágios anteriores, frequentemente sendo medido em horas, sobretudo em teatros com maior grau de maturidade. Contudo, a heterogeneidade entre comandos, sistemas e doutrinas locais faz com que muitos alvos ainda escapem da janela de oportunidade ideal, evidenciando a persistência de ineficiências.

Em síntese, o Estágio 2 representa um momento de inflexão institucional na trajetória do TST, no qual se observam ganhos concretos de eficiência operacional, embora ainda

distribuídos de forma desigual. A capacidade de gerar efeitos em tempo oportuno melhora substancialmente, mas não atinge, neste ponto, sua plenitude estrutural ou doutrinária. Apesar das limitações técnicas, organizacionais e doutrinárias ainda presentes, verifica-se um movimento consistente de racionalização dos processos, integração de meios e busca de maior eficiência na geração de efeitos em tempo oportuno. A capacidade de TST encontra-se, neste ponto, em desenvolvimento assimétrico, com avanços significativos em certos contextos, mas sem consolidação plena em nível sistêmico.

#### 3.2.3.4 Estágio 3 – Operacional parcial

Neste terceiro nível de maturidade, o TST atinge um grau de institucionalização suficiente para garantir sua presença recorrente em planejamentos operacionais, exercícios multinacionais e operações reais conduzidas pelas forças armadas. A doutrina correspondente ao engajamento de alvos sensíveis ao tempo já se encontra formalizada, seja por meio de documentos próprios, seja como seções estruturadas dentro de manuais operacionais mais amplos. Ainda que persistam interpretações diversas e assimetrias na implementação entre comandos ou ramos das forças, o TST é oficialmente reconhecido como componente central do poder aéreo moderno.

Nesse estágio, observa-se um claro ganho de eficiência operacional, à medida que as forças armadas passam a produzir efeitos militares relevantes com menor consumo de recursos, tempo e coordenação. A doutrina consolidada fornece os fundamentos normativos para o emprego oportuno de vetores e munições de precisão, reduzindo a dependência de improvisações e acelerando o ciclo decisório. Essa eficiência se traduz não apenas na redução do tempo entre a detecção e o engajamento do alvo, mas também na capacidade de selecionar meios adequados, empregar vetores disponíveis e evitar desperdício de munições em alvos de valor tático ou estratégico reduzido.

As estruturas de Comando e Controle (C2) refletem essas melhorias, incorporando células especializadas em *targeting* dinâmico nos *Combined Air Operations Centers* (CAOC) e nos *Joint Operations Centers* (JOC). Parte do processo decisório é descentralizada, permitindo que níveis táticos autorizem missões contra perfis previamente aprovados. Ainda que persistam limitações relacionadas à saturação de redes e à interoperabilidade entre sistemas legados, o uso regular de enlaces táticos seguros e redundantes aumenta a responsividade e a eficiência do C2, reduzindo latências críticas.

Na esfera de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR), a eficiência é ampliada com a transmissão de dados em tempo quase real por meio de plataformas persistentes como UAVs armados, aeronaves de alta altitude e satélites. A fusão de dados multiespectrais e o emprego de softwares de correlação automática, mesmo com necessidade de validação humana, tornam o ciclo de decisão mais responsivo e menos dispendioso em termos de tempo e pessoal.

Os vetores de ataque operam sob doutrinas específicas para o TST, frequentemente em configurações de alerta rápido (*Quick Reaction Forces*), *armed overwatch* ou com formação com sensores embarcados. Equipados com enlaces de dados, *pods* de designação e munições de precisão, essas aeronaves aumentam a produtividade tática, permitindo que menos plataformas sejam empregadas com maior letalidade e seletividade. Contudo, limitações no número de vetores e na interoperabilidade ainda reduzem a eficiência plena em cenários de múltiplas frentes simultâneas.

No que tange aos armamentos, observa-se a difusão de PGMs com capacidade de reataque, kits de redirecionamento em voo e fusos programáveis, o que eleva a adaptabilidade e reduz o consumo de munições em tentativas repetidas. Porém, sua efetividade ainda depende da robustez dos enlaces C2 e da manutenção de atualizações táticas em tempo real.

A instrução e o treinamento seguem a tendência de institucionalização. Exercícios conjuntos, simulações avançadas e currículos doutrinários específicos consolidam o conhecimento técnico necessário, aumentando a eficiência organizacional por meio da padronização de práticas. Ainda assim, a disseminação integral do adestramento para unidades convencionais continua como um desafio.

No plano processual, o ciclo F2T2EA já é aplicado de forma rotineira. A atuação de células dedicadas ao *dynamic targeting* viabiliza operações ágeis mesmo fora do ciclo deliberativo do *Air Tasking Order* (ATO). A coexistência de fluxos paralelos ao ATO é um indicador direto de adaptação organizacional rumo à eficiência — mantendo a estrutura tradicional para alvos previsíveis e criando mecanismos otimizados para alvos efêmeros.

A integração sistêmica entre sensores, C2, vetores e munições atinge um grau funcional robusto, principalmente em forças de prontidão ou operações com alto grau de maturidade tecnológica. Com tempos de engajamento reduzidos para minutos ou poucas horas, dependendo das condições, o TST neste estágio alcança níveis de eficiência consideráveis, permitindo maximizar efeitos táticos com emprego racional de meios e tempo.

Em suma, o Estágio 3 – Operacional Parcial marca a transição do TST para uma prática consolidada e eficiente, ainda que limitada por variáveis estruturais e operacionais específicas. Representa o ponto em que a capacidade de gerar efeitos letais sobre alvos sensíveis ao tempo

se torna confiável, padronizada e eficaz em contextos selecionados, aproximando-se dos paradigmas de excelência em operações aéreas modernas.

#### 3.2.3.5 Estágio 4 – Maturidade plena

No estágio de maturidade plena, o TST atinge o mais alto grau de desenvolvimento técnico, doutrinário e institucional, permitindo sua execução com eficácia sistemática e eficiência operacional otimizada mesmo em ambientes marcados por volatilidade, ambiguidade e compressão temporal. A doutrina específica para o TST encontra-se plenamente consolidada, com terminologias, procedimentos e fluxos decisórios padronizados, difundidos e empregados de maneira uniforme em todas as forças componentes — aéreas, terrestres, navais e especiais. Tal homogeneidade assegura ações coordenadas, interoperáveis e de alto rendimento, capazes de sustentar campanhas multidomínio em tempo oportuno.

As estruturas de Comando e Controle (C2) operam sob uma arquitetura distribuída e resiliente, que equilibra descentralização decisória com supervisão estratégica. Os *Combined Air Operations Centers* (CAOC) integram *Dynamic Targeting Cells* plenamente funcionalizadas, conectadas em tempo real a sensores, vetores, operadores em solo e decisores estratégicos. A delegação de autoridade para o engajamento de determinados perfis de alvo é amplamente normatizada, permitindo ações autônomas táticas com elevado grau de controle, rastreabilidade e responsabilização. Tal agilidade decisória, ancorada em sistemas redundantes e enlaces criptografados, contribui diretamente para a redução de latência, mitigação de riscos e maximização da efetividade com menor dispêndio de meios.

No eixo de IVR, o sistema é caracterizado por sensores persistentes e multispectrais — incluindo UAVs de longa permanência, radares de abertura sintética, satélites de imagem e sensores eletro-ópticos — conectados a centros de fusão de dados com capacidade automatizada de triagem, correlação e priorização de alvos. Algoritmos de inteligência artificial e aprendizado de máquina reduzem a carga cognitiva dos analistas e aceleram o processo decisório, conferindo eficiência informacional e antecipação estratégica frente a ameaças efêmeras.

Os vetores de ataque, por sua vez, operam com plena conectividade, integração entre domínios e alta capacidade de reconfiguração tática. Dotados de enlaces de dados interoperáveis, sensores embarcados e capacidade de redirecionamento de alvo em voo, esses vetores executam missões em estreita coordenação com as plataformas de vigilância e C2, mantendo o engajamento mesmo sob condições adversas. O emprego rotineiro de aeronaves

em alerta avançado ou patrulha armada assegura alta prontidão e baixo tempo de resposta, gerando efeitos com o menor custo-tempo possível, critério fundamental da eficiência.

O armamento utilizado nesse estágio representa o estado da arte da letalidade seletiva: munições de múltiplos modos de guiagem, mísseis com redirecionamento em tempo real, bombas com espoletas programáveis e baixo efeito colateral. A padronização técnica entre armamento e vetor e a compatibilidade entre plataformas garantem versatilidade logística, modularidade tática e aproveitamento máximo da carga útil embarcada, refletindo diretamente na racionalização do emprego de meios letais.

O treinamento institucionaliza o TST como competência central da formação operacional. Centros de excelência, currículos militares, simulações de alta fidelidade e exercícios conjuntos entre domínios integram os diversos atores do ciclo F2T2EA, conferindo domínio técnico e mentalidade ágil à tropa. A formação avançada de operadores, decisores e analistas é padronizada e continuada, elevando a eficiência organizacional e reduzindo a variabilidade de desempenho entre unidades.

No plano processual, o ciclo F2T2EA é executado de forma contínua, automatizada e retroalimentada. A integração sistêmica das etapas de localização, fixação, rastreamento, designação, engajamento e avaliação é suportada por softwares de apoio à decisão e bancos de dados operacionais compartilhados. A coexistência entre o planejamento deliberativo via ATO e os fluxos paralelos de *dynamic targeting* assegura equilíbrio entre previsibilidade estratégica e flexibilidade tática, condição central para manter vantagem decisória com o mínimo de dispersão de esforços.

Todos os subsistemas — sensores, C2, vetores e armamentos — são concebidos desde sua origem para operar em rede, em lógica de *system-of-systems*. A interoperabilidade é assegurada não apenas no plano técnico, mas também doutrinário, interagências e multinacional. Essa integração multiescala assegura redundância funcional, compartilhamento de consciência situacional e sinergia operacional, tornando o sistema mais eficiente na conversão de inteligência em efeitos táticos.

O tempo de engajamento, nesta fase, atinge patamares compatíveis com a exigência contemporânea de superioridade decisória: entre poucos segundos e alguns minutos, desde a detecção até a neutralização do alvo. Tal capacidade confere às forças armadas o domínio do ritmo operacional, essencial para deter, antecipar ou degradar ameaças críticas com o menor custo político, humano e material.

Este estágio representa, portanto, a culminância da maturidade operacional do TST, no qual a eficiência passa a ser estrutural, permeando decisões, doutrina, tecnologia e recursos. A

capacidade de engajar alvos sensíveis ao tempo com precisão, rapidez e integração plena qualifica o TST como instrumento central de dissuasão, projeção de força e condução de campanhas aéreas no ambiente multidomínio do século XXI.

### 3.2.3.6 Estágio 5 – Modelo futuro (prospectivo)

O Estágio 5 representa uma projeção conceitual da maturidade do TST, baseada em tendências tecnológicas emergentes e em transformações doutrinárias ainda em gestação. Trata-se de um modelo teórico prospectivo, no qual o TST é executado por meio de sistemas cognitivos integrados, altamente automatizados, distribuídos entre todos os domínios operacionais — terrestre, aéreo, marítimo, cibernético e espacial — e orientados por lógica adaptativa e preditiva. Nesse cenário, a eficiência, mais do que uma meta operacional, torna-se um atributo estrutural do sistema, em que a conversão de dados em efeitos militares ocorre com latência mínima, consumo racional de meios e risco político controlado.

A doutrina, nesse modelo, deixa de ser um corpo fixo de normas para se transformar em uma estrutura fluida, retroalimentada por mecanismos de aprendizado de máquina e ajustada em tempo real conforme padrões operacionais, inferências algorítmicas e comportamento adversário. Decisões de *targeting* não são mais formuladas apenas por humanos, mas por agentes cognitivos capazes de correlacionar vastos volumes de dados e propor cursos de ação otimizados, maximizando eficácia e eficiência simultaneamente. O papel do comandante, nesse contexto, migra para uma função de supervisão estratégica e de definição de limites ético-legais para o uso da força automatizada.

As estruturas de Comando e Controle (C2) operam em redes em malha (*mesh networks*), resilientes, descentralizadas e autoconfiguráveis, nas quais cada nó detém certa autonomia decisória condicionada por parâmetros doutrinários. Os processos decisórios deixam de seguir sequências lineares e passam a ocorrer em ambientes colaborativos, mediados por inteligência artificial. Essa reconfiguração confere velocidade decisória sem perda de controle institucional, permitindo engajamentos quase instantâneos com riscos mitigados por algoritmos de conformidade.

No eixo de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR), sensores distribuídos em constelações autônomas — de satélites hiperspectrais, que captam informações em diversas faixas do espectro eletromagnético, a enxames de nano-UAVs — compõem uma malha contínua de coleta e análise. Os dados são processados por sistemas de *big data analytics*, isto é, plataformas capazes de analisar grandes volumes de informações provenientes de múltiplas

fontes em alta velocidade, aplicando técnicas de correlação automatizada, identificação de padrões e extração de valor preditivo. Esses sistemas realizam a priorização de ameaças e a sugestão de alvos com base em inferência estatística e aprendizado de máquina. Essa vigilância persistente garante um nível elevado de consciência situacional, fundamental para antecipar comportamentos hostis, mitigar incertezas e alocar recursos com máxima eficiência operacional.

Os vetores de ataque, nesse modelo, são autônomos ou semiautônomos, interconectados em redes táticas, capazes de designar alvos, redirecionar rotas e realizar re-ataques sem necessidade de controle humano direto. Aeronaves de combate não tripuladas (UCAVs), mísseis hipersônicos, plataformas orbitais e enxames armados de microvetores atuam de maneira colaborativa, minimizando vulnerabilidades e otimizando a taxa de sucesso com eficiência energética, tática e logística.

Os armamentos utilizados são reprogramáveis em voo, dotados de múltiplos modos de guiagem e capacidade de discriminação embarcada. Armas de energia dirigida, munições inteligentes e projéteis com efeitos reversíveis expandem o espectro de ação do TST para além da destruição cinética. A escolha do efeito torna-se parte da própria lógica algorítmica, ajustada segundo a situação operacional, reduzindo colaterais e ampliando eficiência no uso da força sob restrições normativas e políticas.

O treinamento humano foca na supervisão, auditoria e intervenção em sistemas automatizados. Operadores são capacitados em ética algorítmica, segurança cibernética, validação de inferências e interpretação de processos decisórios de IA. Simulações imersivas, realidade aumentada e aprendizado adaptativo constituem os pilares de uma formação orientada à confiabilidade do sistema, reduzindo erros e ampliando o controle institucional sobre sistemas autônomos.

O ciclo F2T2EA é transformado em um fluxo contínuo e retroalimentado, no qual as fases se sobrepõem e interagem por meio de sistemas automatizados. Localização, fixação, rastreamento, designação e engajamento deixam de ser estágios sequenciais e passam a constituir um circuito integrado e responsivo, capaz de processar milhares de eventos simultaneamente com mínima intervenção humana.

A integração entre os sistemas atinge um grau elevado de convergência funcional. Cada componente — seja sensor, vetor, decisor humano ou algoritmo — opera como parte de um sistema cognitivo integrado, caracterizado por interoperabilidade nativa entre plataformas, domínios e linguagens. Essa integração transversal abrange todos os níveis da estrutura de comando e controle: técnico, tático, operacional, estratégico e jurídico. Validações

automatizadas de conformidade e mecanismos de responsabilização institucional embarcados nos fluxos de decisão asseguram a legitimidade e a rastreabilidade das ações, mesmo em contextos de alta velocidade e complexidade decisória.

O tempo de engajamento, nesse estágio, é reduzido a segundos ou frações de segundo. Tal compressão extrema, se por um lado confere supremacia temporal e letalidade imediata, por outro exige novos paradigmas de governança do uso da força, incluindo arcabouços jurídicos, éticos e políticos compatíveis com decisões algorítmicas em tempo real.

Em síntese, o Estágio 5 representa o horizonte teórico de máxima eficiência do TST: um sistema autônomo, responsivo, escalável e multidomínio, no qual o tempo, os meios e os efeitos são administrados por estruturas inteligentes para garantir superioridade operacional contínua. Ainda que hipotético, esse modelo oferece um referencial estratégico para decisões de investimento, desenvolvimento doutrinário e planejamento de capacidades futuras, reafirmando o TST como um dos pilares estruturantes da guerra moderna.

### **3.2.4 A Matriz de Maturidade TST**

A integração entre os nove Eixos de Análise (o “*quê*”) e os seis Estágios de Maturidade (o “*quanto*”) resulta na Matriz de Maturidade da capacidade de engajar alvos sensíveis ao tempo (TST), apresentada na Tabela 4. Essa matriz constitui a ferramenta central de diagnóstico desta pesquisa, pois permite avaliar, de forma estruturada e comparável, o grau de institucionalização da capacidade de engajamento de alvos sensíveis ao tempo em uma força aérea.

Cada célula da matriz descreve o comportamento esperado de um eixo específico em determinado nível de maturidade, sintetizando critérios técnicos, doutrinários e organizacionais observáveis. Essa estrutura possibilita não apenas a classificação do estágio atual de uma força, mas também a identificação clara de lacunas (gaps) que restringem a evolução sistêmica da capacidade, orientando prioridades de desenvolvimento.

A matriz foi concebida com caráter evolutivo e cumulativo em termos de requisitos: o progresso da esquerda para a direita — do Estágio 0 (Inexistente) ao Estágio 5 (Prospectivo) — representa um aumento gradual da integração sistêmica, da compressão temporal do ciclo decisório, da automação dos processos e, conseqüentemente, da maturidade operacional do TST. Importante destacar que a progressão não é automática nem linear, exigindo avanços simultâneos e coerentes nos diversos eixos estruturantes, por exemplo, ganhos tecnológicos em

armamento e meios aéreos podem não se traduzir em maturidade global se doutrina e C2 permanecerem restritivos.

Para conferir rigor científico e objetividade à atribuição dos níveis de maturidade, o modelo não se baseia em percepções subjetivas, mas em uma parametrização operacional, na qual a transição entre estágios é balizada por indicadores técnicos e marcos doutrinários observáveis, que funcionam como critérios de conformidade. Os quatro pilares fundamentais de medição adotados neste estudo são:

- **Latência temporal:** redução mensurável do tempo do ciclo F2T2EA, variando de dias ou semanas nos estágios iniciais até segundos ou tempo quase real nos estágios mais avançados;
- **Grau de integração tecnológica:** evolução dos meios de compartilhamento e fusão de dados, desde comunicações analógicas por voz até enlaces digitais táticos, redes integradas e processamento automatizado por inteligência artificial;
- **Nível de autoridade e C2:** deslocamento progressivo da tomada de decisão, de estruturas centralizadas e burocráticas para modelos de delegação regulada e, prospectivamente, suporte à decisão autônoma;
- **Institucionalização e padronização:** grau de disseminação da prática, evoluindo da improvisação ad-hoc para a consolidação doutrinária, o treinamento sistêmico e a certificação operacional.

Com o objetivo de evitar redundância descritiva e preservar a fluidez do texto, não se procede à explicação individual e exaustiva de cada eixo no corpo desta seção, uma vez que tal função é plenamente desempenhada pela Tabela 4. Em vez disso, adota-se uma estratégia metodológica exemplificativa, na qual um eixo específico é detalhado como referência analítica, de modo a explicitar a lógica de atribuição dos estágios. O mesmo rigor conceitual e operacional empregado nesse exemplo foi aplicado aos demais eixos da matriz.

#### 3.2.4.1 Exemplo de Aplicação Prática: Operacionalização do Eixo Inteligência, Vigilância e Reconhecimento

Para ilustrar a lógica de avaliação do modelo, utiliza-se o eixo Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR), evidenciando como critérios técnicos e evidências observáveis fundamentam a classificação de uma força aérea em determinado estágio de maturidade. Os limiares temporais a seguir têm caráter operacional-analítico e foram adotados como referência

nesta pesquisa para distinguir patamares de latência e integração; em outras aplicações, podem ser ajustados conforme dados disponíveis e finalidade da avaliação.:

- Estágio 0 – Inexistente
  - Critério: Ausência de sensores táticos em tempo real.
  - Evidência: Coleta exclusivamente estratégica (ex.: imagens processadas em terra). Latência medida em dias.
- Estágio 1 – Inicial
  - Critério: Introdução de sensores táticos com alta latência.
  - Evidência: Pods de reconhecimento ou UAVs básicos sem transmissão direta ao vetor. Latência superior a 4 horas.
- Estágio 2 – Em desenvolvimento
  - Critério: Transmissão de vídeo ao vivo sem integração em rede.
  - Evidência: Vídeo visto pelo decisor, mas vetorização realizada por voz. Alto risco de erro humano e atraso.
- Estágio 3 – Operacional parcial
  - Critério: Arquitetura sensor-to-shooter funcional.
  - Evidência: Recebimento digital de imagem e coordenadas no cockpit (ex.: sistemas tipo ROVER). Ciclo inferior a 30 minutos.
- Estágio 4 – Maturidade plena
  - Critério: Fusão multiespectral de dados e persistência.
  - Evidência: Integração SIGINT/IMINT/Radar; disseminação em COP por enlace tático (ex.: Link-16); ciclo consistente inferior a 10 min.
- Estágio 5 – Prospectivo
  - Critério: Reconhecimento automático de alvos (ATR) via IA.
  - Evidência: Identificação, classificação e priorização automatizadas. Ciclo reduzido à escala de segundos.

Os demais eixos da matriz foram avaliados segundo lógica análoga, com critérios e evidências compatíveis com suas respectivas naturezas, conforme sintetizado na Tabela 4.

Tabela 4 - Matriz de Maturidade da Capacidade de TST

(continua)

Eixo / Estágio	0 Inexistente	1 Inicial	2 Em Desenvolvimento	3 Operacional Parcial	4 Maturidade Plena	5 Prospectivo
<b>Doutrina</b>	<b>Planejamento deliberado:</b> foco exclusivo em campanhas pré-planejadas (24 h+); inexistência de conceito para alvos dinâmicos	<b>Rígida:</b> TST mencionado, porém subordinado a ciclos fixos; ausência de processos específicos.	<b>Reativa/fragmentada:</b> manuais provisórios ou células <i>ad hoc</i> ; ausência de padronização na Força.	<b>Tática/emergente:</b> procedimentos operacionais existem, mas sem consolidação em manuais conjuntos.	<b>Institucionalizada:</b> doutrina formal, unificada e treinada; terminologia padronizada; <b>F2T2EA</b> oficializado.	<b>Preditiva:</b> doutrina centrada em operações multidomínio; antecipação via dados; automação decisória.
<b>Comando e Controle (C2)</b>	<b>Centralizado:</b> decisões em altos escalões; fluxo informacional lento e vertical.	<b>Burocrático:</b> estrutura linear; incapacidade de alterar tarefas em voo; gargalos de aprovação.	<b>Condicional:</b> agilidade limitada por restrições políticas/jurídicas e baixa delegação; processo sujeito a vetos.	<b>Descentralizado (contingente):</b> delegação por necessidade operacional; dependência de iniciativas individuais e arranjos <i>ad hoc</i> .	<b>Integrado:</b> delegação regulamentada; sistemas digitais de gestão de batalha em tempo real; rastreabilidade decisória.	<b>Distribuído:</b> redes resilientes; apoio por IA para priorização e suporte à decisão em alta velocidade.
<b>Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR)</b>	<b>Estratégico:</b> coleta voltada a movimentos amplos; dados não chegam ao atirador; latência em dias.	<b>Estático:</b> sensores existem, porém com alta latência; inteligência “histórica”; latência em horas (>~4 h).	<b>Compartimentado:</b> múltiplos sensores (UAV/satélite etc.) sem integração; fluxo limitado entre quem detecta e quem engaja; vetoração majoritariamente por voz.	<b>Sensor-to-shooter:</b> vídeo em tempo real e repasse digital inicial; integração limitada; ciclo tipicamente < 30 min quando condições favorecem.	<b>Fusão de dados: COP</b> compartilhada; persistência; integração multiespectral (ex.: SIGINT/IMINT/Radar) e enlace tático (ex.: <b>Link-16</b> ); ciclo consistente < 10 min.	<b>Cognitivo:</b> processamento automatizado de big data; <b>ATR/IA</b> identifica, classifica e sugere engajamento; ciclo na ordem de segundos.
<b>Treinamento</b>	<b>Convencional:</b> foco em alvos fixos e cenários previsíveis; baixa exposição a dinâmica temporal.	<b>Scriptado:</b> exercícios com roteiro rígido; alvo conhecido antes da decolagem.	<b>Básico:</b> introdução conceitual; prática limitada; baixa repetição em cenários realistas com alvos inopinados.	<b>Adaptativo:</b> aprendizado em operações/exercícios específicos; proficiência concentrada em unidades de maior prontidão/elite.	<b>Sistêmico:</b> ciclo TST treinado em exercícios conjuntos complexos; certificação de tripulações/controladores e rotinas padronizadas.	<b>Sintético/virtual:</b> simulação avançada (ambientes urbanos/híbridos); ênfase em carga cognitiva, decisão sob pressão e integração multidomínio.
<b>Armamento</b>	<b>Saturação:</b> bombas de queda livre; dependência de volume de fogo para garantir destruição.	<b>Guiamento terminal visual:</b> introdução de armas a laser; dependência de condições visuais/designação estável.	<b>Precisão estática:</b> armas guiadas por coordenadas (GPS); eficazes contra alvos fixos; limitações contra móveis.	<b>Híbrido:</b> combinação GPS/laser; integração com designadores em solo para engajar alvos móveis.	<b>Em rede:</b> armas com <b>datalink</b> (redirecionáveis em voo) e munições de baixo colateral (ex.: <b>SDB</b> ); maior seletividade.	<b>Autônomo:</b> munições “loitering”, enxames e sistemas de busca/ataque com autonomia crescente; armas hipersônicas.

(conclusão)

<b>Eixo / Estágio</b>	<b>0 Inexistente</b>	<b>1 Inicial</b>	<b>2 Em Desenvolvimento</b>	<b>3 Operacional Parcial</b>	<b>4 Maturidade Plena</b>	<b>5 Prospectivo</b>
<b>Meios Aéreos</b>	<b>Analógicos:</b> plataformas sem sensores avançados ou processamento relevante a bordo; consciência situacional limitada.	<b>Especializados:</b> plataformas de função única; comunicação predominantemente por voz.	<b>Conectividade limitada:</b> início de digitalização; integração parcial de dados entre frotas e plataformas.	<b>Adaptados:</b> emprego criativo de plataformas; pods de designação avançados; aumento de responsividade.	<b>Interoperáveis:</b> frotas modernizadas com datalink de alta banda; <i>glass cockpit</i> e sensores integrados de fábrica.	<b>Opcionalmente tripulados:</b> integração 5 <sup>a</sup> /6 <sup>a</sup> geração e “alas” não tripuladas (ex.: <i>loyal wingman</i> ).
<b>Integração Conjunta</b>	<b>Desconflitada:</b> componentes operam separados para evitar fratricídio; cooperação mínima.	<b>Coordenada:</b> planejamento conjunto, execução separada; troca de informação lenta entre componentes.	<b>Fricção:</b> tentativas de integração falham por incompatibilidades técnicas (rádios/dados) e culturais.	<b>Tática:</b> integração funcional em pequenas unidades (ex.: FE + aviação), ainda sem pleno alcance operacional/estratégico.	<b>Interdependente:</b> sistemas digitais comuns; fluxo transparente entre Terra/Mar/Ar; consciência situacional compartilhada.	<b>Convergência:</b> operações multidomínio; sincronização simultânea em Terra, Mar, Ar, Espaço e Cibernético.
<b>Tempo Médio do Ciclo</b>	<b>Dias/semanas:</b> ritmo de campanha industrial; incompatível com alvos fugazes.	<b>24–72 horas:</b> preso ao ciclo deliberativo (ex.: ATO); baixa adaptabilidade.	<b>Horas:</b> atrasos por validação hierárquica e fricções de transmissão/integração de dados.	<b>Minutos (variável):</b> capacidade de acelerar existe, mas é <b>contingente</b> (depende de enlace, prontidão e proficiência).	<b>Minutos (consistente):</b> processo robusto e repetível; “ <b>single-digit minutes</b> ” quando condições operacionais padrão estão presentes.	<b>Segundos:</b> velocidade de processamento de máquina; resposta quase em tempo real à detecção.
<b>Efetividade e Declarada</b>	<b>Baixa/nula:</b> incapacidade de engajar o alvo móvel antes da evasão/ocultação.	<b>Ocasional:</b> sucessos pontuais; alto risco de <b>dano colateral</b> e/ou desperdício de munição por identificação insuficiente.	<b>Limitada:</b> precisão no ponto de impacto, mas com atraso frequente (alvo já deslocado) e risco colateral ainda elevado.	<b>Tática:</b> alta eficácia em episódios isolados; dificuldade em produzir efeitos operacionais/estratégicos sustentados.	<b>Alta:</b> nega movimento e destrói alvos críticos com elevada confiabilidade; mitigação de dano colateral por validação robusta.	<b>Cirúrgica:</b> efeitos (cinéticos ou não cinéticos) com risco colateral minimizado; validação automatizada e rastreável.

Fonte: O autor.

### 3.2.5 Compreensão Estrutural do Modelo: A Lógica da Análise

O Modelo de Maturidade em *Time-Sensitive Targeting* (TST) proposto nesta pesquisa foi concebido como uma ferramenta de diagnóstico sistêmico e bidimensional, destinada a avaliar o grau de institucionalização da capacidade TST. Sua finalidade não é apenas mensurar

a presença de componentes isolados — como vetores, sensores ou armamentos —, mas sobretudo a qualidade da integração entre eles.

### 3.2.5.1 Ferramenta de Diagnóstico Sistêmico

O modelo proposto rejeita a armadilha do reducionismo mecanicista — a ideia de que a capacidade militar é um simples somatório de peças técnicas. Em vez disso, adota uma abordagem sistêmica, na qual a capacidade é entendida como um "sistema vivo". Nesses sistemas, o todo não é apenas maior, mas fundamentalmente diferente da soma de suas partes (Bertalanffy, 1968).

Essa abordagem expõe a falácia de avaliar a capacidade de TST de forma fragmentada. Muitas organizações analisam seus componentes de maneira isolada — cada "gaveta" ou departamento por si só — o que em estudos organizacionais é conhecido como "gestão em silos" (Senge, 2006).

O que o modelo busca mensurar, portanto, é o arcabouço integrador que conecta esses elementos "em silo": a doutrina que orienta o emprego, os enlaces de dados que viabilizam o fluxo de informação, o comando e controle que processa decisões e o treinamento que garante fluidez operacional. Ele mede processos, cultura e integração, em vez de inventariar equipamentos.

### 3.2.5.2 Estrutura Bidimensional

Para operacionalizar essa abordagem sistêmica, o modelo utiliza uma matriz de diagnóstico bidimensional. A estrutura é construída a partir de dois eixos complementares, que servem como ferramenta para visualizar a arquitetura do sistema:

- **O Eixo Vertical (Eixos de Análise):** Responde à pergunta "O QUÊ" está sendo avaliado. Representa os nove componentes estruturantes do TST (Doutrina, C2, IVR etc.), que, segundo a abordagem sistêmica, devem operar de forma integrada.
- **O Eixo Horizontal (Estágios de Maturidade):** Responde "QUANTO" cada componente está desenvolvido. Utiliza uma régua de seis níveis progressivos (0 a 5) que vai da inexistência à automação plena.

A intersecção entre esses dois eixos forma uma matriz 9x6. A função desta matriz é mapear o estado atual da capacidade, permitindo a identificação visual de desalinhamentos e lacunas entre os eixos. É a ferramenta que expõe as disparidades de maturidade que serão analisadas a seguir.

### 3.2.5.3 A Lógica do Elo Mais Fraco

A identificação de lacunas operacionais por meio da matriz de maturidade fundamenta-se no princípio do "elo mais fraco", academicamente consolidado pela **Teoria das Restrições** (*Theory of Constraints – TOC*). Proposta por Goldratt (2003), a TOC postula que o desempenho de qualquer sistema complexo, por mais robusto que pareça, é invariavelmente limitado por um pequeno número de restrições específicas, denominadas "gargalos".

Sob essa ótica, a capacidade global de TST de uma força aérea não deve ser compreendida como a média aritmética do desenvolvimento de seus nove eixos analíticos, mas sim como uma resultante nivelada por sua dimensão menos madura. De acordo com essa lógica, o gargalo sistêmico dita o ritmo e a eficácia de todo o conjunto. Hipoteticamente, uma instituição pode dispor de Meios Aéreos e Armamentos no Estágio 4 (como o caça F-39 Gripen e munições de precisão), contudo, se o seu "Tempo Médio do Ciclo" ou sua "Doutrina" permanecerem no Estágio 0 ou 1, estes atuarão como gargalos fatais que restringem o desempenho global. Nesse cenário, a excelência tecnológica dos vetores torna-se subutilizada, uma vez que a capacidade operacional sistêmica permanece em um estágio "incipiente", limitada pela morosidade do processo decisório ou pela ausência de integração normativa.

A materialização desta lógica ocorre por meio do **gráfico de radar** (ou diagrama de teia). Longe de ser um recurso meramente ilustrativo, tal escolha possui caráter estritamente analítico, pois permite visualizar, de forma simultânea e integrada, o desempenho de todos os eixos, expondo a harmonia ou a assimetria do sistema.

Uma configuração gráfica nitidamente **retraída** em direção ao centro nos eixos deficitários evidencia que a modernização tecnológica, quando descolada de avanços nos processos decisórios e no arcabouço doutrinário, é insuficiente para elevar a efetividade operacional sistêmica. Assim, o gráfico de radar consolida-se como um diagnóstico estratégico de precisão: a área preenchida na "teia" representa a capacidade real e sustentável da Força, enquanto as retrações apontam as áreas prioritárias para investimento e reforma institucional. A maturidade real é definida, portanto, não pelo ponto de maior avanço isolado, mas pela superação das restrições impostas pelo componente mais frágil do sistema.

### 3.2.5.4 Efetividade como Medida da Maturidade

Por fim, o modelo se consolida ao conectar sua estrutura à Efetividade — o conceito-chave que norteia toda a dissertação. Neste modelo, Maturidade é a própria medida da

Efetividade. Os Estágios (0-5) não são uma causa da efetividade, mas sim a escala que qualifica o progresso de uma organização em direção à efetividade sistêmica.

A efetividade, portanto, não é um estado binário (ter ou não ter), mas o resultado de um processo evolutivo que ocorre quando os nove eixos atingem o alinhamento (ou "congruência") necessário para que o sistema funcione de forma harmônica (Galbraith, 1995; Nadler; Tushman, 1980). A capacidade TST alcança seu ponto de inflexão nos Estágios 3 e 4, quando o sistema deixa de ser "eficiente em partes" (silos isolados) e passa a ser "efetivo como um todo".

Ou seja, a Força Aérea não será plenamente efetiva por ter caças modernos (avanço em um único eixo), mas por possuir uma rede madura (Estágio 4), onde doutrina, C2, IVR, vetores e armamentos convergem sob um mesmo fluxo temporal e decisório.

### **3.2.6 Atribuição de Estágios de Maturidade aos Conflitos Analisados**

A aplicação dos critérios definidos na tipologia de maturidade ao conjunto das operações militares examinadas neste capítulo permitiu sistematizar, de forma objetiva e comparável, os avanços progressivos da capacidade de TST nas Forças Armadas dos Estados Unidos. Ainda que a estruturação dos estágios de maturidade tenha sido originalmente informada pelas análises empíricas desses mesmos conflitos, o presente movimento analítico — de retorno aos casos à luz da matriz consolidada — não configura uma contradição metodológica. Pelo contrário, trata-se de um procedimento legítimo e amplamente aceito na literatura de métodos qualitativos, especialmente no campo da análise de estudos de caso e da construção de tipologias aplicadas.

Yin (2015) afirma que a generalização analítica pressupõe a constante retroalimentação entre teoria e evidência empírica, sendo desejável que o modelo construído seja testado nos mesmos casos que o inspiraram, desde que haja consistência argumentativa e fundamentação documental. Nesse mesmo sentido, Denzin e Lincoln (2005) defendem a iteração como parte constitutiva do raciocínio qualitativo, permitindo que o pesquisador refine os modelos propostos com base em uma leitura renovada do corpus empírico. Ragin (1987), por sua vez, sustenta que a construção de modelos interpretativos requer simultaneidade entre indução e verificação, o que autoriza a aplicação recursiva da tipologia aos casos de origem, desde que em chave analítica crítica.

Dessa forma, a atribuição de estágios de maturidade aos conflitos analisados, conforme a Tabela 5 e Figura 4, constitui não apenas uma extensão coerente da proposta metodológica

deste trabalho, mas também um reforço à sua validade interna e à aplicabilidade do modelo de avaliação desenvolvido.

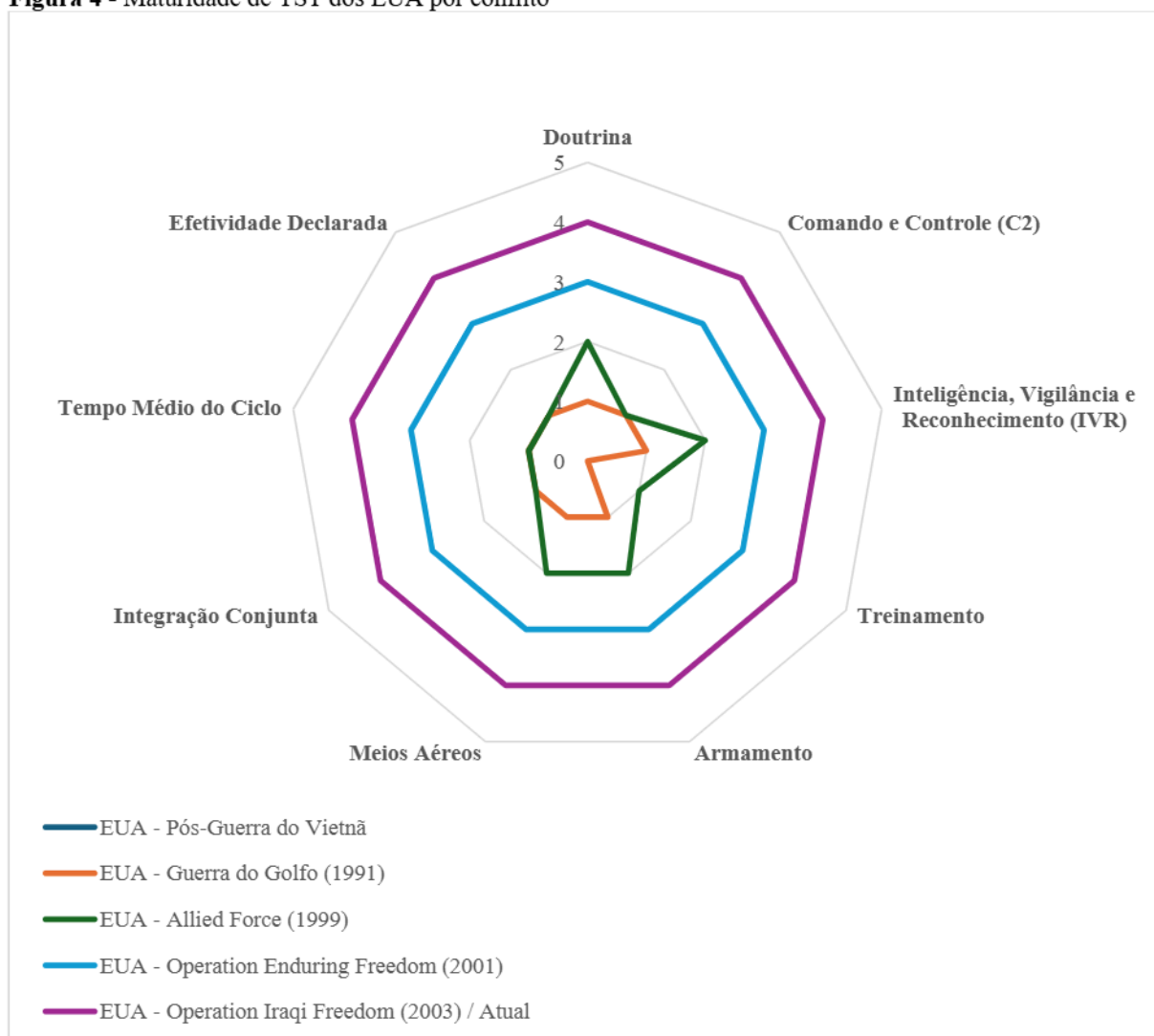
Para orientar a leitura da Tabela 5, é importante esclarecer que os níveis de maturidade adotados neste estudo variam de 0 a 5, correspondendo a diferentes graus de consolidação da capacidade de TST. O Estágio 0 (Inexistente) representa a completa ausência de estrutura doutrinária ou operacional voltada ao engajamento sensível ao tempo; o Estágio 1 (Inicial) marca o reconhecimento embrionário da necessidade dessa capacidade; o Estágio 2 (Em desenvolvimento) indica os primeiros esforços sistemáticos de integração e formalização; o Estágio 3 (Operacional parcial) reflete a existência funcional da capacidade, ainda com limitações estruturais; o Estágio 4 (Maturidade plena) traduz a consolidação doutrinária, tecnológica e organizacional do TST; e o Estágio 5 (Modelo futuro) projeta, de forma prospectiva, a integração automatizada e multidomínio como horizonte de evolução dessa capacidade.

**Tabela 5** - Estágios de Maturidade TST por Conflito.

<b>Eixo de Análise</b>	<b>Pós-Guerra do Vietnã</b>	<b>Guerra do Golfo (1991)</b>	<b>Allied Force (1999)</b>	<b>Operation Enduring Freedom (2001)</b>	<b>Operation Iraqi Freedom (2003) / Atual</b>	<b>Conflitos futuros</b>
Doutrina	0	1	2	3	4	5
Comando e Controle (C2)	0	1	1	3	4	5
IVR	0	1	2	3	4	5
Treinamento	0	0	1	3	4	5
Armamento	0	1	2	3	4	5
Meios Aéreos	0	1	2	3	4	5
Integração Conjunta	0	1	1	3	4	5
Tempo Médio do Ciclo	0	1	1	3	4	5
Efetividade Declarada	0	1	1	3	4	5

**Fonte:** O autor.

**Figura 4** - Maturidade de TST dos EUA por conflito



**Fonte:** O autor.

A análise demonstra que, no período imediatamente posterior à Guerra do Vietnã, os Estados Unidos se encontravam no Estágio 0 – Inexistente de maturidade no TST. Naquele contexto, não havia doutrina específica voltada ao engajamento célere de alvos móveis, nem treinamento ou estruturas integradas de C2 que possibilitassem uma resposta ágil e descentralizada. A doutrina vigente — fundamentada nos princípios da *AirLand Battle* — priorizava o planejamento deliberado e a execução de campanhas aéreas massivas, orientadas sobretudo à destruição de alvos fixos e previsíveis.

Os ciclos de decisão eram longos, fragmentados e fortemente centralizados nas instâncias superiores de comando, o que limitava a capacidade de reação frente a alvos emergentes. A ausência de integração entre sensores, processadores de informação e vetores de ataque impedia qualquer forma de sincronização em tempo real. Como resultado, a relação entre meios empregados e efeitos obtidos era desproporcional, caracterizando uma estrutura

operacional reativa, rígida e ineficiente. O poder aéreo, embora tecnologicamente superior, carecia de mecanismos institucionais e procedimentais que permitissem a transformação rápida de dados em ação militar, permanecendo, assim, em um estágio de maturidade inexistente no que tange à condução de operações sensíveis ao tempo.

A Guerra do Golfo (1991) marcou a transição para o Estágio 1 – Inicial de maturidade no desenvolvimento da capacidade de TST. Esse período foi caracterizado pelo uso ainda limitado de munições guiadas de precisão e pela introdução de plataformas de IVR com capacidade ampliada de coleta e rastreamento, como o E-8 JSTARS. Apesar desses avanços tecnológicos, o planejamento das missões permanecia subordinado ao ciclo tradicional da ATO, com janelas de 72 horas, o que restringia severamente a agilidade do processo decisório frente a alvos móveis e fugazes.

A coordenação entre sensores e vetores de ataque ainda era incipiente e fragmentada, e o *targeting* continuava fortemente centralizado em estruturas de comando hierarquizadas, baseadas em fluxos lineares de informação. Essa rigidez organizacional limitava a capacidade de transformar informação em ação dentro da janela temporal crítica. Ainda assim, o conflito evidenciou, de forma inédita, a necessidade de uma capacidade mais responsiva e integrada, especialmente diante do insucesso na neutralização dos lançadores móveis de mísseis *SCUD*.

Esse episódio tornou-se um marco doutrinário e cognitivo, revelando que a superioridade aérea isolada não garantia a efetividade estratégica. A dificuldade em localizar e atacar alvos móveis em tempo oportuno demonstrou as limitações do modelo deliberativo tradicional e impulsionou a busca por um processo decisório mais dinâmico, interligado e orientado ao tempo. Assim, embora o TST ainda inexistisse como doutrina formal, a Guerra do Golfo inaugurou o debate institucional que viria a moldar sua estrutura conceitual nas décadas seguintes.

A *Operation Allied Force* (1999) representa o ingresso no Estágio 2 – Em desenvolvimento, ainda que de forma assimétrica e parcial. O emprego ampliado de armamentos guiados de precisão, a introdução de veículos aéreos não tripulados (UAVs) voltados à vigilância e a crescente dependência de IVR em tempo quase real indicaram avanços técnicos significativos em relação ao estágio anterior. Esses elementos demonstraram o potencial de integração tecnológica voltada ao engajamento de alvos sensíveis ao tempo, aproximando o poder aéreo de uma estrutura mais dinâmica e responsiva.

Contudo, a natureza multinacional da operação impôs severas restrições à fluidez do processo decisório. O C2 mostrou-se fragmentado e politicamente condicionado, com a validação de alvos submetida a diferentes níveis de aprovação, o que comprometeu a agilidade

e a coerência das ações. A ausência de protocolos padronizados entre as forças da OTAN e a baixa interoperabilidade sistêmica limitaram o aproveitamento pleno das novas capacidades tecnológicas.

Embora o ciclo F2T2EA já fosse conhecido e parcialmente incorporado, sua aplicação prática mostrou-se ineficaz frente à volatilidade do ambiente operacional, revelando a persistência de lacunas organizacionais e doutrinárias. Em síntese, a campanha evidenciou um descompasso entre avanço técnico e maturidade institucional: os meios tornaram-se mais precisos e informados, mas o processo decisório manteve-se lento, dependente de consenso político e vulnerável à dispersão informacional. Assim, ainda que se observasse um ganho técnico expressivo, a efetividade global do emprego do poder aéreo permaneceu aquém do potencial oferecido pelas novas tecnologias.

A consolidação do Estágio 3 – Operacional Parcial ocorre durante a *Operation Enduring Freedom* (2001), TST começa a se institucionalizar como uma doutrina embrionária no âmbito do poder aéreo norte-americano. O conflito marcou uma inflexão significativa: a descentralização do C2 e a delegação de autoridade a níveis táticos passaram a permitir decisões mais ágeis e compatíveis com a natureza dinâmica das operações de contrainsurgência.

O uso operacional de UAVs MQ-1 Predator armados, combinados à integração com as *Special Operations Forces* (SOF), viabilizou engajamentos mais rápidos e precisos, reduzindo o tempo médio do ciclo F2T2EA para poucas horas. Essa sinergia entre vigilância persistente, autoridade descentralizada e capacidade de ataque em tempo oportuno consolidou o TST como um vetor estruturante da manobra aérea moderna, sobretudo em ambientes assimétricos, onde a velocidade e a seletividade do engajamento tornaram-se determinantes do sucesso operacional.

Persistiam, entretanto, limitações institucionais e processuais. As células especializadas nos *Air Operations Centers* (AOCs) operavam sob sobrecarga de demandas e ausência de padronização doutrinária, o que gerava variações nos procedimentos e dependência de competências individuais. A inexistência de um currículo formal de capacitação e de mecanismos uniformes de coordenação interagências restringia o avanço do TST a um conjunto de práticas mais empíricas do que institucionalizadas.

Ainda assim, o estágio representou uma elevação substancial da efetividade operacional: a Força Aérea adquiriu maior capacidade de converter informação em ação dentro da janela crítica, atingindo efeitos táticos relevantes com menor dispêndio de tempo, esforço e recursos. A experiência afegã configurou, portanto, um marco intermediário — a transição entre o

aprendizado experimental e a consolidação doutrinária que se concretizaria nas campanhas subsequentes.

O Estágio 4 — que alcança caráter robusto durante a *Operation Iraqi Freedom* (2003) e se consolida em campanhas subsequentes, como a *Operation Inherent Resolve* (2014–presente) — caracteriza-se pela institucionalização do TST como um sistema integrado de combate. Nesse nível, o processo deixa de ser episódico ou experimental e passa a contar com doutrina consolidada, meios dedicados, operadores treinados e procedimentos padronizados. A convergência entre vigilância persistente (UAVs), capacidade de “re-ataque” em voo, enlaces digitais seguros e plataformas de data fusion reduz o intervalo entre detecção e engajamento para minutos — e, em nichos operacionais maduros, para segundos.

A interoperabilidade real entre sensores, vetores e centros decisórios, associada à delegação calibrada de autoridade tática, permite respostas rápidas e seletivas, elevando significativamente a relação meios/efeitos. O TST, nesse contexto, integra o núcleo das operações conjuntas e multidomínio, ampliando a letalidade discricionária e a capacidade de influência sobre o comportamento adversário. Em termos operacionais, o estágio traduz-se em ganhos palpáveis de desempenho: maior precisão no emprego de armamentos, redução do consumo de recursos por efeito gerado e tempos de ciclo compatíveis com as janelas temporais críticas do combate moderno.

Não obstante esses avanços, a maturidade plena não elimina todas as vulnerabilidades: persistem desafios relativos à sobrecarga informacional, riscos de fricção interagências, limitações legais e éticas no emprego de meios altamente autônomos e a necessidade contínua de atualização doutrinária frente à rápida evolução tecnológica. Mesmo assim, o Estágio 4 representa um salto qualitativo na efetividade do poder aeroespacial, ao transformar capacidades dispersas em um sistema coerente, responsivo e orientado à produção de efeitos estratégicos sustentáveis.

Por fim, o Estágio 5 – Modelo futuro permanece como uma projeção conceitual, representando o horizonte máximo de maturidade da capacidade de *Time-Sensitive Targeting* (TST). Essa categoria especulativa antecipa um sistema plenamente automatizado e cognitivo, baseado na integração entre inteligência artificial, sensores preditivos, armamentos autônomos e redes decisórias distribuídas. Embora alguns de seus componentes já se encontrem em desenvolvimento — como mísseis reprogramáveis, algoritmos preditivos e sistemas de IVR autônomos —, sua consolidação plena ainda depende de avanços doutrinários, tecnológicos e normativos que assegurem governança, interoperabilidade e conformidade jurídica no emprego da força.

Apesar de seu caráter prospectivo, o Estágio 5 não se restringe a uma abstração teórica. Ele funciona como referência estratégica de planejamento, orientando o desenvolvimento de capacidades futuras e a priorização de investimentos em inovação militar. Nessa perspectiva, atingir o modelo futuro significa preparar as forças armadas para operar em ambientes de decisão acelerada, nos quais a antecipação e a velocidade constituem os principais determinantes da superioridade operacional. Ao projetar esse cenário, o modelo oferece diretrizes concretas para a modernização de sistemas de Comando e Controle (C2), a integração de redes informacionais e o fortalecimento da prontidão tecnológica, consolidando a capacidade de transformar dados em ação no menor tempo possível, com alta seletividade e riscos minimizados.

Em síntese, a tipologia de maturidade proposta neste capítulo não apenas descreve os estágios evolutivos do TST ao longo das últimas décadas, mas também constitui um instrumento conceitual e metodológico robusto para diagnosticar capacidades nacionais, orientar políticas de defesa e antecipar tendências da transformação militar. Ao incorporar a noção de efetividade como parâmetro transversal, essa tipologia permite avaliar não apenas a existência da capacidade de TST, mas, sobretudo, o grau em que ela traduz meios em efeitos estratégicos duradouros, com coerência entre doutrina, tecnologia e decisão.

Com base nesse referencial, o capítulo seguinte aplicará esta mesma matriz analítica à realidade brasileira, a fim de responder à questão-problema desta dissertação: qual o estágio atual de maturidade da Força Aérea Brasileira em TST e quais as condições necessárias para sua consolidação?

#### 4 A FORÇA AÉREA BRASILEIRA E A CAPACIDADE DE *TIME-SENSITIVE TARGETING*: UMA APLICAÇÃO DO MODELO ANALÍTICO

Este capítulo tem por objetivo aplicar o modelo analítico de maturidade em *Time-Sensitive Targeting* (TST), desenvolvido no capítulo anterior, à realidade operacional da Força Aérea Brasileira (FAB). A proposta consiste em realizar uma avaliação diagnóstica da capacidade nacional de conduzir operações voltadas ao engajamento oportuno de alvos sensíveis ao tempo, com base nos nove eixos estruturantes apresentados: doutrina, comando e controle (C2), inteligência, vigilância e reconhecimento (IVR), treinamento, armamento, meios aéreos, integração conjunta, tempo médio do ciclo e efetividade declarada.

A análise parte da realidade observada em diferentes conflitos contemporâneos, segundo a qual a capacidade de empregar o TST de forma eficaz requer a convergência entre elementos doutrinários, organizacionais, tecnológicos e operacionais. A mera posse de armamentos ou vetores modernos não garante maturidade nesse tipo de operação; é necessário, sobretudo, que os sistemas estejam integrados, que os processos operem de maneira contínua e interoperável, e que a cultura organizacional favoreça a agilidade decisória e a coordenação em tempo real.

Dessa forma, o presente capítulo realiza uma leitura crítica da estrutura e dos processos da FAB, com base em documentos oficiais, diretrizes institucionais, estudos acadêmicos e evidências empíricas disponíveis. O objetivo é posicionar a Força dentro da escala de maturidade proposta, identificando seu estágio atual e, conseqüentemente, as lacunas que ainda limitam o pleno desenvolvimento da capacidade nacional de TST.

Essa abordagem permite, por um lado, uma comparação sistemática entre o caso brasileiro e os referenciais internacionais consolidados. Por outro, tem como produto científico a **aplicação** do modelo comparativo de maturidade em TST, que foi desenvolvido e detalhado ao longo da pesquisa. Enquanto o modelo em si constitui a principal ferramenta metodológica do estudo — oferecendo uma estrutura analítica capaz de mensurar o grau de desenvolvimento doutrinário, organizacional e tecnológico de uma força aérea —, a **análise diagnóstica** resultante de sua aplicação à FAB constitui o principal resultado deste capítulo.

Ao final do capítulo, serão apresentados os resultados consolidados da aplicação desse modelo à Força Aérea Brasileira, os quais servirão de base para as considerações finais e para a formulação de recomendações estratégicas voltadas ao aperfeiçoamento futuro da capacidade nacional de TST.

#### 4.1 DOCTRINA

A evolução doutrinária da Força Aérea Brasileira (FAB) reflete um esforço contínuo de adaptação às transformações do ambiente estratégico, aos avanços tecnológicos e às exigências da guerra contemporânea. Desde sua fundação em 1941, a FAB buscou consolidar um corpo doutrinário próprio, inicialmente inspirado em experiências externas, como a norte-americana, mas gradualmente adaptado às especificidades nacionais (Brasil, 1941, 2020c).

A trajetória da doutrina aeroespacial brasileira tem como marco inaugural a publicação da primeira Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (DCA 1-1), em 1958, a qual já reconhecía o poder aéreo como instrumento essencial do poder nacional (Brasil, 1958). Ainda que a terminologia vigente à época se restringisse ao conceito de poder aéreo, o documento já continha o embrião da atual concepção de poder aeroespacial, ao delinear elementos estruturantes — então denominados “constitutivos” — que ultrapassavam a dimensão estritamente militar e abrangiam a aviação civil, a infraestrutura aeronáutica e a indústria correlata.

As versões posteriores da DCA 1-1, notadamente as de 1975, 1990, 1997, 2005 e 2012, consolidaram e expandiram esses fundamentos, incorporando temas como dissuasão estratégica, interdependência entre os níveis de guerra, operações conjuntas e, finalmente, a adoção explícita do conceito de poder aeroespacial. Na edição vigente, DCA 1-1, esses “constitutivos” foram ampliados e passaram a ser definidos como instrumentos constitutivos, incluindo, além dos já existentes, o componente de recursos humanos, reafirmando a natureza abrangente e integrada do poder aeroespacial brasileiro (Brasil, 1975, 1990, 1997, 2005, 2012, 2020c, 2020d).

A edição mais recente da DCA 1-1, publicada em 2024, representa o ápice desse processo evolutivo, ao consolidar os princípios de guerra multidomínio, interoperabilidade, superioridade informacional e projeção do poder nacional por meio de operações orientadas por capacidades e efeitos (Brasil, 2024a). Contudo, apesar de sua abrangência conceitual, a DCA 1-1/2024 não incorpora expressamente o conceito de TST, tampouco apresenta referências ao ciclo F2T2EA (*Find, Fix, Track, Target, Engage, Assess*), que estrutura o processo decisório e operacional de engajamento de alvos sensíveis ao tempo nas doutrinas norte-americanas (Estados Unidos, 2021a).

A ausência de menção direta ao *Time-Sensitive Targeting* (TST) ou a expressões equivalentes — como “alvos de oportunidade” ou “engajamento sob pressão temporal” — evidencia uma lacuna normativa na doutrina de mais alto nível da FAB. Tal omissão não deve

ser interpretada como sinal de irrelevância do tema, mas como resultado da estrutura da própria DCA 1-1, que privilegia a exposição de fundamentos estratégicos amplos, delegando os desdobramentos operacionais e táticos a documentos complementares.

Ainda assim, considerando a crescente centralidade do engajamento oportuno de alvos no contexto das operações aéreas contemporâneas, seria pertinente que futuras revisões da DCA 1-1 incorporassem, ao menos em nível conceitual, referências ao TST como uma das expressões da agilidade e da responsividade do poder aeroespacial. Essa inclusão reforçaria a aderência da doutrina nacional às tendências internacionais e à necessidade de sincronização entre decisão, comando e ação — aspectos indispensáveis à condução de operações multidomínio e ao fortalecimento da prontidão operacional da Força.

Nos níveis doutrinários subordinados, observa-se um avanço recente no tratamento do tema. Em 2025, foi editado o Volume 3 do Manual de Planejamento e Condução de Operações Aeroespaciais (MPCOA), que aborda, pela primeira vez, o conceito de Alvo Sensível ao Tempo (AST) — equivalente nacional ao *Time-Sensitive Target* (TST) — no contexto do planejamento e da condução de operações aeroespaciais (Brasil, 2025).

Por se tratar de material de caráter restrito e não disponibilizado ao público, seu conteúdo não foi objeto de análise direta nesta pesquisa. Todavia, a mera existência dessa publicação e a introdução formal do conceito de AST evidenciam que o tema começa a ser incorporado, ainda que de forma incipiente, ao arcabouço doutrinário da FAB. Esse movimento representa um marco inicial no processo de adaptação conceitual da Força às exigências do combate moderno, aproximando-se gradualmente das práticas observadas em forças aéreas estrangeiras que já consolidaram o emprego do TST.

Ainda que tal doutrina se encontre em estágio embrionário, sua inclusão em documentos recentes confirma a tendência institucional de reconhecer a relevância do engajamento sob restrição temporal, o que reforça a necessidade de que futuras revisões da DCA 1-1 e de seus desdobramentos operacionais consolidem esse conceito de forma estruturada e interoperável.

Em contraste, a Doutrina de Operações Conjuntas do Ministério da Defesa (Brasil, 2020e, f) permanece silente quanto ao TST ou a seus equivalentes conceituais. Esse silêncio evidencia que o avanço doutrinário relacionado aos Alvos Sensíveis ao Tempo ainda se restringe ao escopo da Força Aérea Brasileira, sem alcançar a necessária abrangência interforças. A ausência de diretrizes conjuntas compromete a consolidação de uma cultura operacional integrada voltada ao TST, especialmente nos aspectos de interoperabilidade, sincronização de esforços e compartilhamento de informações entre as Forças.

Diante desse panorama, o estágio doutrinário da FAB em relação ao TST pode ser classificado como “em desenvolvimento”. O reconhecimento institucional do conceito de AST em documento operacional recente representa um avanço significativo e um marco inicial na internalização da lógica do TST. Todavia, tal progresso ainda se mostra insuficiente para caracterizar maturidade doutrinária plena. A inexistência de normatização específica nos níveis superiores — como a DCA 1-1 e a Doutrina de Operações Conjuntas — e a ausência de detalhamento tático-operacional que oriente o ciclo decisório e a integração com outros componentes impedem a consolidação de uma doutrina funcional e coerente para o engajamento de alvos emergentes.

É fundamental ressaltar, contudo, que esta análise se baseia nas limitações impostas pelo caráter restrito do MPCOA (Brasil, 2025), cujo conteúdo não pôde ser diretamente avaliado. É plausível supor que o detalhamento interno desse documento possa conter avanços táticos e processuais não refletidos em fontes públicas. Portanto, a classificação 'Em desenvolvimento' (Estágio 2) deve ser entendida como uma avaliação conservadora, baseada em evidências não restritas. Uma análise futura, conduzida em foro adequado e com acesso a esse material, poderia reavaliar esta pontuação, potencialmente elevando-a, caso se constate um maior alinhamento interno com os preceitos do TST.

Estágio atribuído: 2 – Em desenvolvimento

Justificativa: A FAB avançou conceitualmente com a introdução formal do conceito de AST no Volume 3 do MPCOA (Brasil, 2025), o que por si só evidencia o reconhecimento institucional do tema. Contudo, a ausência de integração doutrinária com a DCA 1-1/2024 e com a Doutrina Conjunta, somada à falta de protocolos táticos públicos, revela um processo ainda incipiente e em fase de amadurecimento, alinhado ao Estágio 2.

## 4.2 COMANDO E CONTROLE

A Força Aérea Brasileira dispõe de uma estrutura consolidada de Comando e Controle (C2), orientada para a condução de operações em tempo de paz, crise ou conflito. Essa estrutura é composta por um conjunto de sistemas e órgãos distribuídos em níveis estratégicos, operacionais e táticos, com destaque para os Centros de Operações Aéreas (COA), o Centro de Operações Espaciais (COPE), o Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA) e o

Comando de Operações Aeroespaciais (COMAE), órgão responsável pela coordenação e execução das operações aeroespaciais em tempo real (Brasil, 2020a).

Em situação de emprego real do poder militar, conforme definido na Doutrina de Operações Conjuntas do Ministério da Defesa (MD 30-M-01, Vol. 1 e 2), a ativação do poder aeroespacial se dá no âmbito de uma operação conjunta, conduzida por um Comando Conjunto (CCj), subordinado diretamente ao Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas (EMCFA). Esse Comando Conjunto é responsável pela articulação das forças componentes — terrestre, naval e aérea — no Teatro de Operações (TO) estabelecido. A Força Aérea Componente (FAC), por sua vez, assume a responsabilidade pelo planejamento e emprego dos meios aeroespaciais sob coordenação direta do Comando Conjunto (Brasil, 2020b).

No interior da FAC, é ativado o Centro de Operações Aéreas Combinadas (CAOC), estrutura responsável pelo gerenciamento centralizado das missões aéreas em curso. De acordo com o Manual de Planejamento e Condução de Operações Aeroespaciais (Brasil, 2025), esse CAOC poderá contar com uma Célula de Alvos Dinâmicos (CAD), cuja finalidade é conduzir o processo de identificação, priorização, vetoração e engajamento de alvos emergentes em tempo reduzido — ou seja, realizar *Time-Sensitive Targeting*.

Essa cadeia de acionamento, embora bem estruturada em termos de atribuições institucionais, encontra entraves significativos no que diz respeito à capacidade prática de execução. A FAB ainda carece de meios técnicos robustos de telecomunicação e transmissão de dados capazes de sustentar, em tempo real, a integração entre sensores, decisores e vetores de ataque. Não há, por exemplo, sistemas nacionalmente desenvolvidos com funcionalidade equivalente ao *Joint Automated Deep Operations Coordination System* (JADOCs) ou ao *Theater Battle Management Core System* (TBMCS), utilizados pela USAF para integrar dados IVR, decisões táticas e vetoração de armas em ambientes fluidos.

Além disso, a estrutura atual não dispõe de enlaces táticos criptografados de alta velocidade e baixa latência, nem de redes seguras de compartilhamento automático de inteligência entre unidades, o que compromete a execução célere do ciclo F2T2EA. A delegação de autoridade para engajamento — prática comum em doutrinas maduras de *targeting* dinâmico — também não se encontra normatizada nos documentos da FAB ou do Ministério da Defesa, permanecendo, na prática, sob forte centralização hierárquica.

Outro fator limitante refere-se à carência de sistemas de apoio à decisão baseados em inteligência artificial, análise preditiva ou integração multidomínio, o que torna o processo de *targeting* altamente dependente da atuação humana em todas as suas etapas. Esse modelo, embora confiável sob a lógica deliberativa, revela-se ineficiente diante da exigência de resposta

imediatas a oportunidades operacionais efêmeras, como as representadas pelos alvos sensíveis ao tempo.

Em síntese, a cadeia de acionamento do poder aeroespacial no Brasil está claramente definida no plano doutrinário, com responsabilidades bem distribuídas entre o EMCFA, o Comando Conjunto e a FAC. Contudo, a ausência de ferramentas tecnológicas compatíveis, de protocolos operacionais consolidados e de uma infraestrutura de telecomunicações segura e interoperável inviabiliza, na prática, a execução eficiente de operações sob lógica de TST.

Estágio atribuído: 2 – Em desenvolvimento

Justificativa: A cadeia de comando para o engajamento de alvos dinâmicos está delineada com clareza na doutrina brasileira, e a previsão da Célula de Alvos Dinâmicos no interior da FAC representa um avanço importante. No entanto, a carência de sistemas de C2 interoperáveis, enlaces táticos seguros e ferramentas de apoio à decisão limita severamente a capacidade de transformar essa arquitetura formal em efetividade operacional.

#### 4.3 INTELIGÊNCIA, VIGILÂNCIA E RECONHECIMENTO

As funções de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR) constituem o alicerce informacional das operações aéreas modernas, especialmente no contexto do *Time-Sensitive Targeting* (TST), em que a detecção, correlação e disseminação tempestiva das informações são condições indispensáveis ao êxito da missão. No caso da Força Aérea Brasileira (FAB), observam-se avanços pontuais nesse campo, sobretudo com a modernização de plataformas de sensoriamento, a criação de centros de análise especializados e o desenvolvimento de enlaces táticos nacionais. Apesar disso, persistem limitações estruturais, tecnológicas e doutrinárias que ainda distanciam a Força de um modelo plenamente integrado e responsivo às exigências do engajamento sensível ao tempo.

No plano institucional, a atividade de inteligência é conduzida principalmente pelo Centro de Inteligência da Aeronáutica (CIAER) e pelo Comando de Operações Aeroespaciais (COMAE), em estreita coordenação com os esquadrões de reconhecimento e vigilância, notadamente aqueles que operam as aeronaves R-99 (nas versões *Airborne Early Warning and Control* – AEW&C – e *Synthetic Aperture Radar* – SAR) e os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) da família Hermes (RQ-450 e RQ-900). Essas plataformas fornecem subsídios relevantes ao monitoramento de fronteiras, à vigilância do espaço aéreo e ao apoio à decisão

estratégica. Contudo, a estrutura de IVR da FAB ainda apresenta forte vinculação ao ciclo deliberativo tradicional, com lacunas notórias em termos de persistência de vigilância, fusão automatizada de dados e disseminação em tempo real.

O próprio conceito de Alvo Sensível ao Tempo (AST) pressupõe uma lógica de vigilância contínua, atualização dinâmica e integração direta com os sistemas de Comando e Controle (C2). Essa integração exigiria sensores persistentes, enlaces de comunicação seguros e protocolos de validação de alvos dentro da janela crítica de decisão. Contudo, essa lógica operacional — inerente ao próprio TST — ainda não se encontra institucionalizada na rotina informacional da Força Aérea Brasileira.

Entre os principais entraves à consolidação de uma capacidade IVR orientada ao tempo, destacam-se:

- Ausência de constelação de satélites militares próprios, mantendo-se a dependência de satélites civis, como o SGDC e os Amazônia-1/2, e de parcerias internacionais;
- Baixa integração entre sensores heterogêneos, sem uma arquitetura unificada de fusão de dados provenientes de VANTs, aeronaves tripuladas, radares fixos e móveis, imagens orbitais e fontes humanas (HUMINT);
- Inexistência de ferramentas automatizadas de correlação e alerta, baseadas em inteligência artificial, o que reduz a velocidade e a confiabilidade na detecção e priorização de alvos;
- Carência de enlaces táticos plenamente interoperáveis e seguros, capazes de transmitir dados processados diretamente às células decisórias e aos vetores de ataque dentro da janela crítica;
- Descontinuidade da vigilância em regiões sensíveis, como o interior do território nacional e a fronteira amazônica, onde a atuação de grupos ilícitos transnacionais demanda engajamento oportuno e seletivo.

No campo tecnológico, a evolução dos sistemas de enlace de dados táticos representa o avanço mais concreto da FAB na integração informacional. O Link-BR1, introduzido em 2009, proporcionou um salto qualitativo na consciência situacional de controladores e pilotos ao permitir a troca segura de informações entre aeronaves e centros de controle. De acordo com Motta e Sol (2016), o emprego do Link-BR1 no âmbito do CINDACTA IV elevou significativamente o nível de consciência situacional dos operadores, ampliando a capacidade de controle e resposta. Os autores, contudo, apontam limitações quanto à taxa de transferência e à complexidade operacional, que restringiam o uso do sistema em ambientes dinâmicos e de

múltiplas ameaças, evidenciando a necessidade de evolução para uma arquitetura mais automatizada.

Com base nessa experiência, a FAB iniciou o desenvolvimento do Link-BR2, sistema nacional de enlace de dados táticos com capacidade ampliada de integração entre plataformas aéreas, terrestres e navais. O projeto, conduzido em parceria com a AEL Sistemas, atingiu a fase final de integração em 2024, com resultados expressivos obtidos durante a Operação IRIS 2024, sob coordenação do Instituto de Pesquisas e Ensaios em Voo (IPEV) (Brasil, 2024b). Conforme análise de Campos Júnior (2020), o Link-BR2 constitui um marco de soberania tecnológica e interoperabilidade, representando um passo decisivo para a consolidação de uma arquitetura centrada em rede, embora ainda enfrente desafios financeiros, doutrinários e de padronização entre as Forças Singulares.

Esse diagnóstico é corroborado por publicações oficiais (Brasil, 2022, 2024b), o Link-BR2 tem potencial para elevar o nível de interoperabilidade e a consciência situacional compartilhada, promovendo maior integração entre sensores e sistemas de comando. A imprensa especializada também destaca que o sistema ainda não está plenamente certificado para emprego operacional e requer validação conjunta em múltiplas plataformas, especialmente no contexto do *targeting* dinâmico (Defesa Aérea & Naval, 2024; SAAB, 2023).

No que se refere à vigilância territorial, o Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM) e os Centros Integrados de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo (CINDACTAs) constituem os principais vetores de monitoramento do espaço aéreo nacional. A literatura acadêmica e militar é consistente ao definir o escopo do SIVAM/SIPAM: o sistema foi concebido como um mecanismo de vigilância, focado no monitoramento ambiental e territorial (Cardoso, 2008; Rodrigues *et al.*, 2016). Sua finalidade é voltada essencialmente à coleta, integração de dados estratégicos e sensoriamento remoto, funcionando como uma estrutura de observação e apoio à defesa, mas sem funções ofensivas diretas, como a designação de alvos (Cardoso, 2008).

Adicionalmente, operações recentes na Amazônia — como a Operação Ostium — reforçam o caráter reativo e defensivo da atuação da FAB no campo de IVR, priorizando o controle do espaço aéreo e a interceptação de tráfego ilícito, em detrimento de ações ofensivas de *targeting* dinâmico (Brasil, 2021). Assim, embora a integração entre o SIPAM, os CINDACTAs e o COMAE tenham ampliado a cobertura de vigilância e o fluxo de informações estratégicas, ela ainda não representa uma arquitetura de *targeting* dinâmico, permanecendo voltada à defesa e ao policiamento do espaço aéreo.

Mesmo as plataformas mais modernas — como o R-99 e o F-39 Gripen, equipadas com sensores de alta performance e enlaces compatíveis com o Link-BR2 — ainda não operam

dentro de uma arquitetura nacional de *targeting* dinâmico plenamente integrada. As informações coletadas passam por múltiplos níveis de validação e análise até serem convertidas em ação, o que compromete o princípio da agilidade, elemento central do TST.

Em síntese, a FAB dispõe de meios tecnicamente relevantes e de iniciativas promissoras — como o Link-BR2, o fortalecimento do SIPAM e a integração COMAE–CINDACTAs —, mas ainda carece de integração, automação e persistência para sustentar uma arquitetura IVR compatível com as exigências do TST. A ausência de sensores dedicados, sistemas de fusão automática e disseminação em tempo real compromete não apenas a detecção de alvos emergentes, mas também a capacidade de atuação dentro da janela crítica de engajamento.

Estágio atribuído: 1 – Inicial

Justificativa: Apesar de avanços institucionais e tecnológicos, a FAB ainda não dispõe de um sistema de IVR integrado, persistente e orientado ao tempo. A inteligência é processada de forma centralizada e deliberativa, com integração limitada às estruturas de engajamento em tempo real, o que inviabiliza a execução completa do ciclo TST.

#### 4.4 TREINAMENTO

O treinamento é componente essencial na formação e manutenção da prontidão operacional, especialmente quando se trata de capacidades que exigem elevada coordenação interagências e resposta em tempo reduzido, como TST. No contexto da Força Aérea Brasileira (FAB), diversos exercícios têm sido conduzidos para o adestramento de suas unidades em operações complexas e multifuncionais, incluindo, em alguns casos, o engajamento simulado de alvos móveis ou fugazes.

O COMAEX, conduzido sob coordenação do Comando de Operações Aeroespaciais (COMAE), constitui o principal exercício de nível estratégico da FAB, com ênfase em Comando e Controle (C2). Trata-se de uma simulação computacional voltada à capacitação dos Estados-Maiores e das estruturas decisórias em cenários de conflito aeroespacial, sem, contudo, envolver unidades aéreas reais nem esquadrões operacionais (Brasil, 2023a).

Por sua vez, exercícios como o EXCON Tápio, o Escudo-Tínia e a CRUZEX envolvem o emprego real de aeronaves, tropas e armamentos simulados, permitindo o adestramento das unidades de combate em missões do tipo COMAO (*Composite Air Operations*), ações de apoio aéreo aproximado (CAS), reconhecimento armado, busca e salvamento em combate (CSAR),

além de operações especiais e integradas com forças terrestres (Brasil, 2023b, c, d, e). Tais exercícios simulam cenários de elevada complexidade tática, com inserção de ameaças móveis e exigência de resposta coordenada entre vetores distintos.

Ainda que esses treinamentos representem avanços importantes, observa-se que eles ocorrem de forma compartimentalizada. O COMAEX, por exemplo, não se articula diretamente com os esquadrões e unidades operacionais envolvidas nos exercícios de campo. Da mesma forma, os treinamentos com emprego real se concentram nos níveis táticos, sem que o ciclo completo de decisão e engajamento, característico do TST, seja exercitado de forma integrada entre os níveis estratégico, operacional e tático.

Essa fragmentação compromete a simulação plena do processo F2T2EA, cuja efetividade depende não apenas da ação pontual do piloto ou da plataforma de ataque, mas, principalmente, da agilidade e precisão do ciclo decisório conduzido pelo Centro de Operações Aéreas Combinadas (CAOC). Como estabelece a doutrina norte-americana, é o CAOC que concentra as funções críticas do *targeting* dinâmico, sendo responsável por consolidar os dados de sensores, autorizar o ataque e realizar a vetoração dos vetores em tempo sensível (Estados Unidos, 2021a).

Nesse sentido, deve-se destacar que, embora haja simulações pontuais de alvos fugazes nos treinamentos da FAB, os cenários são geralmente controlados e previsíveis, o que mitiga o desafio inerente à natureza inopinada e volátil dos verdadeiros *Time-Sensitive Targets*. A inexistência de um programa sistêmico de treinamento que una os níveis de planejamento, decisão e execução constitui uma lacuna relevante para a consolidação dessa capacidade.

Estágio atribuído: 2 – Em desenvolvimento.

Justificativa: A FAB realiza treinamentos táticos avançados que simulam, de forma parcial, elementos do engajamento de alvos móveis e emergentes. No entanto, a ausência de integração entre os níveis estratégicos e operacionais, a previsibilidade dos cenários e a falta de exercícios completos envolvendo o ciclo F2T2EA limitam a maturação da capacidade TST.

#### 4.5 ARMAMENTO

A Força Aérea Brasileira (FAB) emprega atualmente um conjunto diversificado de munições convencionais e guiadas de precisão. Entre os armamentos fabricados nacionalmente, destacam-se a BLG-120 (bomba de fragmentação), a BAFG-230 (alto explosivo) e a BINC

(incendiária). No campo das munições guiadas, a FAB já incorporou a bomba *Lizard*, com sistema de guiamento a laser integrada à plataforma A-1M, e está em processo de aquisição de kits *SPICE* (*Smart, Precise Impact and Cost-Effective*), desenvolvidos pela empresa israelense Rafael, os quais conferem capacidade de correção inercial e eletro-óptica a bombas convencionais, com previsão de integração ao F-39E Gripen (Elbit Systems, 2022; IISS, 2024).

Apesar dos avanços representados por essas tecnologias, é necessário distinguir suas capacidades operacionais em relação aos armamentos empregados em doutrinas consolidadas de TST. A bomba *Lizard*, por exemplo, depende da iluminação contínua do alvo por designador a laser, o que restringe seu uso a condições meteorológicas favoráveis e à existência de linha de visada direta. Em contraste, a *JDAM* (*Joint Direct Attack Munition*) combina guiamento inercial com correção por GPS, possibilitando lançamentos em qualquer condição climática, com elevada flexibilidade operacional. No entanto, apresenta limitações relevantes: sua precisão depende da integridade do sinal GPS, o que a torna vulnerável a interferências eletrônicas, além de não dispor de guiamento terminal, o que a torna inadequada para o engajamento de alvos móveis (Estados Unidos, 2021c). Já o míssil *AGM-114 Hellfire*, amplamente utilizado por UAVs e helicópteros, possui guiamento terminal ativo, designação remota e capacidade de re-ataque, sendo especialmente indicado para alvos emergentes e de alta mobilidade.

Nesse sentido, a FAB possui armamentos tecnologicamente avançados, mas que ainda não estão inseridos em uma arquitetura de *targeting* dinâmico capaz de sustentar engajamentos sob pressão temporal. Não há vetoração digital em tempo real, protocolos de engajamento ágeis ou integração sistêmica entre sensores, decisores e vetores.

Estágio atribuído: 2 – Em desenvolvimento.

Justificativa: A FAB possui armamentos de precisão e meios aéreos com elevado potencial, mas carece de uma estrutura operacional que permita sua aplicação dentro da lógica do TST. A ausência de integração sistêmica e de doutrina específica limita sua aplicabilidade em cenários que demandam decisões rápidas e engajamentos oportunos.

#### 4.6 MEIOS AÉREOS

A Força Aérea Brasileira (FAB) dispõe de um conjunto diversificado de vetores aéreos de combate, que variam em capacidade de emprego, grau de modernização e interoperabilidade.

De acordo com o *The Military Balance 2024*, a FAB opera aproximadamente 56 unidades do A-29 Super Tucano, 33 F-5EM/FM modernizados, 43 A-1M (AMX) e dá início à introdução progressiva da frota de F-39E Gripen, com cinco aeronaves recebidas até o final de 2023 e novas incorporações previstas para os anos subsequentes (IISS, 2024, p. 416).

No domínio de vigilância, controle e guerra eletrônica, a FAB mantém plataformas de elevada importância estratégica, como o R-99, empregado nas funções de Alerta Aéreo Antecipado (AEW&C), Reconhecimento Eletrônico (ELINT) e Comando e Controle (C2), além do RQ-900 Hermes, veículo aéreo não tripulado de longo alcance com capacidades de IVR. Essas aeronaves, em termos de potencial técnico, constituem a espinha dorsal da consciência situacional da FAB e oferecem condições mínimas para integração em redes táticas e vetoração de ataques de precisão, elementos indispensáveis ao ciclo F2T2EA (, característico do TST.

Essa competência técnica foi demonstrada ainda em 2003, quando uma aeronave R-99 participou de uma operação multinacional no Peru, fornecendo dados e imagens em tempo quase real que contribuíram para a libertação de reféns sequestrados por insurgentes locais (Folha de S. Paulo, 2003). O episódio evidenciou a maturidade tecnológica dos sensores e da tripulação brasileira, mas também revelou o caráter essencialmente informacional do emprego, voltado ao apoio de vigilância e controle, e não ao engajamento direto — o que reforça a ausência, ainda à época, de uma doutrina consolidada de *targeting* dinâmico.

Apesar do emprego bem-sucedido de tais meios, não há evidências públicas de que a FAB disponha atualmente de uma arquitetura sistêmica integrada capaz de conectar, em tempo real, sensores, decisores e plataformas de ataque para o engajamento célere de alvos emergentes. A ausência de um enlace de dados tático interoperável que permita o fluxo contínuo e automatizado de informações entre os sistemas de IVR, o Comando e Controle (C2) e as aeronaves de ataque ainda limita a agilidade do processo decisório e o tempo de resposta operacional.

Fontes oficiais (Brasil, 2024) indicam que o Link-BR2, ainda em fase de certificação, deverá suprir parte dessa lacuna ao ampliar a conectividade e a consciência situacional entre plataformas aéreas e centros de comando. Todavia, até que o sistema seja operacionalizado em larga escala e plenamente integrado ao Gripen, ao R-99 e às demais aeronaves de ataque, o ciclo de *targeting* da FAB permanece predominantemente deliberativo e centralizado, sem atingir a simultaneidade e a fluidez requeridas pelo TST.

A introdução do F-39E Gripen representa, sob o ponto de vista técnico, um divisor de águas. Trata-se de uma aeronave multifuncional de quarta geração avançada, equipada com

radar AESA (*Active Electronically Scanned Array*), enlace de dados criptografado, capacidade de operação em guerra centrada em rede e apta ao emprego de armamentos guiados de precisão. A plataforma incorpora sistemas de comunicação e missão abertos, projetados para integração futura com o Link-BR2, o que potencializa sua adequação ao conceito de *targeting* dinâmico.

Conforme análise de Campos Júnior (2020), o aproveitamento pleno do potencial do Gripen depende da sinergia entre meios, doutrina e infraestrutura C2, visto que a simples posse de tecnologia não implica automaticamente capacidade operacional de TST. Para que esse vetor desempenhe seu papel dentro de um ciclo decisório encurtado, é imprescindível a existência de protocolos de engajamento padronizados, enlaces compatíveis com o fluxo F2T2EA e sistemas de apoio à decisão automatizados.

De modo convergente, Motta e Sol (2016) destacam que a eficiência operacional de plataformas aéreas depende não apenas da performance individual dos sensores, mas também da existência de enlaces confiáveis e processos integrados de compartilhamento de dados em tempo sensível. Enquanto os atuais sistemas de enlace nacionais não atingirem maturidade plena e interoperabilidade ampla, a FAB permanecerá limitada em sua capacidade de empregar seus vetores dentro de uma estrutura de *targeting* dinâmico plenamente funcional.

Em síntese, a FAB possui vetores de combate modernos e tecnologicamente compatíveis com o emprego em operações de TST, especialmente com a introdução do Gripen e a operação das aeronaves R-99/E-99. Todavia, a ausência de integração operacional entre sensores, enlaces táticos e sistemas de Comando e Controle, bem como a inexistência de doutrina específica de *targeting* dinâmico, compromete sua prontidão e reduz a eficácia de sua atuação nesse eixo de capacidade.

Estágio atribuído: 2 – Em desenvolvimento

Justificativa: A Força Aérea Brasileira dispõe de meios aéreos de alta performance e em constante processo de modernização — notadamente o Gripen e as plataformas R-99/E-99 — que oferecem potencial compatível com o emprego em operações de TST. No entanto, a ausência de integração entre sensores, C2 e vetores de ataque, a carência de sistemas de enlace interoperáveis e a falta de protocolos de *targeting* dinâmico ainda limitam a maturidade operacional desse eixo de capacidade.

#### 4.7 INTEGRAÇÃO CONJUNTA

A integração conjunta figura como princípio basilar da Estratégia Nacional de Defesa (END) e foi reafirmada nas reorganizações institucionais que sucederam à criação do Ministério da Defesa. Desde a END de 2008, as diretrizes nacionais passam a enfatizar a necessidade de coordenação orgânica entre as Forças para o emprego coerente dos meios de defesa (Brasil, 2008). A institucionalização do Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas (EMCFA), prevista na legislação recente, visou precisamente dotar o país de capacidade de planejamento e comando integrados, reduzindo a fragmentação histórica do planejamento entre as Forças (Brasil, 2010).

A publicação e atualização da Doutrina de Operações Conjuntas consolidaram um quadro conceitual destinado a orientar o planejamento e o emprego conjunto de forças. Embora a doutrina Brasil (2020e, 2020f) estabeleça fundamentos e organogramas para a atuação integrada, o modelo operacional brasileiro ainda conserva características predominantemente ad hoc — ativação de Comandos Operacionais Conjuntos em situações específicas — o que limita a continuidade e a institucionalização de práticas interforças de caráter permanente (Pereira, 2024).

No âmbito desses arranjos, a Força Aérea Brasileira (FAB) atua formalmente como Força Aérea Componente (FAC) no âmbito de Comandos Conjuntos, cabendo-lhe planejar e empregar meios aeroespaciais sob a coordenação do EMCFA. Estruturas como o Centro de Operações Aéreas Combinadas (CAOC) constituem o nó de comando e controle para o emprego aéreo integrado e, em concepção doutrinária, podem abrigar células voltadas ao tratamento de alvos que exigem resposta expedita — ainda que essa previsão, na prática, não esteja plenamente operacionalizada e validada em ambiente conjunto. A existência de tal previsão doutrinária representa um avanço conceitual relevante, na medida em que reconhece a necessidade de integrar capacidades aéreas ao ciclo de decisão dinâmico; contudo, a sua materialização depende de infraestrutura digital, protocolos interoperáveis e procedimentos de delegação de autoridade que ainda não se encontram consolidados.

A participação da FAB em operações e exercícios interforças — como Ágata, Amazônia, Poseidon, Escudo-Tínia, CRUZEX, COMAEX e EXCON Tápio — revela um padrão crescente de coordenação e troca de procedimentos entre as Forças (Brasil, 2023a, b, c, d, e). Tais eventos são instrumentos essenciais de adestramento e experimentação, permitindo testar fluxos de informações, procedimentos de missão e capacidades de C2 em cenários complexos. Ademais, iniciativas de modernização tecnológica, notadamente voltadas a enlaces e redes táticas (p. ex. projetos de datalink nacional), sinalizam esforços para reduzir lacunas de conectividade e consciência situacional entre plataformas e centros de decisão.

Não obstante esses avanços, persistem entraves técnico-operacionais e culturais que comprometem a operacionalização de um fluxo de *targeting* conjunto em tempo sensível. Em primeiro lugar, observa-se a ausência, em escala nacional, de uma arquitetura digital interoperável e resiliente que permita o compartilhamento automático e contínuo de informações entre sensores, centros de decisão e vetores de ataque — condição necessária para o emprego coordenado de alvos emergentes. Em segundo lugar, faltam protocolos padronizados de delegação de autoridade e mecanismos claros para vetoração expedita, o que retarda decisões críticas em janelas temporais reduzidas. Em terceiro lugar, a transformação cultural necessária para que os operadores das três Forças adotem rotinas de “*jointness*” permanente — a tal interoperabilidade cultural — ainda se encontra em estágio inicial e exige formação, rotinas de adestramento conjunto e exercícios com carga realística de incerteza (Crowson, 2016; Paget, 2016).

A literatura disponível e estudos comparativos com experiências estrangeiras evidenciam que a simples existência de comandos e centros não garante a operacionalidade do *targeting* dinâmico: é imprescindível que essas estruturas sejam suportadas por enlaces táticos padronizados, células de IVR integradas e processos decisórios descentralizados que preservem a segurança jurídica e operacional da ação (Campos Júnior, 2020; Pereira, 2024). Enquanto esses elementos não forem implementados de maneira articulada, a integração conjunta continuará limitada a níveis estratégicos e táticos, sem alcançar a fluidez operacional exigida por operações que demandem engajamento oportuno de alvos sensíveis ao tempo.

Em síntese, a integração conjunta brasileira evoluiu em termos institucionais e doutrinários, mas ainda não atingiu a maturidade operacional necessária para sustentar, de modo confiável e repetível, operações de *Time-Sensitive Targeting* (TST) em ambiente interforças. Os avanços recentes — exercícios, modernizações pontuais e programas de enlace — constituem progressos relevantes, porém insuficientes para romper o descompasso entre a intenção doutrinária e a execução prática integrada.

Estágio atribuído: 1 – Inicial

Justificativa: Há alicerces institucionais e exercícios que reforçam a capacidade de coordenação entre as Forças; todavia, a insuficiência de arquiteturas digitais interoperáveis, a inexistência de protocolos robustos de delegação de autoridade para engajamento rápido e a persistente limitação da interoperabilidade cultural impedem a sustentação de fluxos de *targeting* em tempo real e, portanto, a maturidade operacional requerida pelo TST.

#### 4.8 TEMPO MÉDIO DO CICLO

A efetividade do TST está diretamente condicionada à capacidade de executar com rapidez o ciclo decisório F2T2EA, cuja lógica pressupõe engajamentos oportunos e coordenados sob severa restrição temporal. Em forças com doutrina amadurecida nesse domínio, como as dos Estados Unidos, esse ciclo é sustentado por uma arquitetura integrada de sensores persistentes, enlaces táticos seguros, delegação de autoridade e centros de decisão descentralizados, o que permite reações em poucos minutos (Estados Unidos 2021a; Fyfe, 2005)

No caso da Força Aérea Brasileira (FAB), entretanto, observa-se que o processo decisório ainda está fortemente atrelado ao modelo tradicional de planejamento baseado *na Air Tasking Order* (ATO), cujo ciclo padrão é de 72 horas. Conforme descrito no Manual de Planejamento e Condução de Operações Aeroespaciais (MPCOA), esse processo segue uma lógica deliberativa e linear, com etapas rigidamente sequenciadas desde a identificação dos alvos até a emissão da ordem de ataque (Brasil, 2019a, b). Embora haja previsões doutrinárias para engajamentos dinâmicos, como a célula de Alvos Dinâmicos dentro do Centro de Operações Aéreas Componente (CAOC), sua operacionalização prática ainda não foi demonstrada com eficiência.

Exercícios operacionais como o COMAEX, CRUZEX, TÁPIO e TÍNIA, ainda que promovam cenários de guerra simulada, não evidenciam a internalização plena da lógica TST. As decisões são tomadas em contextos programados, sob controle operacional rígido e com baixo grau de imprevisibilidade – características que se distanciam da complexidade real associada ao engajamento de alvos sensíveis ao tempo (Brasil, 2023a, b, c, d, e).

A permanência no ciclo da ATO de 72 horas representa uma limitação crítica à agilidade requerida pelas operações de *targeting* dinâmico. A ausência de enlaces táticos interoperáveis, sensores com persistência em tempo real e mecanismos de delegação de autoridade a níveis inferiores impede a construção de um ciclo decisório com tempo médio compatível com o TST. A FAB, nesse sentido, ainda atua sob o paradigma tradicional de *targeting*, em que o engajamento é resultado de planejamento antecipado e coordenação vertical, conforme evidenciado na estrutura de emprego prevista no Manual de Planejamento e Condução de Operações Aeroespaciais (Brasil, 2019a, b).

Estágio atribuído: 0 – Inexistente.

Justificativa: A estrutura de decisão da FAB permanece vinculada ao ciclo deliberativo da ATO, com latência incompatível com a lógica do TST. A ausência de automatização, descentralização e enlacs digitais em tempo real compromete a execução do ciclo F2T2EA sob condições de pressão temporal.

#### 4.9 EFETIVIDADE DECLARADA

A efetividade declarada de uma Força Aérea no domínio do TST pressupõe, além da doutrina, dos meios e dos protocolos, a demonstração empírica da capacidade de empregar tais recursos de forma coesa, célere e precisa. Essa demonstração pode ocorrer em operações reais, em exercícios operacionais complexos com variáveis inopinadas ou em campanhas de validação tática com critérios objetivos de desempenho.

No caso da Força Aérea Brasileira (FAB), não há qualquer referência pública ou acadêmica, até o momento, que ateste a execução bem-sucedida de um ciclo F2T2EA completo. Nenhuma missão operacional oficialmente divulgada, tampouco os exercícios descritos em documentos institucionais ou noticiados em meios oficiais, relata o engajamento de alvos classificados como sensíveis ao tempo (*Time-Sensitive Targets*) com base em procedimentos compatíveis com o padrão doutrinário internacional (Estados Unidos 2021a; Fyfe, 2005).

Os principais exercícios da FAB, como o COMAEX, o TÁPIO, a CRUZEX e o Escudo-Tínia, concentram-se no adestramento de frações isoladas do poder aeroespacial – seja o nível tático (esquadrões e pilotos), seja o nível estratégico (jogos de comando e controle). Esses eventos apresentam elevado valor instrucional, mas não evidenciam a execução coordenada, em tempo reduzido, de todas as etapas do ciclo TST, desde a detecção até o engajamento de um alvo emergente. Tampouco há menção oficial a campanhas internas de simulação de TST com avaliação de latência, interoperabilidade e qualidade da decisão (Brasil, 2023a, b, c, d, e).

Ademais, como discutido na seção anterior, a estrutura brasileira ainda está vinculada a um modelo deliberativo e linear, em que a resposta a ameaças é mediada por múltiplos níveis hierárquicos e longos ciclos de aprovação. Tal estrutura, ainda que eficiente para o planejamento convencional, não é adequada ao dinamismo e à volatilidade inerentes ao TST, cuja eficácia depende menos da letalidade da munição e mais da velocidade e integração da decisão.

A ausência de histórico público ou validado de engajamento de alvos sensíveis ao tempo pela FAB impede qualquer afirmação positiva sobre sua efetividade nesse domínio. Isso não significa ausência de competência geral ou de capacidade técnica nas demais missões

aeroespaciais – pelo contrário, a FAB demonstra elevada prontidão em operações de defesa aérea, busca e salvamento, controle do espaço aéreo e ações subsidiárias. O que se observa é a inexistência de provas concretas de maturidade no ciclo específico do TST, conforme seus parâmetros internacionais.

Estágio atribuído: 0 – Inexistente.

Justificativa: Não há comprovação empírica de que a FAB tenha conduzido, testado ou validado operações sob a lógica TST. A efetividade operacional nesse domínio permanece teórica e sem respaldo em experiências práticas, sejam elas reais ou simuladas com complexidade compatível.

#### 4.10 RESULTADOS CONSOLIDADOS DA APLICAÇÃO DO MODELO

A aplicação do modelo analítico à realidade da Força Aérea Brasileira (FAB) revela um quadro de maturidade ainda incipiente, com avanços técnicos e conceituais que ainda não se traduziram em uma capacidade operacional integrada. A Tabela 6 - Avaliação da Capacidade de TST da FAB. sintetiza a pontuação atribuída a cada um dos nove eixos analisados.

**Tabela 6** - Avaliação da Capacidade de TST da FAB. (continua)

<b>Eixo de Análise</b>	<b>Avaliação (0-5)</b>	<b>Justificativa Resumida</b>
Doutrina	2 - Em desenvolvimento	O conceito de alvos dinâmicos é mencionado no MPCOA, mas ausente na DCA 1-1; falta normatização completa.
Comando e Controle (C2)	2 - Em desenvolvimento	A cadeia decisória está prevista, mas carece de meios adequados, descentralização e agilidade operacional.
Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR)	1 - Inicial	Plataformas IVR existentes, porém não há persistência em tempo real nem fusão de dados automatizada.
Treinamento	2 - Em desenvolvimento	Exercícios isolados simulam TST tático, mas não há adestramento sistêmico com foco no ciclo completo.
Armamento	2 - Em desenvolvimento	Meios técnicos modernos ( <i>Lizard</i> , <i>SPICE</i> ) disponíveis, mas não integrados em rede de <i>targeting</i> dinâmico.
Meios Aéreos	2 - Em desenvolvimento	Vetores como o Gripen possuem potencial, mas ainda carecem de integração com C2 e IVR em tempo real.

(conclusão)

<b>Eixo de Análise</b>	<b>Avaliação (0-5)</b>	<b>Justificativa Resumida</b>
Integração Conjunta	1 - Inicial	A interoperabilidade ainda é limitada a ações deliberadas; não há <i>targeting</i> conjunto em tempo real.
Tempo Médio do Ciclo	0 - Inexistente	A FAB ainda opera sob o paradigma da ATO de 72h; sem enlaces táticos interoperáveis ou decisões ágeis.
Efetividade Declarada	0 - Inexistente	Não há registro público de execução real ou simulação completa do ciclo F2T2EA.

**Fonte:** O autor.

A análise evidencia que, embora a FAB tenha avançado em aspectos doutrinários e técnicos — como a introdução do conceito de Alvo Sensível ao Tempo (AST) no Manual de Planejamento e Condução de Operações Aeroespaciais (Brasil, 2025), e a incorporação de vetores modernos como o F-39 Gripen (IISS, 2024) —, sua capacidade de conduzir operações de TST de forma integrada, célere e eficaz ainda se encontra em fase embrionária.

Dos nove eixos analisados, seis foram classificados como em desenvolvimento (estágio 2), dois como iniciais (estágio 1) e dois como inexistentes (estágio 0). Não foi identificado nenhum domínio em estágio maduro. Esse panorama revela uma força em transição, cujos componentes táticos e estratégicos ainda operam sob paradigmas convencionais de planejamento, fortemente centralizados e com baixa flexibilidade para resposta imediata. A falta de interoperabilidade entre sensores, sistemas de Comando e Controle (C2) e vetores de ataque, bem como a inexistência de exercícios práticos que validem o ciclo completo de F2T2EA, reforçam a conclusão de que a FAB ainda não está apta a operar, de maneira efetiva, segundo os parâmetros do TST.

Com base nos resultados obtidos, resumido na Figura 5, conclui-se que a Força Aérea Brasileira se situa entre os estágios 1 e 2 da matriz evolutiva de maturidade, com predominância do estágio 2. Tal classificação indica que a instituição já dispõe de determinadas capacidades técnicas e de uma incipiente consolidação conceitual voltada ao engajamento de alvos sensíveis ao tempo, mas ainda carece da infraestrutura organizacional, dos protocolos doutrinários e dos sistemas integrados de comando, controle e inteligência necessários para operar de forma plena sob a lógica do *Time-Sensitive Targeting*. Em síntese, a FAB encontra-se em fase de desenvolvimento inicial, na qual coexistem avanços pontuais e lacunas estruturais que condicionam a eficácia e a agilidade do processo decisório em operações sensíveis ao tempo.

**Figura 5** - Maturidade do TST no Brasil

**Fonte:** O autor.

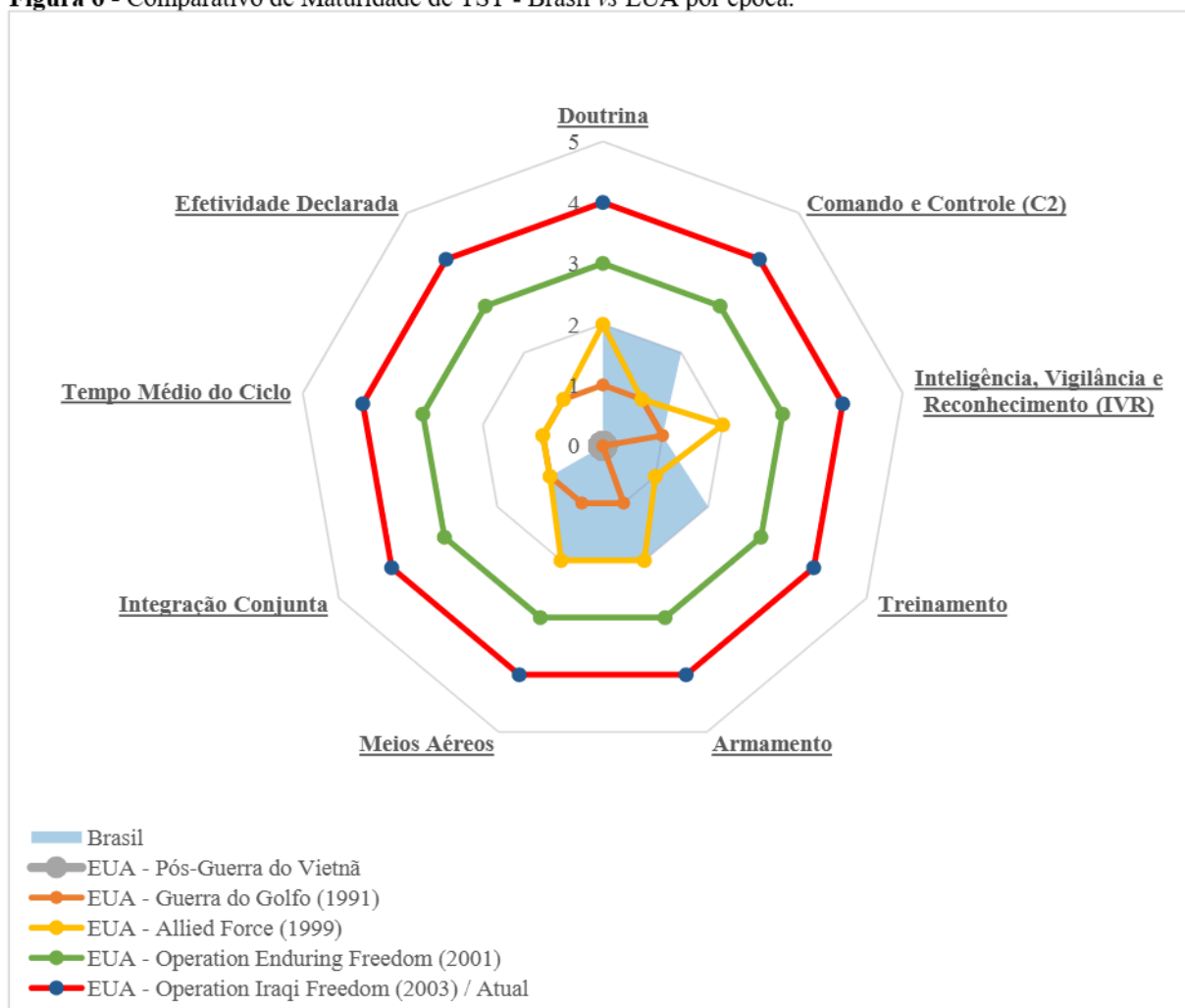
Com base nesses critérios estabelecidos na Matriz de Maturidade e na análise histórica da evolução do TST nos Estados Unidos, torna-se possível situar o atual estágio de desenvolvimento da Força Aérea Brasileira em uma perspectiva comparada. A Tabela 7 apresenta a consolidação dos índices de maturidade atribuídos à FAB em cada um dos nove eixos estruturantes, confrontando-os com os marcos operacionais observados nos conflitos de referência (Pós-guerra do Vietnã, Guerra do Golfo, Kosovo, Afeganistão, Iraque e Conflitos Atuais). Essa justaposição quantitativa não apenas evidencia o nível de prontidão atual da força, mas também permite visualizar graficamente, conforme demonstrado na Figura 6, o hiato (gap) doutrinário, tecnológico e processual que separa a realidade brasileira do "estado da arte" operacional. A análise desses diferenciais é fundamental para identificar quais eixos demandam priorização de investimentos para que a FAB avance de um estágio de capacidade latente para uma capacidade operacional efetiva.

**Tabela 7 - Estágio Comparado**

<b>Eixo</b>	<b>Brasil</b>	<b>EUA - Pós-Guerra do Vietnã</b>	<b>EUA - Guerra do Golfo (1991)</b>	<b>EUA - Allied Force (1999)</b>	<b>EUA - Operation Enduring Freedom (2001)</b>	<b>EUA - Operation Iraqi Freedom (2003) / Atual</b>
Doutrina	2	0	1	2	3	4
Comando e Controle (C2)	2	0	1	1	3	4
Inteligência, Vigilância e Reconhecimento	1	0	1	2	3	4
Treinamento	2	0	0	1	3	4
Armamento	2	0	1	2	3	4
Meios Aéreos	2	0	1	2	3	4
Integração Conjunta	1	0	1	1	3	4
Tempo Médio do Ciclo	0	0	1	1	3	4
Efetividade Declarada	0	0	1	1	3	4

**Fonte:** O autor.

**Figura 6** - Comparativo de Maturidade de TST - Brasil vs EUA por época.



## 5 CONCLUSÃO

A presente dissertação teve como objetivo avaliar a capacidade de a Força Aérea Brasileira (FAB) conduzir operações de *Time-Sensitive Targeting* (TST), diante das exigências impostas pela guerra contemporânea. A investigação orientou-se pela seguinte questão-problema: **Em que estágio de maturidade operacional a Força Aérea Brasileira se encontra no emprego do *Time-Sensitive Targeting*, e quais capacidades são necessárias para sua consolidação?**

Partindo da hipótese de que a instituição ainda não reúne as condições necessárias para tal, o estudo identificou limitações em diversos domínios — doutrinário, de comando e controle (C2), de inteligência, de armamentos e de meios aéreos — que comprometem a integração eficaz entre sensores, decisores e vetores, elementos essenciais ao ciclo operacional do TST.

No estado da arte da guerra moderna, a capacidade plena de empregar o TST corresponde, em termos práticos, ao domínio de um modelo de emprego do poder aeroespacial orientado pela lógica da **efetividade**. Conforme definido neste trabalho, a efetividade manifesta-se como um atributo estratégico que transcende a mera eficiência: é a aptidão para gerar **impactos** militares decisivos (eficácia) com a melhor aplicação de recursos (eficiência), solucionando o problema estratégico. A análise desenvolvida ao longo do trabalho demonstrou que o TST, ao viabilizar a neutralização de alvos críticos em janelas temporais reduzidas, representa uma resposta operacional à necessidade crescente de **efetividade** no emprego da força, sobretudo em conflitos assimétricos, fluidos e dinâmicos.

Para mensurar o grau de maturidade da FAB nessa capacidade, propôs-se um modelo analítico fundamentado na lógica dos modelos de estágios. O diferencial do modelo reside na associação direta entre maturidade institucional e **efetividade** operacional: à medida que uma organização evolui em seus estágios de desenvolvimento, seus processos tornam-se mais previsíveis e integrados (eficientes), aumentando a capacidade de gerar **impactos reais e sustentáveis** (efetivos). Assim, a **efetividade** é concebida não como ideal abstrato, mas como efeito mensurável do progresso institucional rumo à consolidação do TST.

No **Capítulo 1**, foram explorados os fundamentos doutrinários e conceituais do TST. Analisou-se o processo F2T2EA, o ciclo da ATO e os conceitos de efetividade e maturidade organizacional, que serviram como alicerce teórico para a construção do modelo analítico.

No **Capítulo 2**, analisou-se a evolução histórica do TST, demonstrando como as Forças Armadas dos Estados Unidos, por meio de lições aprendidas em conflitos como a Guerra do

Golfo e as operações no Afeganistão e Iraque, foram forçadas a adaptar sua doutrina e tecnologia para consolidar o TST.

O **Capítulo 3** detalhou a metodologia da pesquisa, estruturando o modelo analítico proposto. Foram definidos os nove eixos de análise e os seis estágios de maturidade (0-5), que foram então validados por meio de sua aplicação aos conflitos históricos analisados no capítulo anterior.

No **Capítulo 4**, este modelo analítico foi aplicado ao caso brasileiro. A avaliação dos nove eixos estruturantes da FAB concluiu que, apesar de avanços pontuais — como a introdução do F-39 Gripen e a recente inclusão do conceito de alvo sensível ao tempo no contexto nacional (2025) —, a FAB ainda opera sob estruturas essencialmente convencionais. Entre os nove eixos analisados, seis foram classificados como "em desenvolvimento", dois como "iniciais" e dois como "inexistentes". Nenhum domínio foi considerado maduro.

Isso revela que, mesmo com aquisições tecnológicas relevantes, a FAB ainda não reúne os requisitos mínimos para o emprego efetivo do TST. Em termos operacionais, isso implica que o poder aéreo brasileiro permanece aquém dos parâmetros de efetividade exigidos pela guerra moderna, na qual a superioridade se mede pela capacidade de decidir e agir em tempo oportuno, com precisão e integração sistêmica.

Dessa forma, os resultados obtidos **validaram a hipótese inicial** da pesquisa, respondendo à primeira parte da questão-problema. A Força Aérea Brasileira não dispõe, atualmente, da capacidade efetiva para conduzir operações de TST, situando-se entre os estágios 1 e 2 de maturidade. A ausência dessa capacidade compromete o uso efetivo do poder aeroespacial, restringindo sua utilidade como vetor decisivo em um ambiente operacional que demanda prontidão, integração e resposta tempestiva.

Cumprе ressaltar que a avaliação apresentada neste trabalho foi conduzida a partir das informações disponíveis ao pesquisador, considerando as limitações inerentes ao acesso a dados sensíveis, classificados ou restritos no âmbito das capacidades militares. A análise baseou-se, portanto, em documentos doutrinários públicos, fontes institucionais abertas, literatura especializada, registros históricos, informações oficialmente divulgadas e inferências analíticas compatíveis com o escopo de um pesquisador externo à estrutura decisória e operacional da Força Aérea Brasileira. Nesse sentido, os resultados refletem o estado da capacidade de TST conforme observável a partir dessas fontes, não se propondo a esgotar aspectos classificados ou não publicamente acessíveis, mas a oferecer um diagnóstico analítico consistente, transparente e metodologicamente fundamentado a partir do conjunto de evidências disponíveis.

Além de responder à questão-problema, a presente dissertação cumpre seu objetivo de preencher uma lacuna de conhecimento relevante, conforme identificado na Introdução. Ao realizar a primeira investigação acadêmica autônoma sobre o *Time-Sensitive Targeting* em língua portuguesa, este trabalho oferece um referencial conceitual e metodológico inédito, que poderá subsidiar futuras pesquisas e aperfeiçoamentos doutrinários no âmbito das Forças Armadas.

Mais do que um estudo diagnóstico, a dissertação resultou na elaboração de um modelo analítico de maturidade em *Time-Sensitive Targeting* (TST), concebido como ferramenta metodológica de avaliação da prontidão operacional. Esse modelo, fundamentado na teoria dos modelos baseados em estágios, constitui o **primeiro produto técnico e científico** do trabalho, possibilitando a mensuração do grau de desenvolvimento de capacidades de TST em diferentes contextos nacionais ou institucionais.

Assim, o modelo de maturidade proposto consolida-se como um dos principais produtos acadêmico-profissionais desta pesquisa. Ele fornece uma base teórica e metodológica para futuras análises comparativas, podendo ser utilizado como ferramenta de gestão estratégica no âmbito do Comando da Aeronáutica e, potencialmente, do Ministério da Defesa. Sua aplicabilidade ultrapassa o campo do TST, oferecendo um arcabouço replicável para o estudo de outras capacidades operacionais sensíveis e à integração interforças.

Como desdobramento prático deste modelo, e visando responder à segunda parte da questão-problema ("quais capacidades são necessárias para sua consolidação"), foi desenvolvido um Plano de Desenvolvimento da Capacidade, detalhado no Apêndice A. Este documento, que constitui o segundo produto técnico do mestrado, utiliza o diagnóstico do Capítulo 4 para prescrever as ações necessárias em cada eixo de análise, servindo como uma proposta de aperfeiçoamento para o Comando da Aeronáutica.

Portanto, a dissertação não se limita à constatação de deficiências, mas oferece dois produtos centrais — um instrumento analítico aplicável (o modelo) e uma proposta de ação prática (o Plano de Desenvolvimento da Capacidade) — além de preencher uma lacuna significativa na literatura de defesa nacional. Conclui-se que o trabalho cumpre seus objetivos, oferecendo subsídios para o processo decisório e o planejamento de capacidades no domínio aeroespacial brasileiro, em conformidade com o propósito de um Mestrado Profissional em Ciências Aeroespaciais.

## REFERÊNCIAS

BENITEZ, M. It's about time: the pressing need to evolve the kill chain. *War on the Rocks*, Washington, DC, 16 maio 2017. Disponível em: <https://warontherocks.com/2017/05/its-about-time-the-pressing-need-to-evolve-the-kill-chain/#:~:text=Today%E2%80%99s%20F2T2EA%20kill,%E2%80%9D>. Acesso em: 10 out. 2025.

BEREITER, G. **The U.S. Navy in Operation Enduring Freedom, 2001–2002**. Washington, DC: Naval History & Heritage Command, 2021. Disponível em: <https://www.history.navy.mil>. Acesso em: 20 jun. 2025.

BERTALANFFY, L. von. **General system theory: foundations, development, applications**. New York, NY: George Braziller, 1968.

BOURNE, L. OPM3 – past, present and future. In: ANNUAL PMI NEW ZEALAND CONFERENCE, 4., 2006, Christchurch. **Proceedings [...]**. Christchurch: PMOZ, 2006.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 2.961, de 20 de janeiro de 1941**. Cria o Ministério da Aeronáutica. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 jan. 1941.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **DCA 1-1: Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira**. Brasília, DF: Comando da Aeronáutica, 1958.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **DCA 1-1: Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira**. Brasília, DF: Comando da Aeronáutica, 1975.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 06 jun. 2025.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **DCA 1-1: Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira**. Brasília, DF: Comando da Aeronáutica, 1990.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **DCA 1-1: Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira**. Brasília, DF: Comando da Aeronáutica, 1997.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **DCA 1-1: Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira**. Brasília, DF: Comando da Aeronáutica, 2005.

BRASIL. Ministério da Defesa. **MD51-M-04: Doutrina Militar de Defesa**. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2007.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2008.

BRASIL. **Lei Complementar nº 136, de 25 de agosto de 2010**. Altera a Lei Complementar no 97, de 9 de junho de 1999, que “dispõe sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas”, para criar o Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas e

disciplinar as atribuições do Ministro de Estado da Defesa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 ago. 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp136.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp136.htm). Acesso em: 10 out. 2025.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **DCA 1-1: Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira**. Brasília, DF: Comando da Aeronáutica, 2012.

BRASIL. Exército Brasileiro. Comando de Operações Terrestres. **EB70-MC-10.346** – Planejamento e Coordenação de Fogos. 3. ed. Brasília, DF: Exército Brasileiro, 2017.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2020a.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2020b.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **DCA 1-1: Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira**, v. 1. Brasília, DF: Comando da Aeronáutica, 2020c. v. 1.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **DCA 1-1: Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira**, v. 2. Brasília, DF: Comando da Aeronáutica, 2020d. v. 2.

BRASIL. Ministério da Defesa. **MD30-M-01: Doutrina de Operações Conjuntas**, v.1. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2020e. v. 1.

BRASIL. Ministério da Defesa. **MD30-M-01: Doutrina de Operações Conjunta**, v.2. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2020f. v. 2.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Manual de auditoria operacional**. 4. ed. Brasília, DF: TCU, 2020g.

BRASIL. Força Aérea Brasileira. COVID-19: Controle do espaço aéreo na Amazônia é intensificado. **Força Aérea Brasileira**, Brasília, DF, 22 set. 2021. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/37599/COVID-19-Controle-do-espaco-aereo-na-Amazonia-e-intensificado>. Acesso em: 2 nov. 2025.

BRASIL. Força Aérea Brasileira. FAB e AEL Sistemas realizam Demonstração Operacional do Projeto Link-BR2. **Força Aérea Brasileira**, Brasília, DF, 29 mar. 2022. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/38761/>. Acesso em: 2 nov. 2025.

BRASIL. Força Aérea Brasileira. FAB conclui mais uma edição do Exercício COMAEX. **Força Aérea Brasileira**, Brasília, DF, 2023a. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/41577>. Acesso em: 19 jun. 2025.

BRASIL. Força Aérea Brasileira. Base Aérea de Santa Maria dá início a treinamento de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento. **Força Aérea Brasileira**, Brasília, DF, 2023b. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/43840>. Acesso em: 19 jun. 2025.

BRASIL. Força Aérea Brasileira. EXCON Tápio: sucesso e integração. **Força Aérea Brasileira**, Brasília, DF, 2023c. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/41440>. Acesso em: 19 jun. 2025.

BRASIL. Força Aérea Brasileira. Entenda as missões COMAO do Exercício Escudo-Tínia. **Força Aérea Brasileira**, Brasília, DF, 2023d. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/41852>. Acesso em: 19 jun. 2025.

BRASIL. Força Aérea Brasileira. CRUZEX – Cooperação e interoperabilidade no maior exercício da América Latina. **Força Aérea Brasileira**, Brasília, DF, 2023e. Disponível em: <https://cruzex.fab.mil.br>. Acesso em: 19 jun. 2025.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **DCA 1-1: Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira**. Brasília, DF: Comando da Aeronáutica, 2024a.

BRASIL. Força Aérea Brasileira. FAB realiza Operação IRIS 2024 e avança no desenvolvimento do Sistema Link-BR2. **Força Aérea Brasileira**, Brasília, DF, 28 ago. 2024b. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/42358/>. Acesso em: 2 nov. 2025.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **Manual de Planejamento e Condução de Operações Aeroespaciais (MCA 55-84)**. Brasília, DF: COMAER, 2025. v. 3 Documento de acesso restrito.

CAMPOS JÚNIOR, J. M. **Análise do Sistema Link-BR2 como ferramenta de interoperabilidade nas operações conjuntas**. 2020. 60 f Trabalho de Conclusão de Curso (CAED) – Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, RJ, 2020.

CARDOSO, P. R. O SIVAM e a Amazônia Azul: vigilância e proteção. **Revista da Escola Superior de Guerra**, Rio de Janeiro, RJ, v. 24, n. 49, p. 115–132, 2008.

COHEN, E.; FRANCO, R. **Avaliação de projetos sociais**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1993.

COHEN, W. S.; SHELTON, H. H. **Kosovo/Operation Allied Force after-action report**. Washington, D.C.: U.S. Department of Defense, 2000. Disponível em: <https://archive.defense.gov/pubs/kaar.pdf>. Acesso em: 10 maio 2025.

COLLIER, D. The comparative method. In: FINIFTER, A. W. (ed.). **Political science: the state of the discipline II**. Washington, D.C.: American Political Science Association, 1993. p. 105-119.

CONETTA, C. **The Wages of War: Iraqi Combatant and Noncombatant Fatalities in the 2003 Conflict**. Cambridge, MA: Project on Defense Alternatives, 2003.

CORAM, R. **Boyd: the fighter pilot who changed the art of war**. Boston, MA: Little, Brown and Company, 2002.

CORDESMAN, A. H. **The Arab-Israeli Military Balance and the Art of Operations**. Washington, DC: Center for Strategic and International Studies, 1984.

CORDESMAN, A. H. **The Iraq War: Strategy, Tactics, and Military Lessons**. Washington, D.C.: Center for Strategic and International Studies, 2003.

CROWSON, T. Breaking it down Barney style: a framework for cultural interoperability. **Canadian Foreign Policy Journal**, v. 22, n. 3, p. 232-245, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/11926422.2016.1186704>. Acesso em: 10 out. 2025.

CURTIS, B.; HEFLEY, W. E.; MILLER, S. A. **People Capability Maturity Model (P-CMM)**: Guidelines for improving the workforce. Ver. 2.0. Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 2009.

DANSKINE, W. Time-Sensitive Targeting Model. **Airpower Journal Chronicles**, 2001. Disponível em: <https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/ASPJ/journals/Chronicles/Danskine.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

DAVENPORT, T. H. **Process innovation: reengineering work through information technology**. Boston, MA: Harvard Business Press, 1994.

DAVIS, M. War on the high frontier. In: RAJAGOPALAN, R. P.; PATIL, S. (Org.). **Future warfare and technology: issues and strategies**. New Delhi: Observer Research Foundation, 2022. p. 50–58. Disponível em: <https://www.orfonline.org/public/uploads/posts/pdf/20230812162012.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

DAVIS, P. K. **Effects-based operations: a grand challenge for the analytical community**. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2001.

DEFENSE INDUSTRY DAILY. Boeing's GBU-39 Small Diameter Bomb: FY 2011–2023 Orders. **Defense Industry Daily**, Washington, DC, 2023. Disponível em: <https://www.defenseindustrydaily.com/boeings-gbu-39-small-diameter-bomb-fy-2011-orders-06630/>. Acesso em: 21 jun. 2025.

DEFESA AÉREA & NAVAL. Link-BR2 entra em fase final de integração. **Defesa Aérea & Naval**, São Paulo, SP, 30 ago. 2024. Disponível em: <https://www.defesaaereanaval.com.br/aviacao/link-br2-entra-em-fase-final-de-integracao/>. Acesso em: 2 nov. 2025.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. **The SAGE Handbook of Qualitative Research**. 3. ed. Thousand Oaks: SAGE, 2005.

DOUHET, G. **O domínio do ar**. Tradução de Paulo Miranda. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Biblioteca do Exército, 2009.

DRUCKER, P. F. **Management: tasks, responsibilities, practices**. New York: Truman Talley Books E.P. Dutton, 1986.

DUDNEY, R. S. The Gulf War II: Air Campaign, by the numbers. **Air Force Magazine**, v. 86, n. 7, p. 36–42, jul. 2003.

ELBIT SYSTEMS. **Lizard Laser Guided Bombs**. Cartilha Técnica. Haifa: Elbit Systems, 2022. Disponível em: [https://www.elbitsystems.com/sites/default/files/2025-02/lizard-eng\\_2022\\_elbit-systems-logo\\_web\\_0.pdf](https://www.elbitsystems.com/sites/default/files/2025-02/lizard-eng_2022_elbit-systems-logo_web_0.pdf). Acesso em: 23 jun. 2025.

ESTADOS UNIDOS. Department of the Army. **Field Manual 100-5: Operations**. Washington, DC: Headquarters, Department of the Army, 1982.

ESTADOS UNIDOS. Department of the Air Force. **AFM 1-1: Basic Aerospace Doctrine of the United States Air Force**. Washington, DC: Headquarters United States Air Force, 1984.

ESTADOS UNIDOS. Goldwater–Nichols Department of Defense Reorganization Act of 1986. **Public Law 99-433**, 1 out. 1986. Disponível em: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/STATUTE-100/pdf/STATUTE-100-Pg992.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2025.

ESTADOS UNIDOS. Department of Defense. **JSTARS Program Documentation**. Washington, DC: U.S. Government, 1990.

ESTADOS UNIDOS. Senado. Committee on Armed Services. **Defense Department Organization and Operation: Hearings before the Committee on Armed Services, United States Senate, One Hundred Second Congress, First Session**. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1991.

ESTADOS UNIDOS. Government Accountability Office (GAO). **Software development: capability maturity model use at the Department of Defense**. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1997.

ESTADOS UNIDOS. Marine Corps. **U.S. Marines in the Persian Gulf, 1990–1991: The 3d Marine Aircraft Wing in Desert Shield and Desert Storm**. Washington, DC: History and Museums Division, Headquarters, U.S. Marine Corps, 1999.

ESTADOS UNIDOS. Marine Corps. **MCTP 3-31B: Air Assault Operations**. Washington, DC: Headquarters United States Marine Corps, 2016. Disponível em: [https://www.marines.mil/Portals/1/Publications/MCTP%203-31B%20\(SECURED\).pdf?ver=N7Nqkif3dhOJbboX7so0NA%3D%3D](https://www.marines.mil/Portals/1/Publications/MCTP%203-31B%20(SECURED).pdf?ver=N7Nqkif3dhOJbboX7so0NA%3D%3D). Acesso em: 15 nov. 2025.

ESTADOS UNIDOS. Joint Chiefs of Staff. **Joint Publication 1: Doctrine for the Armed Forces of the United States**. Washington, D.C.: Joint Chiefs of Staff, 2017a.

ESTADOS UNIDOS. Joint Chiefs of Staff. **Joint Publication 3-0: Joint Operations**. Washington, D.C.: Joint Chiefs of Staff, 2017b.

ESTADOS UNIDOS. Army University Press. **Mosul Study Group: What the Battle for Mosul teaches the force**. Fort Leavenworth, KS: Army University Press, 2017c.

ESTADOS UNIDOS. Joint Chiefs of Staff. **Joint Publication 3-60: Joint Targeting**. Washington, DC: Joint Chiefs of Staff, 2018.

ESTADOS UNIDOS. Joint Chiefs of Staff. **Joint Publication 3-30**: Joint Air Operations. Washington, DC: Joint Chiefs of Staff, 2019. Disponível em: [https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/pubs/jp3\\_30.pdf](https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/pubs/jp3_30.pdf). Acesso em: 20 jan. 2025.

ESTADOS UNIDOS. Joint Chiefs of Staff. **Joint Publication 5-0**: Joint Planning. Washington, D.C.: Joint Chiefs of Staff, 2020a.

ESTADOS UNIDOS. Department of the Air Force. **Static Display**: Global Hawk. Goodfellow Air Force Base, TX: U.S. Air Force, 2020b. Disponível em: <https://www.goodfellow.af.mil/Units/17th-Training-Group/ITU/Static-Display-Globalhawk/>. Acesso em: 23 jun. 2025.

ESTADOS UNIDOS. Department of the Air Force. **AFDP 3-60**: Targeting. Maxwell AFB: Curtis E. LeMay Center for Doctrine Development and Education, 2021a.

ESTADOS UNIDOS. Joint Chiefs of Staff. **DoD Dictionary of Military and Associated Terms**. Washington, D.C: Joint Chiefs of Staff, 2021b.

ESTADOS UNIDOS. Department of the Air Force. **USAF Weapon Systems Fact Sheet – JDAM**. Washington, DC: United States Air Force, 2021c. Disponível em: <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104572/joint-direct-attack-munition-jdam/>. Acesso em: 23 jun. 2025.

ESTADOS UNIDOS. Defense Intelligence Agency. **Challenges to Security in Space – 2022**. Washington, D.C.: Defense Intelligence Agency, 2022. Disponível em: [https://www.dia.mil/Portals/110/Documents/News/Military\\_Power\\_Publications/Challenges\\_Security\\_Space\\_2022.pdf](https://www.dia.mil/Portals/110/Documents/News/Military_Power_Publications/Challenges_Security_Space_2022.pdf). Acesso em: 23 jun. 2025.

ESTADOS UNIDOS. Combined Joint Task Force – Operation Inherent Resolve. History, 2014–2023. [S.l.]: CJTF-OIR, 2023.

FAYOL, H. **Administração industrial e geral**: Previsão, organização, comando, coordenação e controle. Tradução de Irene de Bojano e Mário de Souza. 10. ed. São Paulo: Atlas, 1989.

FINLAN, A.; DANIELSSON, A.; LUNDQVIST, S. Critically Engaging the Concept of Joint Operations: Origins, Reflexivity and the Case of Sweden. **Defence Studies**, v. 21, n. 3, p. 356–374, 2021.

FOLHA DE S. PAULO. Jato da FAB ajuda a libertar reféns no Peru. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 21 set. 2003. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/brasil/fc2109200326.htm>. Acesso em: 2 nov. 2025.

FONSECA JÚNIOR, A. J. S. **O emprego de mísseis de cruzeiro na guerra moderna**: possibilidades e limitações. 2021. 76f. Monografia (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, Rio de Janeiro, 2021.

FOX, K. L. **Dynamic targeting**: are we ready? Maxwell Air Force Base, AL: Air Command and Staff College, 1999.

FRENKEL, S.; ODENHEIMER, N. Israel used AI to identify targets in Gaza, officials say. **The New York Times**, New York, NY, 25 abr. 2025. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2025/04/25/technology/israel-gaza-ai.html>. Acesso em: 21 jun. 2025.

FUHRER, D. **From AirLand Battle to AirSea Battle: The Image of War in the United States Army and Air Force from 1980 to 2012**. Maxwell AFB, AL: Air University Press, 2016.

FYFE, J. M. **The evolution of time-sensitive targeting: Operation Iraqi Freedom – results and lessons**. Maxwell AFB, AL: Air University, College of Aerospace Doctrine, Research and Education, 2005.

GALBRAITH, J. R. **Designing Organizations: An Executive Guide to Strategy, Structure, and Process**. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 1995.

GALLIOTT, J.; MACINTOSH, D.; OHLIN, J. D. **Lethal autonomous weapons: re-examining the law and ethics of robotic warfare**. Oxford, UK: Oxford University Press, 2021.

GLOCK, W. T. **Time sensitive targeting: the operational commander's role**. Monografia - Newport, RI: Naval War College, 2004.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. A **Meta: Um Processo de Melhoria Contínua**. São Paulo, SP: Nobel, 2003.

GRAY, P. **Air warfare: history, theory and practice**. London, UK: Bloomsbury Publishing, 2015.

HAAS, M.; FISCHER, S. C. The evolution of targeted killing practices: Autonomous weapons, future conflict and the international order. **Contemporary Security Policy**, v. 38, n. 2, p. 281–306, 2017.

HÆREM, T. *et al.* Multiteam Systems Handling Time-Sensitive Targets... **Frontiers in Psychology**, v. 13, 2022.

HAMMER, M. **Beyond reengineering: how the process-centered organization is changing our work and our lives**. New York, NY: Harper Business, 1997.

HAMMER, M.; CHAMPY, J. **Reengineering the corporation: a manifesto for business revolution**. New York, NY: Harper Business, 1993.

HARRINGTON, H. J. **Business process improvement: the breakthrough strategy for total quality, productivity, and competitiveness**. New York, NY: McGraw-Hill, 1993.

HØIBACK, H. **Understanding Military Doctrine: A Multidisciplinary Approach**. London, UK; New York, NY: Routledge, 2013.

HØIBACK, H. The anatomy of doctrine and ways to keep it fit. **Journal of Strategic Studies**, v. 39, n. 2, p. 185-212, 2016.

HONIG, J. W. The tyranny of doctrine and modern strategy. **Journal of Strategic Studies**, v. 38, n. 3, p. 1-24, 2015.

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR STRATEGIC STUDIES (IISS). **The Military Balance 2024**. London, UK: Routledge; Taylor & Francis Group, 2024.

JACKSON, A. P. **The Roots of Military Doctrine: Change and Continuity in Understanding the Practice of Warfare**. Fort Leavenworth, KS: Combat Studies Institute Press, 2013.

JOHNSON, D. E. **Learning large lessons: the evolving roles of ground power and air power in the post-Cold War era**. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2007.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **A estratégia em ação: balanced scorecard**. Rio de Janeiro, RJ: Campus, 1997.

KEEGAN, J. **The Iraq War**. New York, NY: Alfred A. Knopf, 2004.

KIM, D.; GRANT, G. E-government maturity model using the capability maturity model integration. **Journal of Systems and Information Technology**, v. 12, n. 3, p. 230–244, 2010.

KLONOWSKA, K. AI-Based Targeting in Gaza: Surveying Expert Responses and Refining the Debate. **Articles of War**, Lieber Institute West Point, 7 jun. 2024.

KUZNETS, S. **Economic growth and structure: selected essays**. New York, NY: W. W. Norton, 1965.

LAMB, M. W. **Operation Allied Force: Golden Nuggets for Future Campaigns**. Maxwell Air Force Base, AL: Air University Press, 2002. (Maxwell Paper, n. 27).

LAMBETH, B. S. **The transformation of American air power**. Ithaca, NY: Cornell University Press, 2000.

LAMBETH, B. S. **NATO's air war for Kosovo: a strategic and operational assessment**. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2001.

LAMBETH, B. S. **Airpower against terror: America's conduct of Operation Enduring Freedom**. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2005.

LAMBETH, B. S. **Airpower in the War Against ISIS**. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2021.

LAPPIN, Y. The IDF's meticulous targeting of Hamas in Gaza. **JNS (Jewish News Syndicate)**, 9 dez. 2023. Disponível em: <https://www.jns.org/the-idfs-meticulous-targeting-of-hamas-in-gaza/>. Acesso em: 10 nov. 2025.

LAPPIN, Y. Israel's Tactical Gains: Strategically Reshaping the Middle East. **Voices on Peace and War**, Norwich University Peace and War Center, 20 nov. 2024. Disponível em: <https://www.norwich.edu/topic/all-blog-posts/israels-tactical-gains-strategically-reshaping-middle-east>. Acesso em: 10 nov. 2025.

LAVOIE, D.; CULBERT, S. A. Stages of organization and development. **Human Relations**, v. 31, n. 5, p. 417–438, 1978.

LOCHER, J. R. **Victory on the Potomac: The Goldwater–Nichols Act Unifies the Pentagon**. College Station, TX: Texas A&M University Press, 2002.

MAHONEY, J.; RUESCHEMEYER, D. (ed.). **Comparative historical analysis in the social sciences**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2003.

MANSOOR, F. **O poder aéreo no combate à ameaça a guerra híbrida: uma análise sobre as operações de contraterrorismo e a preservação da segurança nacional Paquistão**. 2020. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia) – Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2020.

MATIAS, P. N. F. P. M. **A Combined Joint Task Force como novo modelo de emprego de forças: estudo de caso: a Batalha de Mosul**. Orient. António José Telo. 2019. Relatório (Trabalho de Investigação Aplicada) – Academia Militar, Lisboa, Portugal, 2019.

MBDA. First Brimstone 3 missile firing “a tremendous success”. **MBDA**, 6 mar. 2019. Disponível em: <https://www.mbda-systems.com/first-brimstone-3-missile-firing-tremendous-success>. Acesso em: 21 jun. 2025.

MEILINGER, P. S. (Ed.). **The Paths of Heaven: the evolution of airpower theory**. Maxwell Air Force Base, AL: Air University Press, 1997.

MERRIAM, J. Inside IDF Targeting. **Articles of War**, Lieber Institute West Point, 20 out. 2023. Disponível em: <https://lieber.westpoint.edu/inside-idf-targeting/>. Acesso em: 10 nov. 2025.

MITCHELL, W. **Winged defense: the development and possibilities of modern air power – economic and military**. New preface, 2009. Tuscaloosa, AL: University of Alabama Press, 2009.

MOTTA, J. M.; SOL, E. DataLink LINK BR1 e consciência situacional durante o controle de operações aéreas militares. In: SIMPÓSIO DE APLICAÇÕES OPERACIONAIS EM ÁREAS DE DEFESA (SIGE), 11., 2016, São José dos Campos, SP. **Anais [...]**. São José dos Campos, SP: ITA, 2016. p. 306-311.

MURPHY, B.; WELLS, G. D. Applying Multi-Domain Effects to Operation Inherent Resolve. **Infantry Magazine**, Fall 2021, p. 16–21.

NADLER, D. A.; TUSHMAN, M. L. A Model for Diagnosing Organizational Behavior. **Organizational Dynamics**, v. 9, n. 2, p. 35-51, Autumn 1980.

NARDULLI, B. R. *et al.* **Disjointed war: military operations in Kosovo, 1999**. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2002.

NASA. **Mach Number**. Cleveland, OH: NASA Glenn Research Center, 2024. Disponível em: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/mach.html>. Acesso em: 06 jul. 2025.

NISSER, J. Implementing military doctrine: a theoretical model. **Defence Studies**, v. 21, n. 4, p. 455-475, 2021.

OLSEN, J. A. **A history of air warfare**. Washington, D.C.: Potomac Books, 2010.

ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DO ATLÂNTICO NORTE (OTAN). **AAP-06: NATO Glossary of Terms and Definitions (English and French)**. Brussels, Belgium: NATO Standardization Office, 2019a.

ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DO ATLÂNTICO NORTE (OTAN). **AJP-3: Allied Joint Doctrine for the Conduct of Operations**. Brussels, Belgium: NATO Standardization Office, 2019b.

OSBORNE, D.; GAEBLER, T. **Reinventando o governo: como o espírito empreendedor está transformando o setor público**. 5. ed. Brasília, DF: MH Comunicação, 1995.

PAGET, S. Interoperability of the Mind. **The RUSI Journal**, v. 161, n. 4, p. 42-50, 2016. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03071847.2016.1224496>. Acesso em: 03 nov. 2025.

PANWAR, R. S. AI and the Rise of Autonomous Weapons. In: RAJAGOPALAN, R. P. (org.). **Future warfare and technology: issues and strategies**. New Delhi, India: Observer Research Foundation, 2022. p. 36–49.

PARTON, Neville. Air Power's illusion?: Israel's 2006 campaign in the Lebanon. **Australian Army Journal**, v. 5, n. 2, p. 153-166, Winter 2008. Disponível em: <https://researchcentre.army.gov.au/library/australian-army-journal-aaj/volume-5-number-2-counterinsurgency/air-powers-illusion-israels-2006-campaign-lebanon>. Acesso em: 12 nov. 2025.

PAULK, M. C. *et al.* **Key practices of the Capability Maturity Model: Version 1.1**. Pittsburgh: Software Engineering Institute, 1993. (CMU/SEI-93-TR-025).

PENA-GUZMAN, C. P. **Preparing for the future, looking to the past: history, theory, and doctrine in the U.S. Army**. Fort Leavenworth, KS: School of Advanced Military Studies, U.S. Army Command and General Staff College, 2013.

PEREIRA, R. A. **A seleção de indicadores militares com base no conceito de efetividade: a avaliação da sustentabilidade da campanha militar**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise de Operações Militares) – Centro de Análises de Sistemas Navais, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.repositorio.mar.mil.br/handle/ripcmb/845069>. Acesso em: 20 out. 2025.

PEREIRA, R. A. **Fatores causais para a criação de Comandos Operacionais Conjuntos: estudo comparativo por meio da interoperabilidade nas operações conjuntas**. 2024. Tese (Doutorado em Ciências Aeroespaciais) – Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2024.

PERRY, W. L. *et al.* **Operation Iraqi Freedom: Decisive War, Elusive Peace**. Santa Monica: RAND Corporation, 2015.

PIERSON, P. **Politics in time**: history, institutions, and social analysis. Princeton: Princeton University Press, 2004.

RAGIN, C. C. **The Comparative Method**: Moving Beyond Qualitative and Quantitative Strategies. Berkeley: University of California Press, 1987.

RODRIGUES, G. O. *et al.* A porosidade das fronteiras norte do Brasil e os mecanismos de vigilância: SIPAM/SIVAM, SISFRON e Operações Ágata. In: CONGRESSO ACADÊMICO SOBRE DEFESA NACIONAL, 13., 2016, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: Escola Naval, 2016. Disponível em: [https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/ajuste-01/ensino\\_e\\_pesquisa/defesa\\_academia/cadn/artigos/XIII\\_cadn/a\\_porosidade\\_das\\_fronteras\\_norte\\_do\\_brasil\\_e\\_os\\_mecanismos\\_de\\_vigilancia\\_sipam\\_sivam\\_sisfron\\_e\\_operacoes\\_agata.pdf](https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/ajuste-01/ensino_e_pesquisa/defesa_academia/cadn/artigos/XIII_cadn/a_porosidade_das_fronteras_norte_do_brasil_e_os_mecanismos_de_vigilancia_sipam_sivam_sisfron_e_operacoes_agata.pdf). Acesso em: 2 nov. 2025.

ROMAN, G. A. **The command or control dilemma**: when technology and organizational orientation collide. Maxwell Air Force Base: Air University Press, 1997.

SAAB. Link-BR2: o sistema de enlace de dados táticos brasileiro. **Saab**, São Bernardo do Campo, 18 out. 2023. Disponível em: <https://www.saab.com/pt-br/markets/brasil/historias/2023/link-br2-o-sistema-de-enlace-de-dados-taticos-brasileiro/>. Acesso em: 2 nov. 2025.

SANTOS, T. Efetividade militar das Forças Armadas: entrevista com a Professora Dra. Tamires Santos. **Mar e Defesa**, 22 set. 2021. Disponível em: <https://www.maredefesa.com.br/post/22-09-21-efetividade-militar-das-for%C3%A7as-armadas>. Acesso em: 20 out. 2025.

SCHARRE, P. **Army of none**: autonomous weapons and the future of war. New York: W. W. Norton & Company, 2018.

SCHRODEN, J. Why operations assessments fail: it's not just the metrics. **Military Review**, Fort Leavenworth, v. 91, n. 2, p. 3-12, mar./abr. 2011.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Benchmarking: o que é e como fazer**. Brasília: SEBRAE, 2023. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/benchmarking-o-que-e-e-como-fazer,a4227ca23e9c4810VgnVCM100000d701210aRCRD>. Acesso em: 20 jun. 2025.

SENGE, P. M. **A Quinta Disciplina: Arte e Prática da Organização que Aprende**. 22. ed. Rio de Janeiro: BestSeller, 2006.

SILVA, R. A. **Emprego de sistemas aéreos remotamente pilotados no engajamento de alvos sensíveis ao tempo**. Rio de Janeiro: Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, 2019. **Monografia (Curso de Comando e Estado-Maior)**.

SILVEIRA, V. N. S.; GUIMARÃES, L. V. M.; ABRAÃO, H. E. **Modelos de maturidade: fundamentos teóricos e aplicações organizacionais**. Revista de Gestão e Projetos (GeP), São Paulo, v. 6, n. 1, p. 60–91, jan./jun. 2009.

SJØGREN, S. What we disagree about when we disagree about doctrine. **Journal of Strategic Studies**, p. 1-23, 2023.

SKINNER, D. W. **The AirLand Battle and the operational level of war**. Fort Leavenworth, KS: U.S. Army Command and General Staff College, School of Advanced Military Studies, 1988. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA202888.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2025.

STARRY, D. A. **Extending the battlefield**. Military Review, Fort Leavenworth, v. 61, n. 3, p. 31–50, 1981.

TAYLOR, F. W. **Princípios de administração científica**. Tradução de Arlindo Vieira Ramos. 8. ed. São Paulo: Atlas, 1990. 122 p. Disponível em: <https://cesarmangolin.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/02/taylor-principios-de-administracao-cientifica.pdf>. Acesso em: 20 set 2025

TORRES, M. D. F. **Estado, democracia e administração pública no Brasil**. Rio de Janeiro: FGV, 2004.

TURNER, A. R. **Time Critical Targeting for the Joint Force Commander**. Newport, RI: Naval War College, Joint Military Operations Dept, 2001.

WASSER, B. *et al.* **The Air War Against the Islamic State**. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2021. Disponível em: [https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RRA388-1.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA388-1.html). Acesso em: 21 jun. 2025.

WEICK, K. E.; SUTCLIFFE, K. M. **Managing the unexpected: resilient performance in an age of uncertainty**. 2. ed. San Francisco: Jossey-Bass, 2007.

WIENER, N. **Cybernetics: or control and communication in the animal and the machine**. Cambridge: MIT Press, 1948.

WILLS, C. D. **Airpower, Afghanistan and the future of warfare: an alternative view**. Maxwell AFB: Air University, Center for Strategy and Technology, 2006.

YIN, R. K. Estudo de Caso: **Planejamento e Métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZALOGA, S. **V-2 ballistic missile 1942–52**. Oxford: Osprey Publishing, 2003.

## **APÊNDICE A – (PTT 1) MODELO DE MATURIDADE PARA AVALIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE CAPACIDADES MILITARES**

### **INTRODUÇÃO**

O presente documento constitui o produto técnico-profissional derivado da dissertação intitulada “Capacidades necessárias para o emprego de Time-Sensitive Targeting (TST) pela Força Aérea Brasileira: uma avaliação estratégica”, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Aeroespaciais (PPGCA) da Universidade da Força Aérea (UNIFA).

Apresenta-se aqui um modelo de maturidade aplicável à avaliação e ao desenvolvimento de capacidades militares, concebido como uma ferramenta analítica de uso institucional. Trata-se de uma taxonomia estruturada, capaz de organizar a evolução de uma capacidade ao longo de seis estágios progressivos de prontidão e desempenho, distribuídos em nove eixos funcionais essencialmente interdependentes. Seu propósito é oferecer aos órgãos de direção setorial e operacional um instrumento objetivo, padronizado e replicável, apto a apoiar diagnósticos, estudos de transformação, planejamento baseado em capacidades e definição de prioridades estratégicas.

Embora a matriz de maturidade aqui apresentada derive da fundamentação teórico-metodológica desenvolvida na dissertação — originalmente concebida para aplicação direta à capacidade de TST —, este PTT constitui um produto autônomo. Assim, o modelo é aqui propositalmente generalizado, configurando-se como matriz de análise difusa, aplicável a diferentes capacidades militares e não apenas ao Time-Sensitive Targeting. Em razão dessa natureza independente, não se reproduzem neste documento análises históricas, diagnósticos setoriais ou justificativas doutrinárias discutidas no corpo do trabalho acadêmico.

O modelo parte do reconhecimento de que capacidades militares possuem natureza multidimensional e sistêmica, de modo que a maturidade institucional não se restringe à disponibilidade de meios, mas decorre da coerência entre doutrina, processos, estruturas de comando e controle, treinamento, integração interforças e mecanismos formais de avaliação. Por essa razão, a matriz organiza-se em dimensões complementares, permitindo identificar lacunas, gargalos e relações de interdependência que condicionam o desempenho global de qualquer capacidade.

Como ferramenta técnico-analítica, a matriz cumpre três funções centrais:

a) Classificação – situar a capacidade avaliada em um estágio de maturidade de forma consistente e comparável;

b) Diagnóstico – identificar os eixos que limitam ou potencializam a evolução da capacidade;

c) Planejamento – orientar decisões de desenvolvimento, priorização de investimentos, formulação doutrinária e modernização organizacional.

Por fim, este PTT descreve a estrutura do modelo, apresenta seus eixos analíticos, define os estágios de maturidade e oferece orientações precisas de aplicação, permitindo ao usuário empregá-lo como referência metodológica em diferentes contextos institucionais, independentemente da capacidade militar sob análise.

## 1 ESTRUTURA GERAL DO MODELO

O modelo de maturidade aqui apresentado organiza a avaliação de capacidades militares em uma estrutura bidimensional composta por **nove eixos funcionais** e **seis estágios evolutivos**. Esses dois elementos constituem o núcleo analítico da matriz: os estágios representam o nível de prontidão e integração sistêmica alcançado pela capacidade, enquanto os eixos descrevem as dimensões estruturantes que condicionam seu desempenho.

A combinação entre estágios e eixos permite caracterizar a capacidade de forma abrangente, identificando não apenas seu nível atual de maturidade, mas também as lacunas que limitam sua evolução e os componentes que exercem maior influência sobre seu desempenho global. Essa abordagem está fundamentada no princípio da interdependência sistêmica, segundo o qual a capacidade militar resulta da coerência entre doutrina, processos, tecnologias, pessoal e estruturas organizacionais.

O modelo não se baseia em percepções subjetivas, mas em uma parametrização operacional, na qual a transição entre estágios é balizada por indicadores técnicos e marcos doutrinários observáveis, que funcionam como critérios de conformidade. Os quatro pilares fundamentais de medição adotados neste estudo são:

- **Latência temporal:** redução mensurável do tempo do ciclo F2T2EA, variando de dias ou semanas nos estágios iniciais até segundos ou tempo quase real nos estágios mais avançados;
- **Grau de integração tecnológica:** evolução dos meios de compartilhamento e fusão de dados, desde comunicações analógicas por voz até enlaces digitais táticos, redes integradas e processamento automatizado por inteligência artificial;

- **Nível de autoridade e C2:** deslocamento progressivo da tomada de decisão, de estruturas centralizadas e burocráticas para modelos de delegação regulada e, prospectivamente, suporte à decisão autônoma;
- **Institucionalização e padronização:** grau de disseminação da prática, evoluindo da improvisação ad-hoc para a consolidação doutrinária, o treinamento sistêmico e a certificação operacional.

A seguir, apresentam-se os nove eixos e os seis estágios que compõem o modelo. Na seção subsequente, a matriz completa consolida esses elementos de forma integrada, permitindo sua aplicação prática em diagnósticos institucionais e no planejamento de desenvolvimento de capacidades.

## 2 EIXOS DE ANÁLISE

O modelo de maturidade estrutura-se em nove eixos de análise, que representam dimensões funcionais essenciais ao desenvolvimento e à operação de qualquer capacidade militar. Esses eixos foram selecionados por refletirem os componentes doutrinários, organizacionais, tecnológicos e procedimentais cuja integração condiciona o desempenho global da capacidade.

Cada eixo oferece um recorte analítico próprio, mas todos operam de forma interdependente: a evolução de um subsistema influencia, e frequentemente condiciona, o avanço dos demais. Assim, a maturidade institucional depende da coerência entre esses elementos e não de avanços isolados.

A seguir, apresentam-se os nove eixos que compõem o modelo:

- a) **Doutrina:** Avalia o grau de formalização, clareza e padronização conceitual associado à capacidade analisada. A doutrina define princípios, atribuições, terminologia, fluxos processuais e responsabilidades, funcionando como o alicerce normativo que orienta o emprego operacional e assegura unidade de entendimento entre níveis e setores da organização.
- b) **Comando e Controle (C2):** Examina a estrutura decisória e os mecanismos utilizados para coordenar informações, processos e meios. Inclui o grau de descentralização da decisão, a interoperabilidade dos sistemas, os fluxos de comunicação e a capacidade da organização de empregar a capacidade analisada dentro dos prazos requeridos. A maturidade deste eixo é decisiva para a responsividade institucional.

- c) **Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR):** Considera os meios, processos e sistemas destinados à coleta, análise, fusão e distribuição de informações relevantes ao emprego da capacidade. Abrange diversidade de sensores, persistência de vigilância, integração de dados e mecanismos de correlação automatizada. Este eixo sustenta a consciência situacional necessária para decisões eficazes.
- d) **Treinamento:** Avalia o preparo do pessoal responsável por planejar, empregar, operar ou apoiar a capacidade. Inclui currículos formalizados, exercícios específicos, simulações, certificações e mecanismos de avaliação de desempenho. A maturidade neste eixo indica o grau de profissionalização e repetibilidade dos processos.
- e) **Armamento / Sistemas de Engajamento:** Refere-se aos meios materiais empregados para gerar os efeitos desejados pela capacidade analisada. Engloba precisão, interoperabilidade, confiabilidade e compatibilidade com processos e sistemas de comando e controle. Em capacidades não relacionadas a efeitos cinéticos, este eixo pode ser adaptado aos sistemas de ação pertinentes (por exemplo, guerra eletrônica, cibernética ou espacial).
- f) **Meios Operacionais:** Inclui plataformas, vetores, unidades, sistemas ou estruturas responsáveis pela execução direta da capacidade. Avalia disponibilidade, prontidão, conectividade, flexibilidade e adequação tecnológica. A maturidade deste eixo indica a habilidade da organização de transformar decisão em ação.
- g) **Integração Conjunta e Multidomínio:** Examina o grau de interação e interoperabilidade entre Forças Singulares, agências civis ou parceiros internacionais, bem como entre diferentes domínios operacionais (ar, terra, mar, espaço e ciberespaço). Avalia mecanismos de coordenação, padronização de interfaces, compatibilidade técnica e fluidez processual.
- h) **Tempo de Resposta / Tempo Médio do Ciclo:** Avalia a capacidade institucional de cumprir o ciclo decisório-operacional no prazo necessário. Inclui atrasos processuais, tecnológicos, organizacionais ou informacionais que influenciam a responsividade. Este eixo traduz a eficiência temporal do sistema analisado.
- i) **Efetividade Declarada:** Considera os mecanismos formais de avaliação de desempenho, lições aprendidas e validação de resultados. Inclui indicadores, métricas, relatórios pós-ação e processos de retroalimentação. A maturidade deste eixo reflete a capacidade da organização de medir, aperfeiçoar e consolidar a capacidade ao longo do tempo.

### 3 ESTÁGIOS DE MATURIDADE

O modelo organiza a evolução de uma capacidade militar em seis estágios de maturidade, que representam níveis crescentes de integração, padronização, responsividade e desempenho sistêmico. Cada estágio descreve condições observáveis, permitindo classificar a capacidade avaliada de forma objetiva e comparável. A progressão entre estágios pressupõe não apenas o aprimoramento de um componente isolado, mas o avanço coerente do sistema como um todo.

A seguir, apresentam-se os seis estágios definidos pelo modelo.

- a) **Estágio 0 – Inexistente:** A capacidade não está formalmente estabelecida. Não há doutrina, processos, meios ou estruturas dedicadas ao seu emprego. Iniciativas, quando existentes, ocorrem de forma ad hoc, sem padronização ou continuidade.
- b) **Estágio 1 – Inicial:** A capacidade é reconhecida de forma embrionária. Existem esforços fragmentados, iniciativas isoladas e ausência de coordenação sistêmica. Processos, treinamentos ou meios ainda não formam um conjunto coerente, e o desempenho depende fortemente da experiência individual.
- c) **Estágio 2 – Em Desenvolvimento:** A capacidade passa a ser estruturada institucionalmente. Publicações iniciais, fluxos processuais, currículos de treinamento e meios dedicados começam a surgir, ainda que de modo limitado. A integração é parcial, e a execução operacional requer coordenação manual e adaptação constante.
- d) **Estágio 3 – Operacional Parcial:** A capacidade já pode ser empregada de modo consistente em cenários específicos ou controlados. Há padronização de processos, interoperabilidade moderada entre sistemas e desempenho previsível. Contudo, limitações estruturais, tecnológicas ou procedimentais restringem sua plena aplicação em ambientes mais complexos.
- e) **Estágio 4 – Maturidade Plena:** A capacidade encontra-se institucionalizada, integrada e funcional em todo o espectro de emprego previsto. Processos são estáveis, interoperabilidade é elevada, sistemas estão alinhados e o desempenho é consistente em diferentes cenários. A organização dispõe de meios, doutrina, treinamento e mecanismos avaliativos adequados às exigências operacionais.
- f) **Estágio 5 – Prospectivo:** Representa o estado desejado futuro. Caracteriza capacidades que ultrapassam o padrão vigente, incorporando automação avançada, integração multidomínio ampla, inteligência artificial aplicada, conectividade distribuída e

processos decisórios altamente responsivos. Esse estágio orienta esforços de transformação e modernização institucional.

#### 4 MATRIZ DE MATURIDADE DA CAPACIDADE

A Matriz de Maturidade integra os estágios evolutivos e os eixos funcionais do modelo, permitindo caracterizar de forma sistemática o nível de desenvolvimento de qualquer capacidade militar. Sua função é fornecer um referencial comum para avaliação, comparação e planejamento, facilitando a identificação de lacunas e a definição de prioridades de modernização.

A matriz está estruturada de modo que cada eixo seja analisado à luz dos seis estágios de maturidade já definidos, permitindo atribuir à capacidade uma classificação precisa, fundamentada em critérios observáveis. A avaliação deve ser conduzida com base em evidências documentais, operacionais e processuais, assegurando objetividade e reprodutibilidade.

A seguir, apresenta-se a Tabela 1, que consolida o modelo de maturidade:

**Tabela 8** – Matriz de Maturidade de Capacidades Militares

<b>Eixo / Estágio</b>	<b>0 – Inexistente</b>	<b>1 – Inicial</b>	<b>2 – Em Desenvolvimento</b>	<b>3 – Operacional Parcial</b>	<b>4 – Maturidade Plena</b>	<b>5 – Prospectivo</b>
<b>Doutrina</b>	Ausência de doutrina ou referências normativas.	Reconhecimento inicial; documentos incipientes ou fragmentados.	Publicações formais iniciais; escopo parcialmente definido.	Consolidada e difundida; padronizada para cenários específicos.	Abrangente, integrada a outros sistemas e institucionalizada.	Adaptativa, com revisões contínuas (lições aprendidas/ inovação).
<b>Comando e Controle (C2)</b>	Ausência de estrutura decisória ou canais formais.	Decisões fragmentadas; dependência de iniciativas individuais.	Estruturas básicas; comunicação funcional, porém limitada.	Sistemas interoperáveis; fluxo estável em ambientes controlados.	Plenamente integrado, responsivo e adaptado às exigências.	Distribuído, automatizado e conectado em ambiente multidomínio.
<b>IVR (Inteligência)</b>	Inexistência de meios ou processos de coleta/análise.	Esforços isolados; baixa padronização de produtos.	Meios iniciais dedicados; processos básicos de análise.	Coleta, fusão e distribuição consolidadas em ambientes específicos.	Integração avançada; alta persistência e confiabilidade.	Processos automatizados, IA e integração em tempo quase real.
<b>Treinamento</b>	Não há currículos ou	Informal ou esporádico;	Programas estruturados iniciais;	Currículos consolidados, avaliações	Avançado, padronizado, simulação e	Adaptativo, orientado por dados e

	preparação específica.	iniciativa individual.	materiais e exercícios básicos.	formais e certificações.	recertificação periódica.	avaliação em tempo real.
<b>Armamento / Engajamento</b>	Ausência de meios aplicáveis à capacidade.	Emprego limitado de sistemas não otimizados.	Introdução de sistemas dedicados básicos; capacidade inicial.	Sistemas confiáveis e interoperáveis em cenários controlados.	Alta precisão, integrados e compatíveis com doutrina/C2.	Baixa assinatura, alta precisão e integração automática.
<b>Meios Operacionais</b>	Não há plataformas ou unidades dedicadas.	Emprego eventual de meios existentes, com limitações.	Plataformas dedicadas iniciais, com capacidades restritas.	Aptos à execução consistente em ambientes específicos.	Plenamente adequados, integrados e preparados para cenários variados.	Conectados, adaptativos, alta automação e multidomínio.
<b>Integração Conjunta</b>	Inexistência de coordenação interforças.	Interação eventual, sem padronização.	Procedimentos básicos de coordenação estabelecidos.	Cooperação funcional entre forças e agências.	Integração plena e interoperabilidade consolidada.	Operações totalmente integradas, contínuas e automatizadas.
<b>Tempo de Resposta</b>	Incompatível com qualquer emprego significativo.	Resposta lenta, dependente de ajustes manuais.	Tempos parcialmente compatíveis, porém, inconsistente.	Prazos adequados em ambientes controlados.	Rápida e confiável, compatível com exigências operacionais.	Processos otimizados, altamente responsivos e automatizados.
<b>Efetividade Declarada</b>	Não há indicadores ou dados avaliativos.	Registros informais sem sistematização.	Indicadores iniciais de desempenho.	Avaliações formais e lições aprendidas institucionalizadas.	Sistema consolidado de métricas, validação e melhoria contínua.	Avaliação avançada, automatizada e com retroalimentação.

## 5 ORIENTAÇÕES DE USO DA MATRIZ DE MATURIDADE

A matriz de maturidade apresentada anteriormente sintetiza a arquitetura analítica do modelo, estruturada em nove eixos funcionais e seis estágios evolutivos. Mais do que um instrumento descritivo, essa matriz traduz a visão sistêmica que orienta toda a avaliação: a de que a capacidade analisada não emerge da soma de componentes isolados, mas da coerência e da integração entre eles.

Nesse contexto, o modelo deve ser interpretado como uma ferramenta de diagnóstico interdependente. Cada eixo representa um subsistema essencial — doutrinário, tecnológico,

informacional ou humano — cuja contribuição é indispensável para o funcionamento do conjunto. Assim, a maturidade de um eixo só possui significado à medida que se articula harmonicamente com os demais. Uma doutrina bem formulada, por exemplo, perde valor se o sistema de comando e controlo permanecer centralizado ou se a recolha de informações não for capaz de alimentar decisões em tempo útil.

A interpretação dos resultados da matriz, portanto, deve seguir o princípio da interdependência sistémica, segundo o qual o desempenho global do sistema é determinado pelo seu elo mais fraco. Mesmo que uma organização possua vetores modernos e armamentos de precisão, a deficiência em um eixo crítico — como o tempo médio do ciclo ou o sistema de comando e controlo — limita a efetividade do conjunto a esse patamar inferior. Em outras palavras, a maturidade não é uma média, mas um produto da integração.

Essa perspectiva traduz o que se denomina princípio do gargalo (*bottleneck principle*), amplamente reconhecido em teorias organizacionais — notadamente na **Teoria das Restrições (TOC)** — e de sistemas complexos: a capacidade total de um processo é restringida por seu ponto de maior limitação.

Sob esse enfoque, a matriz não apenas classifica, mas prioriza. Ela orienta o processo de desenvolvimento institucional ao revelar onde os investimentos, esforços doutrinários e medidas de capacitação produzirão o maior ganho sistémico. Dessa forma, o modelo de maturidade deixa de ser um instrumento puramente avaliativo e consolida-se como uma ferramenta estratégica de planeamento, capaz de guiar decisões de médio e longo prazo na construção de uma capacidade nacional de engajamento de alvos sensíveis ao tempo.

A matriz apresentada nas seções anteriores constitui o núcleo operacional deste produto técnico e deve ser aplicada de forma padronizada para assegurar comparabilidade entre diagnósticos e consistência metodológica nos processos de planeamento baseados em capacidades.

Esta seção descreve o procedimento recomendado para o emprego da ferramenta em avaliações institucionais, indicando como selecionar a capacidade a ser analisada, como identificar evidências, como atribuir estágios de maturidade e como registrar os resultados de maneira objetiva e replicável.

Ao final, apresenta-se um exemplo sintético de aplicação, ilustrando o uso da matriz a partir do caso de *Time-Sensitive Targeting* (TST), que serviu como estudo original na dissertação da qual este PTT deriva.

Para operacionalizar a avaliação, estabelece-se um roteiro sequencial de aplicação composto por etapas distintas e complementares. Este itinerário metodológico foi desenhado

para guiar o avaliador através das fases críticas do diagnóstico, garantindo que a análise evite subjetividades excessivas e mantenha o foco nos critérios técnicos e doutrinários estabelecidos pelo modelo. As etapas recomendadas para a condução desse processo são detalhadas a seguir:

a) **Seleção da Capacidade Avaliada**, o primeiro passo consiste na delimitação da capacidade militar que será analisada. O modelo é aplicável a capacidades de natureza:

- operacional (ex.: ataque, defesa aérea, transporte aéreo, TST);
- informacional (ex.: C2, guerra eletrônica, inteligência);
- organizacional (ex.: mobilização, interoperabilidade conjunta);
- tecnológica (ex.: redes, sensores, armas inteligentes).

A escolha deve ser proporcional ao objetivo institucional do diagnóstico e registrada no início do processo.

b) **Identificação dos Eixos Pertinentes**, os nove eixos funcionam como a estrutura padrão de avaliação. Contudo, o aplicador pode:

- ajustar pesos relativos, conforme relevância para a capacidade-alvo;
- excluir eixos não aplicáveis, desde que justificado; e
- acrescentar subdimensões internas, caso necessário.

A matriz permanece constante, mas sua aplicação pode ser calibrada conforme o contexto.

c) **Levantamento de Evidências**, a classificação de maturidade deve ser fundamentada em evidências verificáveis, tais como:

- documentos doutrinários e normativos;
- planos operacionais, ordens e procedimentos;
- relatórios pós-ação e lições aprendidas;
- entrevistas estruturadas com operadores e planejadores;
- inspeções técnicas e verificações de prontidão; e
- resultados de exercícios e experimentações.

Cada evidência deve ser associada ao eixo correspondente, facilitando auditorias posteriores.

d) **Atribuição dos Estágios de Maturidade**, para cada eixo, deve-se identificar o estágio (0 a 5) que melhor representa a situação observada. Recomendações:

- Em caso de dúvida entre dois estágios, adotar o mais baixo;
- Evitar classificações baseadas em iniciativas isoladas ou exceções;

- Registrar justificativas concisas para cada decisão; e
- O estágio final da capacidade é determinado pelo eixo de menor maturidade (princípio do gargalo).

Esse procedimento assegura rigor analítico e transparência no diagnóstico.

e) **Representação e Registro dos Resultados**, os resultados podem ser apresentados por meio de:

- tabelas síntese;
- gráficos radar (“spider chart”);
- mapas de calor (heatmaps); ou
- linhas de evolução temporal (baseline → metas → estágios futuros).

Essas formas de visualização auxiliam na comunicação institucional, permitindo identificar imediatamente assimetrias estruturais e áreas críticas.

## 6 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA MATRIZ: CAPACIDADE DE TIME-SENSITIVE TARGETING (TST)

A seguir apresenta-se um exemplo prático de aplicação da matriz, utilizando a capacidade de Time-Sensitive Targeting (TST) analisada na dissertação. O objetivo é demonstrar, de forma ilustrativa, como o procedimento metodológico deve ser conduzido e como a ferramenta pode apoiar avaliações institucionais.

A Tabela 2 apresenta o resultado da classificação dos eixos de maturidade referentes ao TST no contexto brasileiro, funcionando exclusivamente como demonstração do uso da matriz. Cada eixo foi posicionado no estágio correspondente ao seu nível de prontidão, integração e institucionalização, conforme o procedimento normativo estabelecido nas seções anteriores.

A distribuição obtida evidencia a assimetria típica de capacidades em desenvolvimento: alguns componentes situam-se em níveis intermediários — como doutrina, meios aéreos, armamento e treinamento — enquanto outros permanecem em estágios iniciais ou inexistentes, particularmente aqueles associados à coordenação sistêmica, interoperabilidade e desempenho temporal. O exemplo ilustra, de maneira objetiva, como o aplicador deve preencher a matriz, reconhecer os gargalos estruturantes e determinar o estágio global da capacidade avaliada.

**Tabela 9** - Análise da Capacidade de TST do Brasil

Eixo de Análise	Avaliação (0-5)	Justificativa Resumida
-----------------	-----------------	------------------------

Doutrina	2 - Em desenvolvimento	O conceito de alvos dinâmicos é mencionado no MPCOA, mas ausente na DCA 1-1; falta normatização completa.
Comando e Controle (C2)	2 - Em desenvolvimento	A cadeia decisória está prevista, mas carece de meios adequados, descentralização e agilidade operacional.
Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR)	1 - Inicial	Plataformas IVR existentes, porém não há persistência em tempo real nem fusão de dados automatizada.
Treinamento	2 - Em desenvolvimento	Exercícios isolados simulam TST tático, mas não há adestramento sistêmico com foco no ciclo completo.
Armamento	2 - Em desenvolvimento	Meios técnicos modernos ( <i>Lizard</i> , <i>SPICE</i> ) disponíveis, mas não integrados em rede de <i>targeting</i> dinâmico.
Meios Aéreos	2 - Em desenvolvimento	Vetores como o Gripen possuem potencial, mas ainda carecem de integração com C2 e IVR em tempo real.
Integração Conjunta	1 - Inicial	A interoperabilidade ainda é limitada a ações deliberadas; não há <i>targeting</i> conjunto em tempo real.
Tempo Médio do Ciclo	0 - Inexistente	A FAB ainda opera sob o paradigma da ATO de 72h; sem enlaces táticos interoperáveis ou decisões ágeis.
Efetividade Declarada	0 - Inexistente	Não há registro público de execução real ou simulação completa do ciclo F2T2EA.

O gráfico radar, Figura 1, evidencia a assimetria entre eixos tecnológicos (predominantemente no estágio 2) e eixos processuais/temporais (estágios 0 e 1). A visualização reforça a identificação de gargalos estruturais, especialmente em IVR, integração conjunta e tempo médio do ciclo.

**Figura 1** - Maturidade do TST no Brasil

## **APÊNDICE B – (PTT 2) ROADMAP PARA IMPLEMENTAÇÃO DA CAPACIDADE DE *TIME-SENSITIVE TARGETING* (TST) NO PODER AEROESPACIAL BRASILEIRO**

### **7 APRESENTAÇÃO EXECUTIVA**

Este Relatório Técnico apresenta o roadmap estratégico para a implementação da capacidade de Time-Sensitive Targeting (TST) na Força Aérea Brasileira (FAB). O documento converte o diagnóstico acadêmico desenvolvido na dissertação de referência em requisitos concretos de gestão, organizados em marcos sequenciais e critérios críticos de verificação.

O propósito central é fornecer ao Alto Comando da Aeronáutica e ao Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas (EMCFA) uma trajetória institucional clara para atingir o Estado Final Desejado (EFD): a maturidade plena da capacidade TST.

Ao final, o Roadmap apresenta o sequenciamento temporal recomendado para implementação — curto, médio e longo prazo — além de orientações de governança necessárias para assegurar continuidade institucional e priorização de recursos.

### **8 A META: O ESTADO DE MATURIDADE PLENA (ESTÁGIO 4)**

Para fins de planejamento estratégico, define-se que a FAB terá alcançado a capacidade operacional plena de TST quando o sistema atender à seguinte condição de contorno:

“Capacidade de integrar sensores, decisores e vetores em uma arquitetura digital interoperável, permitindo a execução do ciclo F2T2EA (Localizar, Fixar, Rastrear, Designar, Engajar, Avaliar) em escala de minutos, sustentada por doutrina conjunta, delegação de autoridade regulada e processos decisórios ágeis.”

Esse Estado Final Desejado expressa a maturidade sistêmica necessária para que o TST deixe de ser uma possibilidade técnica e passe a ser uma capacidade operacional institucionalizada, repetível, auditável e interoperável.

### **9 CRITÉRIOS DE SUCESSO POR EIXO ESTRUTURANTE**

Nesta etapa do planejamento, as lacunas operacionais diagnosticadas são traduzidas em requisitos objetivos de gestão. Para assegurar a efetividade do plano, estabelece-se uma distinção metodológica entre os **critérios críticos** — condições *sine qua non* para a declaração

da capacidade operacional — e os **critérios desejáveis**, que, embora não impeditivos, são recomendados para ampliar a robustez, a resiliência e a eficiência do sistema a longo prazo.

## 9.1 EIXO DOCTRINÁRIO E NORMATIVO

A meta fundamental neste eixo é garantir a institucionalização formal e a segurança jurídica do ciclo TST. Não basta a capacidade técnica; é imperativo que o operador esteja amparado por normas claras que regulem o engajamento dinâmico fora dos ciclos de planejamento deliberado.

Critérios Críticos (Indispensáveis):

- a) **Padronização Conjunta:** Publicação de Doutrina Conjunta pelo Ministério da Defesa (MD), unificando o conceito de Alvo Sensível ao Tempo (AST) e seus procedimentos entre a Marinha, o Exército e a Aeronáutica.
- b) **Regulação Específica:** Edição de uma Diretriz do Comando da Aeronáutica (DCA) que normatize o ciclo F2T2EA, distinguindo-o claramente dos processos da ATO (*Air Tasking Order*), conferindo agilidade processual.
- c) **Matriz de Autoridade:** Definição normativa precisa dos níveis de Delegação de Autoridade (DA), estabelecendo quem possui a prerrogativa de engajamento em cada janela temporal e cenário de crise.

Critérios Desejáveis:

- a) **Harmonização Internacional:** Compatibilização terminológica com os padrões da OTAN (como a NATO AJP-3.3.5) para facilitar a interoperabilidade em operações combinadas e exercícios multinacionais.
- b) **Capacitação Acadêmica:** Inclusão formal da disciplina de TST nos currículos das escolas de estado-maior e nos cursos de aperfeiçoamento de oficiais superiores das três Forças.

## 9.2 EIXO COMANDO E CONTROLE (C2)

No domínio do C2, o objetivo é assegurar a agilidade decisória sustentada por uma consciência situacional compartilhada e fidedigna. A estrutura deve permitir que a decisão flua na velocidade dos dados, eliminando gargalos burocráticos que excedam o tempo de exposição do alvo.

Critérios Críticos:

- a) **Estrutura Dedicada:** Ativação da Célula de Alvos Dinâmicos (CAD) no COMAE, com capacidade de operação ininterrupta (24/7) em situações de crise.
- b) **Visualização Integrada:** Implementação de sistema digital de *Battle Management* (BMC2) que gere uma *Common Operating Picture* acessível simultaneamente a todos os nós da rede decisória.
- c) **Flexibilidade em Voo:** Capacidade técnica consolidada de *retargeting* (redesignação de alvos) via data-link seguro e criptografado, permitindo a alteração da missão após a decolagem.

Critérios Desejáveis:

- a) **Auxílio à Decisão (IA):** Emprego de algoritmos de Inteligência Artificial para suporte à decisão, priorizando alvos automaticamente com base em matrizes de risco pré-configuradas.
- b) **Resiliência e Redundância:** Implementação de uma arquitetura de C2 distribuído, aumentando a resistência do sistema contra degradação, ataques cibernéticos e ambientes de guerra eletrônica contestados.

### 9.3 EIXO TECNOLOGIA E MEIOS (IVR, VETORES E ARMAMENTO)

Por fim, o eixo tecnológico busca viabilizar a integração física e digital do ciclo *sensor-to-shooter*. O foco recai sobre a conectividade e a disponibilidade de meios capazes de atuar em janelas de oportunidade restritas.

Critérios Críticos:

- a) **Conectividade:** Certificação e instalação operacional do Link-BR2 (ou sistema equivalente) nas frotas de caça (F-39 Gripen, A-29) e nas plataformas de vigilância (E-99).
- b) **Letalidade e Precisão:** Disponibilidade de estoques de armamento com guiamento terminal (Laser, GPS ou IIR) aptos ao engajamento de alvos em movimento.
- c) **Fusão de Dados:** Capacidade de processamento e fusão de dados multissensor (radar, ELINT, EO/IR) em tempo quase real, reduzindo a latência entre a detecção e o disparo.

Critérios Desejáveis:

- a) **Persistência:** Incorporação de Vetores Aéreos Não Tripulados (UAVs) das classes MALE ou HALE armados, permitindo vigilância e ataque prolongados sobre a área de interesse.
- b) **Atualização Dinâmica:** Acesso a constelações de satélites de baixa latência para a atualização dinâmica de coordenadas de alvos sem dependência exclusiva de meios aéreos.

## 10 ROADMAP DE IMPLEMENTAÇÃO (CRONOGRAMA FÍSICO-OPERACIONAL)

A materialização da capacidade TST exige um planejamento sequencial que respeite a curva de aprendizado institucional e a disponibilidade orçamentária. O cronograma a seguir organiza a evolução da capacidade em três horizontes temporais sobrepostos, desenhados para mitigar riscos: primeiro estabelecem-se as normas (segurança jurídica), depois integram-se os meios (capacidade física) e, por fim, massifica-se a capacidade (maturidade sistêmica).

O gráfico de Gantt ao final desta seção ilustra o encadeamento lógico entre estas fases.

### 10.1 FASE 1 — ESTRUTURAÇÃO (CURTO PRAZO: 1–3 ANOS)

Foco Estratégico: Alicerce Doutrinário e Experimentação Controlada.

Esta fase inicial é dedicada à eliminação das barreiras normativas e culturais que hoje impedem a agilidade decisória.

O objetivo não é a aquisição massiva de novos meios, mas a reorganização dos processos existentes. A prioridade é garantir que, quando a tecnologia estiver disponível, os operadores tenham respaldo jurídico e doutrinário para empregá-la.

Marcos de Entrega (*Deliverables*):

- a) Publicação da Doutrina Conjunta de TST pelo Ministério da Defesa e da respectiva DCA específica na FAB, institucionalizando o ciclo fora da ATO.
- b) Ativação experimental da Célula de Alvos Dinâmicos (CAD) no COMAE, operando em "sombra" durante exercícios de grande porte (COMAEX, TÁPIO).
- c) Ação Prioritária: Regulamentação taxativa das Regras de Engajamento (ROE) para alvos dinâmicos, definindo protocolos de disparo para cenários de paz (policimento), crise (dissuasão) e conflito armado.

### 10.2 FASE 2 — INTEGRAÇÃO (MÉDIO PRAZO: 3–6 ANOS)

Foco Estratégico: Conectividade Operacional e Letalidade.

Superada a barreira normativa, o foco desloca-se para a integração tecnológica do ciclo sensor-to-shooter. Esta fase caracteriza-se pela saída do ambiente simulado para o emprego real. Busca-se a capacidade física de conectar o sensor (quem vê) ao atirador (quem engaja) sem a necessidade de intervenção de voz ou plote manual, utilizando a espinha dorsal de dados da Força.

Marcos de Entrega:

- a) Certificação operacional do Link-BR2 (ou enlace tático equivalente) integrando as plataformas de vigilância (E-99) e os vetores de caça (F-39 Gripen).
- b) Recebimento e disponibilização nos esquadrões das primeiras munições inteligentes com capacidade de guiamento terminal autônomo (laser/GPS/IIR).
- c) Ação Prioritária: Realização do primeiro exercício de tiro real (Live Fire Exercise) executando o ciclo TST completo — da detecção por sensor remoto ao impacto — em um cenário de guerra complexa (ex.: CRUZEX).

### 10.3 FASE 3 — CONSOLIDAÇÃO (LONGO PRAZO: 6–10 ANOS)

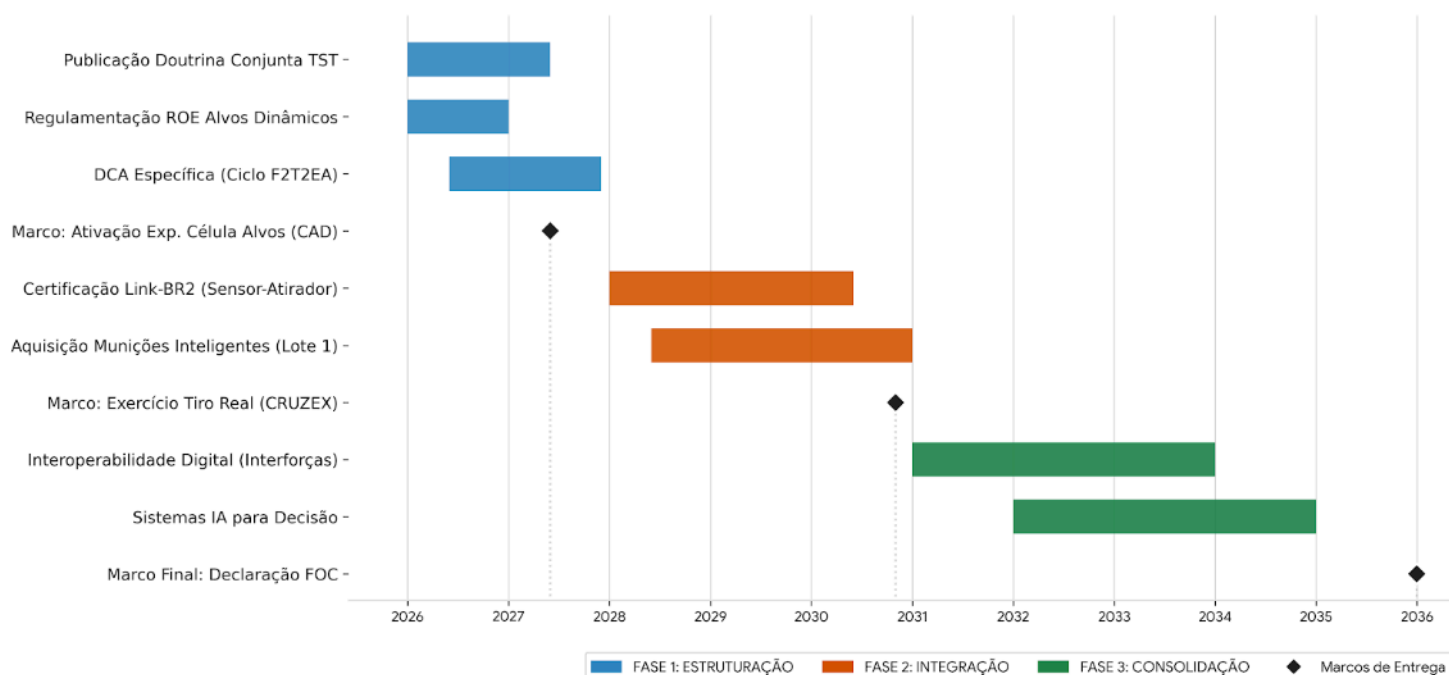
Foco Estratégico: Automação, Interoperabilidade e Jointness.

O estágio final visa transformar o TST de uma capacidade especializada da Força Aérea em uma capacidade sistêmica do Poder Aeroespacial Brasileiro. O objetivo é atingir a interoperabilidade digital plena com as demais Forças e reduzir a carga cognitiva dos operadores humanos através da automação, permitindo o gerenciamento de múltiplos alvos simultâneos em ambientes saturados.

Marcos de Entrega:

- a) Validação da interoperabilidade digital plena entre os sistemas de C2 da Marinha, Exército e Aeronáutica, permitindo o compartilhamento de alvos em tempo real.
- b) Declaração formal de *Full Operational Capability* (FOC) da capacidade de TST, atestando prontidão permanente.
- c) Ação Prioritária: Implementação de algoritmos de Inteligência Artificial e Machine Learning nos sistemas de C2 para aceleração do ciclo decisório, fusão de dados e gestão automática de prioridades de engajamento.

ROADMAP ESTRATÉGICO: CAPACIDADE TST - FAB (2026-2035)



## 11 RECOMENDAÇÕES PARA GOVERNANÇA

A implementação deste Roadmap não pode depender exclusivamente de iniciativas isoladas ou da vontade de gestões passageiras. Para mitigar o risco de descontinuidade administrativa — historicamente o maior adversário de projetos de longo prazo na Defesa —, recomenda-se a instituição de uma estrutura de governança baseada em três pilares: monitoramento interforças, auditoria operacional e vinculação orçamentária.

### a) Criação do Grupo de Trabalho Interforças (GTI-TST)

Recomenda-se a formalização de um Grupo de Trabalho permanente, subordinado diretamente ao Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas (EMCFA).

Missão: Este grupo não terá função executiva de comando, mas sim de supervisão estratégica. Caberá ao GTI-TST monitorar o cumprimento dos "Critérios Críticos" estabelecidos neste plano, sincronizar os esforços de desenvolvimento doutrinário entre as Forças Singulares e atualizar este Roadmap periodicamente conforme a evolução tecnológica.

### b) Institucionalização do Ciclo de Auditoria

A avaliação da capacidade não deve ser subjetiva. Recomenda-se a inclusão formal da verificação de capacidade TST nas inspeções anuais do Comando de Preparo (COMPREP).

Ferramenta: A auditoria deve utilizar a Matriz de Maturidade (PTT 1) desenvolvida neste estudo como checklist normativo. Isso garante que a prontidão operacional seja mensurada por métricas padronizadas, e não apenas por relatos de comando.

c) Priorização Orçamentária Vinculada a Marcos

Para evitar a fragmentação de recursos, o Planejamento Baseado em Capacidades (PBC) deve vincular os investimentos estratégicos diretamente aos marcos de entrega deste Roadmap.

Mecanismo: Projetos estruturantes como o Link-BR2, a aquisição de armamentos inteligentes e a modernização do C2 devem ter seus desembolsos condicionados ao atingimento das metas físicas das Fases 1, 2 e 3. Isso permite rastreabilidade e assegura que o orçamento finalístico esteja gerando, comprovadamente, aumento de maturidade operacional.