

**ESCOLA DE COMANDO E ESTADO MAIOR DO EXÉRCITO  
ESCOLA MARECHAL CASTELO BRANCO**

**Cel Eng FABIO ANDRADE DE ALMEIDA**

**ESTRUTURA SISTÊMICA E COLABORATIVA PARA CONCEPÇÃO CONJUNTA  
DE SISTEMAS E PLATAFORMAS DE EMPREGO MILITAR**



Rio de Janeiro  
2022

Cel Eng FABIO ANDRADE DE **ALMEIDA**

**ESTRUTURA SISTÊMICA E COLABORATIVA PARA CONCEPÇÃO CONJUNTA DE  
SISTEMAS E PLATAFORMAS DE EMPREGO MILITAR**

*Policy Paper* apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Política, Estratégia e Alta Administração Militar.

Orientador: Cel Inf Pedro Winkelmann Santana de Araújo

Rio de Janeiro

2022

A447e Almeida, Fabio Andrade de

Estrutura sistêmica e colaborativa para concepção conjunta de sistemas e plataformas de emprego militar / Fabio Andrade de Almeida. —2022.

32 f. : il. ; 30 cm

Orientação: Pedro Winkelmann Santana de Araújo.

Policy Paper (Especialização em Política, Estratégia e Alta Administração Militar)  
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2022.

Bibliografia: f. 30-32.

1. Engenharia de Sistemas. 2. Concepção. 3. Tecnologia. 4. Base Industrial de Defesa. I. Título

CDD 355

Cel Eng FABIO ANDRADE DE ALMEIDA

**ESTRUTURA SISTÊMICA E COLABORATIVA PARA CONCEPÇÃO CONJUNTA DE SISTEMAS E PLATAFORMAS DE EMPREGO MILITAR**

*Policy Paper* apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Política, Estratégia e Alta Administração Militar.

Aprovado em 14 de outubro de 2022.

COMISSÃO AVALIADORA

---

Pedro Winkelmann Santana de Araújo – Cel Inf – Presidente  
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

---

João Luiz de Araújo Lampert – Cel Inf – Membro  
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

---

Fábio El-Amme Paranhos – Cel Inf – Membro  
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

Rio de Janeiro

2022

## SUMÁRIO EXECUTIVO

O presente trabalho investiga o processo de obtenção de sistemas e materiais de emprego militar do Ministério da Defesa e das forças singulares, realizando pesquisa documental e bibliográfica. A fase de concepção foi a escolhida para aprofundamento do estudo do ciclo de vida de sistemas, onde as decisões do projeto são tomadas com maior impacto no custo, cronograma e cumprimento de requisitos técnicos e operacionais. Dentro da etapa de concepção, os principais conceitos teóricos são obtidos das normas internacionais de engenharia de sistemas, estabelecendo uma relação com as diretrizes específicas de ciclo de vida dos outros países e organizações. As estruturas de gestão de aquisições do Ministério da Defesa, Marinha, Exército e Aeronáutica também são analisadas, indicando uma constante evolução histórica, até a publicação recente de processos para concepção conjunta das três forças. Da análise documental e bibliográfica, é percebida a importância do nível de maturidade das tecnologias que compõem o sistema completo, sendo objeto de exame criterioso nos estudos de viabilidade da fase de concepção. Desta forma, ao verificar a necessidade que a base industrial de defesa tem de dominar o desenvolvimento e suporte logístico de novas tecnologias, este trabalho propõe três linhas de ação para tornar colaborativo o processo de concepção, integrando indústria, academia, instituições de pesquisa e desenvolvimento e as forças singulares. A primeira linha estabelece grupos de aplicações de sistemas e materiais de emprego militar, criando uma relação clara entre tecnologias e capacidades operativas. A segunda proposta divide as tecnologias de interesse da defesa em habilitadoras, que têm emprego imediato e suportam diversas aplicações, e emergentes, que apresentam potencial futuro de aplicação. Por fim, a terceira proposta aponta a modalidade de encomendas tecnológicas como a forma que a administração federal atualmente possui de mitigar o risco tecnológico, gerando demandas e soluções dentro da base industrial de defesa.

**Palavras-chave:** 1. Engenharia de Sistemas. 2. Concepção. 3. Tecnologia. 4. Base Industrial de Defesa.

## ABSTRACT

The present work investigates the process of systems and materials acquisition for military use of the Ministry of Defense and singular forces, conducting documentary and bibliographic research. The concept phase was chosen to deepen the study of the systems life cycle, where project decisions are made with greater impact on cost, schedule, and compliance with technical and operational requirements. Within the concept stage, the main theoretical concepts are obtained from international systems engineering standards, establishing a relationship with the specific life cycle guidelines of other countries and organizations. The procurement management structures of the Brazilian Ministry of Defense, Navy, Army, and Air Force are also analyzed, indicating a constant historical evolution, until the recent publication of processes for the joint concept of the three forces. From the documental and bibliographic analysis, the importance of the maturity level of the technologies that will compose the complete system is perceived, being the object of careful examination in the feasibility studies of the concept phase. In this way, when verifying the need of the defense industrial base to dominate the development and logistical support of recent technologies, this work proposes three lines of action to make the concept process collaborative, integrating industry, academia, research and development institutions. and the singular forces. The first line establishes application groups of systems and materials for military use, creating a clear relationship between technologies and operational capabilities. The second proposal divides the technologies of interest to the defense into enablers, which have immediate employment and support several applications, and emerging technologies, which have potential for future application. Finally, the third proposal points out the modality of technological orders as the way that the federal administration currently must mitigate technological risk, generating demands and solutions within the industrial defense base.

**Palavras-chave:** 1. Systems Engineering. 2. Concept. 3. Technology. 4. Defense Industrial Base.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>07</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>08</b>
2.1 NORMAS E MANUAIS DE ENGENHARIA DE SISTEMAS .....	08
2.2 SISTEMAS E MATERIAIS DE DEFESA NO EXTERIOR .....	11
2.2.1 Departamento de Defesa dos EUA .....	11
2.2.2 Organização do Tratado do Atlântico Norte .....	12
<b>3 CONCEPÇÃO DE SISTEMAS MILITARES NACIONAIS .....</b>	<b>13</b>
3.1 CICLO DE VIDA NA MARINHA, EXÉRCITO E AERONÁUTICA .....	13
3.2 BOAS PRÁTICAS PROPOSTAS PELO MINISTÉRIO DA DEFESA .....	14
3.3 CONCEPÇÃO CONJUNTA PARA AS TRÊS FORÇAS.....	15
<b>4 PRONTIDÃO TECNOLÓGICA DA BASE INDUSTRIAL DE DEFESA.....</b>	<b>17</b>
<b>5 CONCEPÇÃO COLABORATIVA DE SISTEMAS DE DEFESA .....</b>	<b>20</b>
5.1 APLICAÇÕES DE DEFESA .....	20
5.2 TECNOLOGIAS HABILITADORAS E EMERGENTES.....	22
5.3 POSSIBILIDADES DAS ENCOMENDAS TECNOLÓGICAS.....	25
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No ano de 2021 o governo federal executou investimentos brutos da ordem de R\$ 13,8 bilhões, sendo que a função Defesa correspondeu a 43,5% desse total, realizando desembolsos demandados pelos projetos estratégicos das forças singulares, tais como KC-390, Gripen F-39, Forças Blindadas e Programa PROSUB (BRASIL, 2022). O volume de recursos dedicados para o desenvolvimento e obtenção de sistemas e materiais para emprego militar requer uma rigorosa metodologia de concepção, planejamento, execução e acompanhamento dos contratos junto aos fabricantes nacionais e estrangeiros. Além disso, espera-se que o governo, ao exercer seu poder de compra, fomenta a Base Industrial de Defesa (BID), tornando-a viável do ponto de vista técnico, financeiro e administrativo.

Esse trabalho tem por objetivo analisar a estrutura atual de aquisição e desenvolvimento de Produtos de Defesa (PRODE) no âmbito do Ministério da Defesa e das Forças Singulares, de forma a identificar as possibilidades de amadurecimento de tecnologias para desenvolver sistemas nacionais completos de emprego militar. Com isso, espera-se formular uma estrutura de cooperação tecnológica dentro do MD que envolva instituições de ensino superior, de ciência, tecnologia e inovação, juntamente com as forças singulares e BID, em torno de aplicações de interesse para a Defesa.

O presente estudo foi baseado em pesquisa documental e bibliográfica. Normas e diretrizes de ciclo de vida de sistemas utilizadas por cada uma das três forças, pelo MD e por outros países, foram analisadas, considerando referenciais teóricos de Engenharia de Sistemas, principalmente na fase prevista de concepção. A delimitação em torno dessa fase leva em consideração que o domínio e a capacidade de produção e integração de tecnologias é que torna viável a realização de um sistema completo de defesa.

O trabalho se desenvolve ao longo de cinco capítulos. A revisão da literatura é inicialmente estabelecida, cobrindo normas consagradas de Engenharia de Sistemas e de aquisição de Defesa nos EUA e OTAN. No capítulo seguinte, a concepção de sistemas militares nacionais é tratada conforme a base normativa publicada, direcionando para o próximo capítulo, onde a prontidão tecnológica da BID é discutida, trazendo elementos para o capítulo onde propostas de desenvolvimento tecnológico aplicadas a sistemas de Defesa são apresentadas, concluindo então com considerações finais.



## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A constante evolução tecnológica que caracteriza a sociedade moderna consolida a noção de que objetos e entes isolados não são capazes de entregar, por si só, as funcionalidades requeridas por seus usuários. Ludwig Von Bertalanffy, nos seus trabalhos seminais dos anos 1950 e 1960, estabeleceu a fundamentação teórica do chamado pensamento sistêmico. Nas palavras desse autor, sistemas são “conjuntos de elementos que estão em interação” (VON BERTALANFFY, 1975). No campo tecnológico, o relacionamento dos elementos existe justamente com o propósito de atender as necessidades de um cliente de nível mais elevado, criando vínculos, interfaces e trazendo à tona novas dinâmicas emergentes que resultam da complexidade dessas interações.

### 2.1 NORMAS E MANUAIS DE ENGENHARIA DE SISTEMAS

O entrelaçamento de agentes e de sistemas físicos em operação demanda uma estrutura teórica robusta e abrangente, que possibilite a todos os envolvidos nas fases de projeto e operação a identificação clara dos processos e atividades relacionadas. Neste sentido, Engenharia de Sistemas (ES) é a abordagem transdisciplinar para trazer à realidade sistemas bem-sucedidos. Conforme o Manual SEBoK (INCOSE, 2022), é a disciplina que está focada em garantir que as peças trabalhem juntas para atingir os objetivos do todo. Grande parte do conhecimento prático gerado em ES é consolidado atualmente por três principais organizações, que atuam de forma coordenada dentro de uma estrutura de governança: o *International Council on Systems Engineering* (INCOSE); o *Systems Engineering Research Center* (SERC); e o *Institute of Electrical and Electronics Engineers Systems Council* (IEEE-SC).

Três importantes publicações são de responsabilidade dessas organizações e de sua governança: o Manual de Engenharia de Sistemas do INCOSE (INCOSE, 2015), o Guia para o Livro de Conhecimento de Engenharia de Sistemas – SEBoK e a Norma ISO/IEC/IEEE 15288:2015 – Engenharia de Sistemas e de Software – Processos do Ciclo de Vida de Sistemas (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2015). O comitê de governança dessas organizações é quem mantém o SEBoK e sua estrutura colaborativa com usuários, sendo disponibilizado de forma gratuita na internet. O manual da INCOSE, por sua vez, tem como objetivo estabelecer a fundamentação teórica de engenharia de sistemas e suas conexões práticas com o mundo real. Em termos de rigor e formalidade, a norma

ISO/IEC/IEEE 15288:2015 pode ser considerada o marco teórico vigente no campo de ES, sendo que a última versão de 2015 trouxe consolidação de terminologias juntamente com o manual da INCOSE.

Um dos conceitos mais importantes da ES é o de ciclo de vida. Todo sistema feito pelo ser humano passa por uma sequência de etapas e marcos, mesmo que isso não tenha sido previamente planejado. De uma forma genérica, um sistema opera em fases comuns, desde a sua gênese até o desmantelamento. A Norma ISO/IEC/IEEE 24748-1:2018 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018) estabelece seis estágios principais e as atividades que cada um compreende, conforme mostra a Figura 1.

<b>Estágio do ciclo de vida</b>	<b>Propósito</b>
Concepção	Identificar necessidades dos <i>stakeholders</i> Explorar conceitos Propor soluções viáveis
Desenvolvimento	Refinar requisitos do sistema Criar a descrição da solução Construir o sistema Verificar e validar o sistema
Produção	Produzir sistemas Inspeccionar e testar
Operação	Operar o sistema para satisfazer as necessidades dos usuários
Suporte	Prover a capacidade sustentada do sistema
Desfazimento	Armazenar, arquivar ou descartar o sistema

Figura 1 – Estágios e atividades do ciclo de vida de sistemas

Fonte: (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018, tradução nossa)

Ao longo da linha temporal compreendida pelo conceito de ciclo de vida, diversos processos e atividades são realizadas com o intuito de transformar uma ideia inicial em algo que atenda aos interesses e anseios das partes interessadas. A ISO/IEC/IEEE 15288:2015 agrupa todos esses processos em quatro grandes grupos, conforme indicado na Figura 2. A literatura de ES denomina “sistema de

interesse” justamente aquele que terá o encargo de cumprir os acordos contratuais quanto ao que se espera ser fornecido.

No estágio de concepção, duas atividades chamam a atenção para o desenvolvimento neste trabalho: explorar conceitos e propor soluções viáveis. Com base nas necessidades de alto nível, um conceito operacional (OPSCON) é estabelecido para expressar como o sistema funcionará, pela perspectiva do usuário. Em seguida, o espaço de soluções é estabelecido e um conjunto finito de potenciais sistemas é proposto. As respostas ao problema de alto nível podem ser obtidas através de métodos e técnicas já consolidadas, utilizando tecnologias que ainda estão sendo amadurecidas ou com uma abordagem que combine uma base habilitadora junto com possibilidades emergentes, para trazer potencial futuro de melhoria de desempenho e funcionalidade.

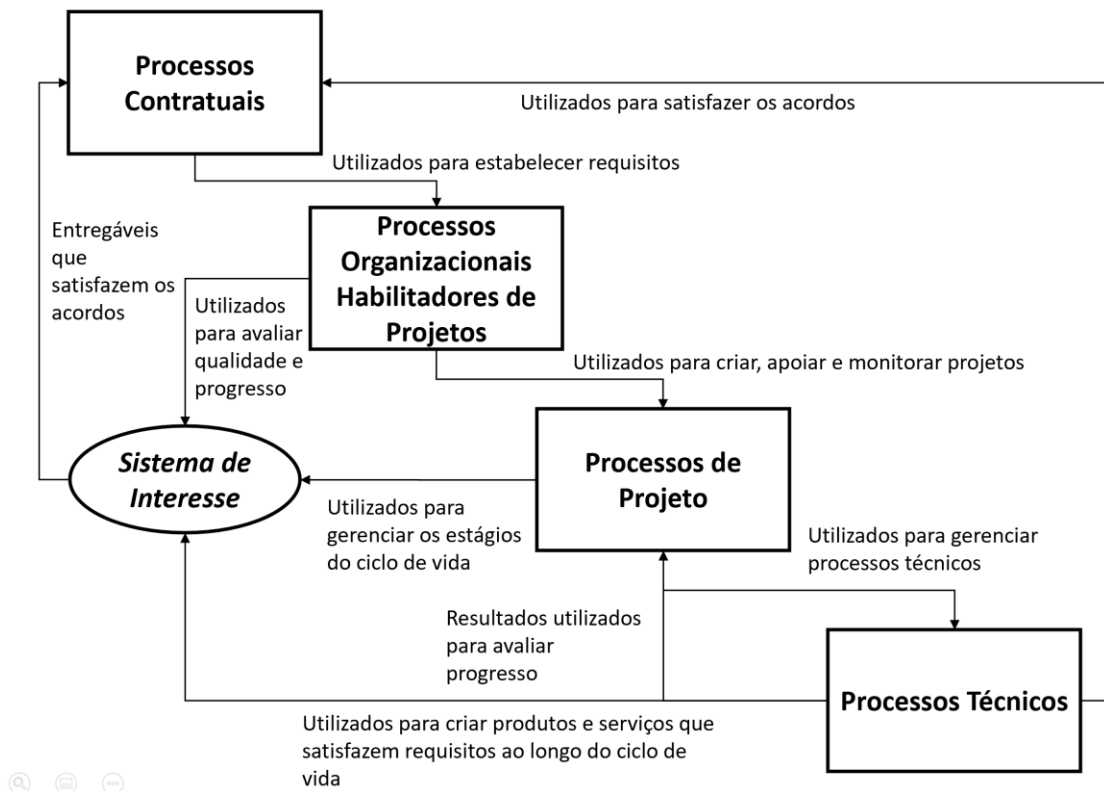


Figura 2 – Grupos de processos para a realização de um sistema de interesse

Fonte: (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2015, tradução nossa)

A importância da escolha das tecnologias que irão compor o sistema completo conduz, dentro do projeto, ao conceito de “gestão tecnológica”, gerenciando quais aquelas serão escolhidas, no início do ciclo de vida, para atender as funcionalidades requeridas, além de analisar as possibilidades de atualizações no

meio do ciclo de vida. A correta seleção de tecnologias é condição fundamental para que a solução apresentada ao problema seja sustentável e tecnicamente viável.

## 2.2 SISTEMAS E MATERIAIS DE DEFESA NO EXTERIOR

A complexidade tecnológica, os prazos e custos envolvidos no desenvolvimento e aquisição de produtos de Defesa conduzem as Forças Armadas de diversos países a estabelecerem suas próprias normas de ciclo de vida de sistemas, trazendo particularizações da literatura anteriormente apresentada. Dois casos merecem destaque no trabalho presente: o Sistema de Aquisição de Defesa dos EUA e os processos de Ciclo de Vida de Sistemas da OTAN.

### 2.2.1 Departamento de Defesa dos EUA

A Diretriz DoD 5000.01 (DEPARTAMENTO DE DEFESA, 2020) define o que se entende nos EUA pelo Sistema de Aquisição de Defesa:

O sistema de aquisição será projetado para adquirir produtos e serviços que satisfaçam as necessidades do usuário com melhorias mensuráveis e oportunas na capacidade de missão, prontidão de material e suporte operacional, a um preço justo e razoável (DEPARTAMENTO DE DEFESA, 2020, p.4, tradução nossa).

No que tange aos aspectos de ciclo de vida de sistemas de defesa, o Departamento de Defesa dos EUA pratica atualmente a chamada “Estrutura de Aquisição Adaptativa” (DEPARTAMENTO DE DEFESA, 2022), definindo diferentes fases e etapas para cada tipo de aquisição. A forma tradicional de aquisição é apresentada na Figura 3, onde uma grande capacidade material é almejada:

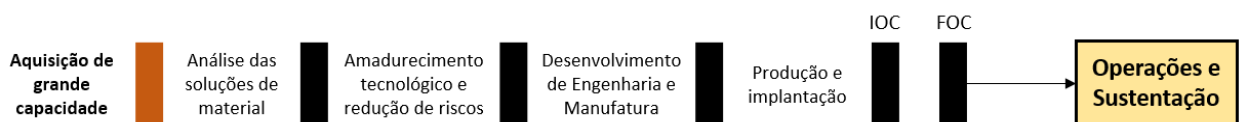


Figura 3 – Etapas e fases para aquisição de grande capacidade do DoD dos EUA

Fonte: (DEPARTAMENTO DE DEFESA, 2022, tradução nossa)

As siglas IOC e FOC remetem às declarações de operacionalidade inicial e final, respectivamente. Importante notar o destaque que essa estrutura confere às fases de análise de soluções e amadurecimento tecnológico, indicando que a fase de concepção ocupa papel relevante no ciclo de vida de produtos de defesa nos EUA. Na primeira fase é realizada a chamada Análise de Alternativas (AoA), onde vantagens e desvantagens de cada possibilidade de solução material ao problema operacional são levantadas. Na fase seguinte, almeja-se reduzir os riscos do ciclo de vida relacionados à tecnologia, engenharia e integração. Apenas após o atingimento

dos marcos relacionados às duas fases é que a decisão para engenharia e manufatura é tomada, seguindo para a realização física do sistema de interesse (DEPARTAMENTO DE DEFESA, 2021).

### 2.2.2 Organização do Tratado do Atlântico Norte

A publicação AAP-48 – Processos de Ciclo de Vida de Sistemas da OTAN – visa incrementar a interoperabilidade, a comunicação e colaboração entre os projetos de aquisição de soluções materiais dos países-membros da Organização (ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DO ATLÂNTICO NORTE, 2013). Em resumo, corresponde a uma customização da norma ISO/IEC/IEEE 15288, na versão publicada em 2008, para aplicações em defesa. A Figura 4 apresenta, de forma esquemática, as principais fases do ciclo de vida recomendado pela norma da OTAN, idênticas à normativa de referência da ISO. Entretanto, foi introduzida a fase de pré-concepção anterior ao ciclo tradicional, onde as capacidades requeridas são analisadas e discutidas (ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DO ATLÂNTICO NORTE, 2015).

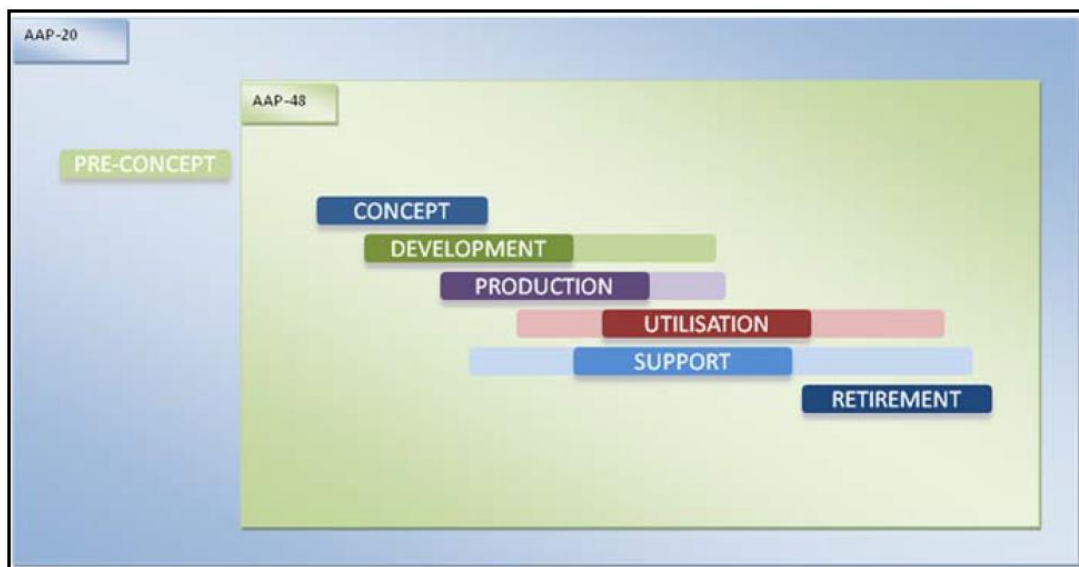


Figura 4 – Etapas e fases do ciclo de vida de sistema de defesa da OTAN

Fonte: (ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DO ATLÂNTICO NORTE, 2013, p.11)

### **3 CONCEPÇÃO DE SISTEMAS MILITARES NACIONAIS**

No Brasil, cada força singular possui uma metodologia própria de aquisição de sistemas e materiais de emprego militar, além das recentes normativas emitidas pelo Ministério da Defesa, com o objetivo de orientar uma comunicação mais eficaz quanto aos objetivos, marcos, etapas e processos de cada projeto de material de defesa.

#### **3.1 CICLO DE VIDA NA MARINHA, EXÉRCITO E AERONÁUTICA**

A Marinha do Brasil, através das publicações específicas do Estado-Maior da Armada, discute o ciclo de vida do material de emprego militar com uma abordagem dentro da função logística (BRASIL, 2002, 2003). A norma EMA-333 (BRASIL, 2004) é dedicada a sistematizar o processo de avaliação operacional de materiais de emprego da Marinha, etapa fundamental para comprovação do atendimento dos requisitos estabelecidos no início do ciclo de vida. Contextualizando no tempo, essas normas foram emitidas no início dos anos 2000, num período em que as principais publicações de ES ainda estavam sendo estabelecidas.

Um pouco mais adiante, em 2007, a Força Aérea Brasileira emitiu a Diretriz DCA 400-6 - Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica, também dentro da função logística da Força (BRASIL, 2007). De acordo com essa Norma, são nove as fases de um projeto, a saber:

1. Concepção;
2. Viabilidade;
3. Definição;
4. Desenvolvimento / aquisição;
5. Produção;
6. Implantação;
7. Utilização;
8. Revitalização, Modernização ou Melhoria; e
9. Desativação

Na fase de concepção, o problema operacional é definido através da emissão de necessidades e requisitos operacionais. A análise de alternativas, discutida anteriormente nas normativas do DoD dos EUA, ocorre dentro da fase de viabilidade da DCA 400-6, que termina com a escolha da solução pretendida. Na fase de desenvolvimento / aquisição, a questão da transferência de tecnologia é abordada

em diversos momentos, incluindo o estabelecimento dos acordos de compensação – *offset*.

Mais recentemente, o Exército Brasileiro emitiu as Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar (BRASIL, 2016), onde se consideram quatro fases da gestão do ciclo de vida:

1. Formulação Conceitual;
2. Obtenção;
3. Produção, Utilização e Manutenção; e
4. Desativação;

A gestão tecnológica já se apresenta mais claramente na fase de obtenção da referida Instrução, explicitando a possibilidade de se adquirir o sistema através de Pesquisa e Desenvolvimento. Neste caso, a Instrução prevê a obtenção e avaliação de protótipo experimental e lote-piloto, antes de prosseguir para a fase seguinte onde o sistema efetivamente será realizado para atender as necessidades dos usuários. Observa-se também a influência da Norma ISO/IEC/IEEE 15288, ainda na versão 2008, em determinadas nomenclaturas de marcos e etapas.

### 3.2 BOAS PRÁTICAS PROPOSTAS PELO MINISTÉRIO DA DEFESA

Recentemente, em 2020, o Ministério de Defesa publicou o Manual de Boas Práticas para a Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa - MD40-M-01 (BRASIL, 2020). Os conceitos extraídos da Norma ISO/IEC/IEEE 15288:2015 são claramente identificados ao longo do texto, como, por exemplo, nas fases idênticas do ciclo de vida do sistema de defesa, conforme indicado na Figura 5:

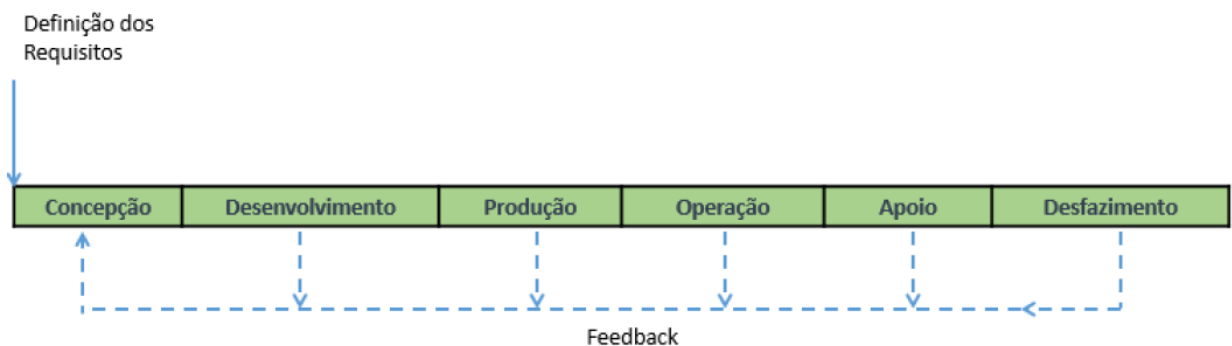


Figura 5 – Fases do Ciclo de Vida

Fonte: (BRASIL, 2020)

A proposta da fase de concepção incorpora uma série de atividades e processos críticos para o projeto, tais como definição de requisitos funcionais e técnicos, viabilidade, análise de alternativas e definição da solução material

propriamente dita. Durante a análise da viabilidade, prevê-se a elaboração do mapeamento do nível de maturidade tecnológica, para que a solução definida tenha um plano de desenvolvimento de tecnologia.

### 3.3 CONCEPÇÃO CONJUNTA PARA AS TRÊS FORÇAS

Em outubro de 2021 foi aprovada a Diretriz de Obtenção Conjunta de Produtos de Defesa (PRODE) e de Sistemas de Defesa (SD) para a administração central do Ministério da Defesa e para as Forças Singulares (BRASIL, 2021b), estabelecendo uma sistemática padronizada de obtenção, coordenando projetos comuns, promovendo a interoperabilidade e, importante para o escopo deste trabalho, fomentando a Base Industrial de Defesa (BID). Entende-se por processo de obtenção conjunta a gestão decorrente de requisitos operacionais conjuntos, realizada por uma força singular e coordenada pelo Ministério da Defesa. Dentro das orientações estratégicas definidas no documento, está o envolvimento coordenado de Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) e indústrias da BID para o desenvolvimento de competências específicas e obtenção de autonomia em tecnologias indispensáveis à Defesa Nacional.

A Diretriz possui oito anexos que aprofundam o processo de obtenção de PRODE. A Figura 6 apresenta os cinco subprocessos que abrangem todo o processo de obtenção conjunta, além do subprocesso especial que aborda uma eventual aquisição não-conjunta. A realização das atividades compreendidas em cada bloco conduz ao estabelecimento do Conceito de Operações (CONOPS), Requisitos Operacionais (ROP) e Requisitos Operacionais Conjuntos (ROC)

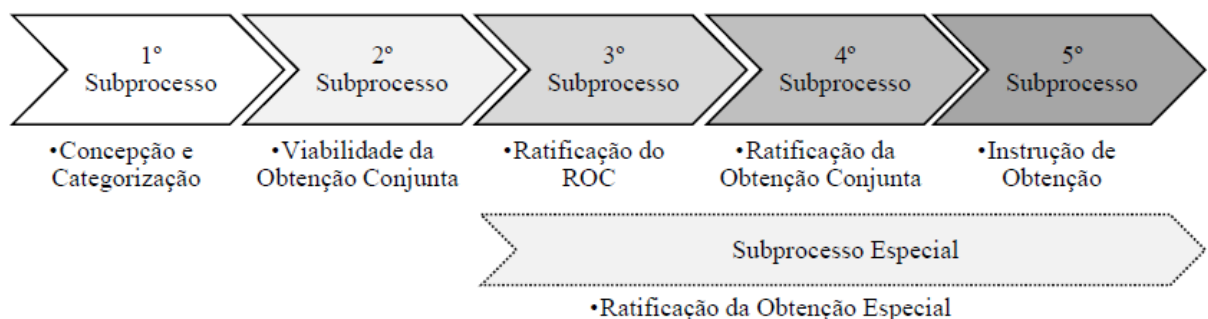


Figura 6 – Subprocessos de Concepção Conjunta

Fonte: (BRASIL, 2021b)

Dois anexos são particularmente relevantes neste estudo: o Anexo E – Estudo de Viabilidade (EV) e Anexo F – Análise da Base Industrial de Defesa (ABID), onde estão listadas diversas atividades que devem ser executadas no



subprocesso de viabilidade da obtenção conjunta. No anexo E, o objetivo do EV é descrito como:

[...] analisar as necessidades, evidenciando as possíveis soluções, tendo em vista a aplicabilidade, a praticabilidade, a aceitabilidade e a oportunidade, considerando os riscos, os prazos, o custo-benefício, entre outras variáveis (BRASIL, 2021b).

A análise de alternativas de soluções para o problema operacional também ocorre nesse estudo de viabilidade. Os dois primeiros tipos de solução a serem considerados são a solução sem obtenção e com obtenção. No caso de ser necessária uma obtenção de material, quatro modalidades são consideradas (BRASIL, 2021b):

- a) compra/aquisição de um PRODE/SD disponível no mercado nacional ou internacional;
- b) revitalização/modernização de um PRODE/SD existente no acervo das Forças Singulares;
- c) desenvolvimento de um PRODE/SD pela BID; ou
- d) solução combinada entre as anteriores.

Como estabelecido no Anexo E, desenvolver o PRODE/SD na BID é a alternativa escolhida quando se pretende alcançar autonomia tecnológica e industrial nacional, motivada muitas vezes pela negação de acesso pelos países que dominam tecnologias importantes para compor o sistema completo.

#### **4 PRONTIDÃO TECNOLÓGICA DA BASE INDUSTRIAL DE DEFESA**

Atingir independência tecnológica e logística é, segundo a Estratégia Nacional de Defesa (BRASIL, 2018), uma forma da expressão militar do poder nacional. Do ponto de vista do ciclo de vida de sistemas de defesa, o grau de autonomia do país é tão intenso quanto maior for o envolvimento de atores nacionais em todas as fases e etapas. Assim, o domínio ideal é obtido quando o produto ou sistema de defesa for concebido, desenvolvido, produzido, operado e suportado por organizações e instituições brasileiras, públicas e privadas, com a propriedade intelectual do produto inovador sendo mantida e explorada economicamente para agregar valor estratégico.

A viabilidade técnica do desenvolvimento de um novo PRODE/SD depende, necessariamente, do acesso às tecnologias que formam o sistema completo. Dentro de um projeto de pesquisa e desenvolvimento, o resultado almejado é geralmente o ensaio bem-sucedido de um protótipo em ambiente operacional relevante, demonstrando assim os ganhos de funcionalidade e desempenho que a nova tecnologia é capaz de oferecer. Entretanto, a capacidade material só é obtida quando existe possibilidade de industrialização e suporte logístico do sistema completo, indicando assim a importância técnica e operacional de uma BID tecnologicamente atualizada e capaz.

No anexo F da Diretriz de obtenção conjunta do MD são colocadas quatorze questões para nortear o que foi denominado de Análise da Base Industrial de Defesa (ABID). Algumas dessas perguntas abordam o conteúdo tecnológico dos PRODE/SD, sendo aqui listadas algumas (BRASIL, 2021b):

- a BID domina essa tecnologia ou de alguns dos sistemas relacionados? É estratégico que determinado nível de capacidade industrial seja de domínio da BID?
- existe interesse das FS e do MD em desenvolver essa tecnologia no Brasil?
- as tecnologias necessárias fazem parte daquelas listadas na END e no PAED?
- as tecnologias são de interesse da defesa nacional? Fazem parte daquelas listadas no documento que trata sobre o tema no âmbito da Defesa?

- as Organizações Militares de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação possuem algum projeto relacionado? E as Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICT)? Qual o TRL presente?

Em resumo, uma informação essencial para essa análise é a capacidade da BID de dominar e aplicar tecnologias de interesse da defesa em PRODE/SD, com suporte logístico ao longo de todo o ciclo de vida do sistema. Também faz parte da análise o grau de maturidade de uma determinada tecnologia dentro das ICTs nacionais, representado aqui pela escala TRL - *Technology Readiness Level*, que avalia se a prontidão está no nível de laboratório, ambiente operacional relevante ou produto pronto para operação.

O Ministério da Defesa em 2021 publicou, através da Portaria GM-MD Nº 3.063, a Política de Ciência, Tecnologia e Inovação de Defesa (BRASIL, 2021a), tendo como objetivo geral estimular o desenvolvimento científico e tecnológico e a inovação de interesse de Defesa. A política estabelece dez objetivos específicos para a área de CT&I de forma a promover a indústria de Defesa, a formação de recursos humanos e a pesquisa. O texto da Portaria cunha o termo “interesse da Defesa” em todos os objetivos e diretrizes, comunicando de forma clara que os produtos e aplicações tecnológicas para o setor devem ter uma forte característica prática e operacional.

Se por um lado políticas nacionais são estabelecidas no âmbito da Defesa para pesquisa, desenvolvimento e aquisição, por outro lado existem formas estruturadas de países em negar o acesso e uso de tecnologias sob seu controle. Em particular os EUA definem tecnologias críticas como sendo:

[...] essenciais para o projeto, desenvolvimento, produção, operação, aplicação ou manutenção de um artigo ou serviço que faça, ou possa contribuir significativamente para o potencial militar de qualquer país, incluindo os Estados Unidos. Isso inclui, mas não se limita a: know-how de projeto e fabricação, dados técnicos, software, equipamentos fundamentais e equipamentos de inspeção e teste (DEPARTAMENTO DE DEFESA, 2017, p. 20, tradução nossa).

Um dos instrumentos utilizados desde 1979 pela administração federal dos EUA para controle de exportação e acesso às tecnologias críticas é a lista denominada MCTL (*Militarily Critical Technology List*) – Lista de Tecnologias Militares Críticas (DEPARTAMENTO DE DEFESA, 2018). O objetivo principal dessa relação é prover uma referência técnica para o desenvolvimento e implementação de políticas de segurança do DoD em transferências internacionais de bens,

serviços e tecnologias. O próprio DoD é responsável pela atualização periódica da lista e a publicação pode não acontecer de forma ostensiva.

Em particular, sistemas e produtos de emprego militar com subsistemas eletrônicos são muito suscetíveis às restrições mencionadas, por conta da extensão da cadeia produtiva envolvida, que passa pela obtenção da matéria-prima, materiais semicondutores e placas de circuito impresso até chegar no nível de produto onde alguma funcionalidade é obtida (COSTA PINTO, 2016). Um exemplo de como tais restrições podem afetar contratos de venda e aquisição de terceiros ocorreu em 2006, quando os EUA não permitiram que a EMBRAER comercializasse as aeronaves AMX e A-29 para a Venezuela, justamente por haver componentes e subsistemas eletrônicos embarcados de propriedade intelectual de empresas norte-americanas (NETO, 2006).

Portanto, a almejada autonomia tecnológica e logística somente ocorrerá nos casos em que o ciclo de vida completo do sistema ou tecnologia for dominado pela BID nacional, desde a concepção até o suporte. Fabricantes nacionais de equipamentos, que representam empresas estrangeiras, podem não ter autonomia suficiente para prover soluções em PRODE/SD. Isso conduz à importante atividade de identificar quais são de fato as aplicações de sistemas de defesa e as tecnologias que suportam essas aplicações, para que em cima delas seja orientado o esforço de academia, ICTs e indústria.

## 5 CONCEPÇÃO COLABORATIVA DE SISTEMAS DE DEFESA

Os desafios impostos pelo objetivo da obtenção de autonomia nacional tecnológica conduzem à necessidade de identificar quais são de fato as áreas de conhecimento onde é necessário esforço humano e de capital. Entretanto, uma simples lista de tecnologias não é capaz de comunicar a necessidade premente de aplicação desse conhecimento, com o risco de dispersar o esforço em aplicações sem ou pouca relação com as necessidades operacionais de defesa. A presente seção apresenta propostas de classificação de sistemas de defesa e de tecnologias, para melhor orientar os processos de alocações de esforços e recursos em pesquisa e desenvolvimento, naquilo que pode trazer diferencial em termos materiais.

### 5.1 APLICAÇÕES DE DEFESA

A ênfase do presente trabalho é sobre sistemas e materiais de emprego militar e as respectivas tecnologias componentes. Uma análise contemporânea da literatura e dos documentos de forças e departamentos estrangeiros indica que existe um conjunto finito de aplicações onde cada PRODE/SD é facilmente categorizado. Em particular, três países fornecem elementos para a elaboração dessa lista: EUA, Reino Unido e Espanha.

A lista de tecnologias crítica militares – MCTL – publicada em 2001 (DEPARTAMENTO DE DEFESA, 2001) fornece uma sequência bastante ilustrativa de quais seriam os sistemas de emprego militar, com base no contexto tecnológico da época. Mais recentemente, o Reino Unido e Espanha publicaram importantes documentos norteando a pesquisa e desenvolvimento aplicado à defesa. A estrutura de tecnologia de defesa do Reino Unido foi publicada em 2019, definindo sete famílias de tecnologias e nove áreas de aplicação (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2019). No ano seguinte, a Secretaria de Estado da Defesa da Espanha publicou a sua Estratégia de Tecnologia e Inovação para Defesa – ETID (SECRETARIA DE ESTADO DE DEFESA, 2020), trazendo uma clara compreensão de como tecnologias, sistemas e capacidades se relacionam. A Figura 7 ilustra como esses conceitos fundamentais para as aquisições de defesa se conectam.

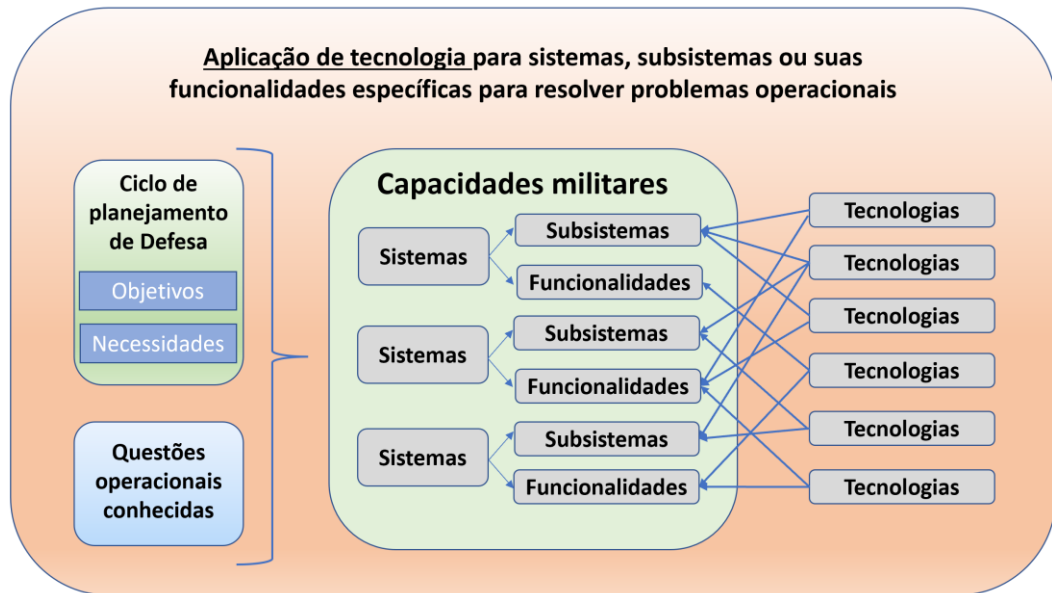


Figura 7 - Relacionamento entre necessidades, capacidades e tecnologias

Fonte: adaptado de Secretaria de Estado de Defesa (2020)

Portanto, com base nos três documentos mencionados, de EUA, Reino Unido e Espanha, são propostos onze grandes grupos de aplicações de defesa, concentradas em três categorias: tradicionais, da era digital e contemporâneas:

### **APLICAÇÕES TRADICIONAIS**

- 1 PLATAFORMAS
- 2 APERFEIÇOAMENTO DO COMBATENTE
- 3 INSTALAÇÕES
- 4 ARMAMENTOS E MUNIÇÃO
- 5 LOGÍSTICA E SUPORTE

### **APLICAÇÕES DA ERA DIGITAL**

- 6 COMUNICAÇÃO, INFORMAÇÃO E COMPUTAÇÃO
- 7 SENSORES E ELETRÔNICA
- 8 SIMULAÇÃO

### **APLICAÇÕES CONTEMPORÂNEAS**

- 9 QBRN
- 10 AMBIENTE CIBERNÉTICO
- 11 ESPAÇO

As aplicações tradicionais concentram os sistemas clássicos de emprego militar, tais como plataformas aéreas, terrestres e marítimas e armamentos de

diversos tipos. Em seguida, surgem os sistemas oriundos da era digital, intensivos em eletrônica, computação e sensores. Por fim, são listadas as aplicações contemporâneas que, de uma certa forma, cruzam com outras aplicações em cenários operacionais presentes e futuros. A presente proposta de grupos e categorias de PRODE/SD traz uma série de benefícios para a fase conceitual colaborativa da aquisição, tais como:

- permite identificar quais áreas a BID está fortalecida e em quais existe uma defasagem de soluções ofertadas;
- indica qual ou quais grupos necessitam de soluções integradas para um determinado problema operacional;
- atende às necessidades comuns das forças singulares, através de praticamente todos os grupos; e
- facilita a relação entre as tecnologias componentes de cada sistema e as funcionalidades que são entregues.

Desta maneira, é possível, por exemplo, relacionar os onze grupos de PRODE/SD com as funções tecnológicas do combate propostas por Amarante e Cunha (AMARANTE; CUNHA, 2011), a saber: Sensoriamento, Processamento, Posicionamento, Atuação e Logística. A primeira função necessita de soluções materiais do grupo de sensores e eletrônica, além de plataformas. A função de processamento é cada vez mais intensiva em comunicação, informação e computação. A atuação demanda plataformas, armamentos e munição, instalações, aperfeiçoamento do combatente etc. Logo, uma capacidade operativa moderna certamente demanda mais de um grupo de aplicações de sistemas de defesa, compondo o ciclo operacional completo.

## 5.2 TECNOLOGIAS HABILITADORAS E EMERGENTES

Os onze grupos de aplicações de sistemas de defesa são suportados por um conjunto de tecnologias cujo domínio é condição fundamental para se atingir a capacidade operacional desejada. Embora a literatura técnica e acadêmica se dedique às novas tecnologias, é importante salientar que um PRODE/SD atual é composto daquelas que passaram por processo de amadurecimento até serem consideradas consistentes o suficiente para integração no sistema completo.

A existência de um conjunto de tecnologias que suportam uma série de aplicações leva à definição de tecnologias habilitadoras. Em 2021 o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) publicou a Política de Desenvolvimento

Científico, Tecnológico e Inovação para Tecnologias Habilitadoras, considerando a seguinte definição:

São tecnologias intensivas em conhecimento científico e tecnológico, com potencial de gerar ciclos rápidos de inovação e que demandam alto investimento e capital humano especializado, sendo este conjunto de tecnologias multidisciplinar e com a capacidade de gerar a inovação de processos, bens e serviços em toda a economia e um impacto profundo em todos os campos de conhecimento, beneficiando o aumento do desempenho humano, seus processos e produtos, a qualidade de vida e justiça social (BRASIL, 2021c).

Portanto, a identificação precisa do que venham a ser tecnologias habilitadoras para aplicações de defesa pode trazer um importante direcionamento na gestão de pesquisa e desenvolvimento, na BID, nas ICTs e, inclusive, no ensino. Nessa mesma Política o MCTI listou dez tecnologias consideradas habilitadoras de aplicações para diversos segmentos da sociedade. Uma rápida análise dos grupos de aplicações de PRODE/SD leva à identificação de algumas importantes tecnologias:

COMPUTAÇÃO AVANÇADA E EMBARCADA  
 ENERGIA PARA MOBILIDADE  
 GUIAMENTO E CONTROLE  
 POSIÇÃO, NAVEGAÇÃO E TEMPO  
 SEGURANÇA DE DADOS

Por exemplo, guiamento e controle, assim como posição, navegação e tempo (PNT) são tecnologias que habilitam a mobilidade de plataformas modernas, assim como possibilitam o emprego acurado de armamentos e munições. Energia para mobilidade, incluindo propulsão dos mais diversos tipos e armazenamento, é fundamental para as plataformas e combatentes. Uma gestão segura do ciclo de vida dos dados habilita as operações no ambiente cibernético e a obtenção das observações dos sensores.

Já as tecnologias com potencial de ganhos futuros de desempenho, funcionalidade e confiabilidade, são denominadas de emergentes ou disruptivas. Seguindo uma das publicações mais abrangentes sobre o tema (ROTOLO; HICKS; MARTIN, 2015), tem-se a seguinte definição formal de tecnologia emergente:

Concebemos uma tecnologia emergente como uma inovação radical e de crescimento relativamente rápido, caracterizada por um certo grau de coerência persistente ao longo do tempo e com potencial para exercer um impacto considerável no(s) domínio(s) socioeconômico(s), que é observado em termos de composição e posição de atores, instituições e padrões de



interações, juntamente com os processos de produção de conhecimento associados. Seu maior impacto proeminente, no entanto, está no futuro e, portanto, na fase inicial ainda é um pouco incerta e ambígua (ROTOLO; HICKS; MARTIN, 2015, p. 1828, tradução nossa).

A principal diferença das tecnologias emergentes e habilitadoras reside no aspecto temporal: a habilitadora já é parte de sistemas atualmente em operação, enquanto a emergente possui o potencial de ser integrada e trazer novos patamares funcionais. Alguns exemplos podem ser listados:

ANÁLISE DE DADOS AVANÇADA  
ARMAZENAMENTO DE ENERGIA  
CONTROLE DE ASSINATURAS  
ENERGIA DIRIGIDA  
HIPERSÔNICA  
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL  
INTERNET DAS COISAS  
MANUFATURA AVANÇADA  
MATERIAIS AVANÇADOS  
NANOTECNOLOGIAS  
QUÂNTICA  
SISTEMAS AUTÔNOMOS

Distinguir habilitadora de emergente é fundamental para priorizar esforços e recursos de pesquisa e desenvolvimento. Embora inteligência artificial tenha enorme potencial disruptivo em aplicações de defesa, a falta do domínio da tecnologia habilitadora de computação avançada e embarcada limita consideravelmente as possibilidades de emprego de plataformas e armamentos modernos. Comunicação e computação quânticas também indicam para uma disrupção de aplicações, mas o estabelecimento de enlaces seguros de conexão de voz e dados demanda a integração de tecnologias já existentes e maduras.

Com isso, pode-se retornar à discussão de “tecnologias de interesse da defesa”, considerando agora os grupos de aplicação de sistemas de defesa e a separação temporal das tecnologias que necessitam de domínio imediato, daquelas onde esforço de P&D precisa ser colocado para garantir a prontidão tecnológica, quando o caráter emergente da tecnologia se consolidar e virar realidade.

### 5.3 POSSIBILIDADES DAS ENCOMENDAS TECNOLÓGICAS

Com a clara compreensão estrutural dos grupos de aplicações de sistemas de defesa e as tecnologias que suportam os PRODE/SD, o próximo passo é verificar, de uma forma ampla, como a BID está posicionada nesses dois campos. Em termos dos grupos de aplicações, empresas como EMBRAER e AVIBRAS possuem em seu portfólio plataformas aéreas, marítimas, terrestres e armamentos. Dentro do grupo EMBRAER, a ATECH fornece produtos de gerenciamento de tráfego aéreo e comando e controle; a VISIONA atua em diversas fases do ciclo de vida de plataformas espaciais; e a SAVIS produz sensores RADAR para forças terrestres. Dos onze grupos de sistemas de defesa, observa-se um grande esforço industrial nas aplicações tradicionais e um movimento apenas recente de atividade nas aplicações da era digital e contemporânea, com poucos atores envolvidos.

Na dimensão tecnológica, também se observam poucas indústrias produzindo tecnologias habilitadoras. A AEL sistemas, empresa brasileira do grupo israelense Elbit, produz e fornece diversos subsistemas eletrônicos embarcados para plataformas das forças singulares. Existem outras empresas atuando no país fornecendo tais tecnologias, mas atuando como representantes ou como presença internacional de grupos estrangeiros. Assim, é possível afirmar que a cadeia de produção de tecnologias habilitadoras da era digital para sistemas de defesa não é dominada no Brasil. Levando em conta que computação avançada e embarcada é uma tecnologia crítica com exportação negada ou restrita por outros países, tem-se que as forças singulares brasileiras hoje se encontram num estágio de uso pouco intensivo de recursos computacionais, principalmente a bordo das plataformas, com claro impacto na precisão das missões executadas e na limitação do emprego de estruturas sistêmicas de comando e controle em tempo real.

Desta forma, é necessário o fortalecimento da prontidão da BID em tecnologias que habilitem aplicações de defesa, principalmente as da era digital e contemporâneas. Retomando a discussão sobre as atividades da fase de concepção do ciclo de vida de PRODE/SD, verifica-se que as normativas estão voltadas para a obtenção de capacidade material que atenda uma necessidade operacional. Assumir na análise de viabilidade e da BID que a indústria desenvolverá a tecnologia habilitadora ao longo do processo maior de aquisição, certamente aumentará o risco da não-obtenção do produto ou sistema. Faz-se então necessária a separação entre pesquisa e desenvolvimento do ciclo de vida do produto completo, atuando no lado da demanda.

A Lei de Inovação de 2004 (BRASIL, 2004) abriu a possibilidade de o governo exercer seu poder de compra e de seus interesses de demanda através de processos de contratação onde existe risco tecnológico. A este tipo de contratação foi dado o nome de Encomenda Tecnológica (ETEC), sendo entendida da seguinte forma:

De forma geral, a ETEC é uma compra pública voltada para encontrar solução para determinado problema por meio de desenvolvimento tecnológico. Ou, formalmente, as ETECs são tipos especiais de compras públicas diretas voltadas a situações muito específicas nas quais exista risco tecnológico. São reguladas pelo Artigo 24, inciso XXXI da Lei no 8.666/1993; pelo Artigo 20 da Lei no 10.973/2004; e pela seção V do Decreto no 9.283/2018 (anexo). (RAUEN; BARBOSA, 2019, p.15)

Um dos exemplos mais proeminentes de ETEC executado pelo governo federal foi a compra do desenvolvimento da vacina Oxford AstraZeneca contra o COVID-19. Quando da ocasião da oferta ao governo brasileiro, o produto havia sido demonstrado com sucesso em laboratório e aguardava parceria para seguir com a produção em larga escala (MONTENEGRO, 2021). Portanto, não se tratava de uma obtenção tradicional porque ainda existiam riscos tecnológicos associados, principalmente na fase de produção. O Exército Brasileiro também já se fez valer em algumas ocasiões das ETECs para desenvolvimento de tecnologias aplicadas (RAUEN, 2019).

Portanto, é possível vislumbrar a ETEC como uma forma da Defesa ou forças singulares alavancarem o amadurecimento de tecnologias que habilitarão suas aplicações em sistemas e produtos de defesa. Por sua vez, as empresas da BID poderão recorrer às ICTs e academia para obter acesso, mediante instrumento formal de cooperação, à mão-de-obra qualificada e estrutura laboratorial para o desenvolvimento das tecnologias habilitadoras, mobilizando uma série de atores em torno de demandas geradas pela necessidade de atingir autonomia tecnológica e industrial.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Processos de aquisição de sistemas de defesa possuem atributos e propriedades que os diferenciam de outros setores públicos e privados. O expressivo volume de recursos empregados certamente é um diferencial quando se trata da obtenção de produtos e sistemas de defesa. Outra característica marcante é o longo ciclo temporal desde a concepção até a entrada em operação, podendo atingir mais de uma década em projetos bem-sucedidos. As demandas intensas de recursos humanos e materiais, durante diversos exercícios fiscais e gestões governamentais, traz elevado risco às obtenções de capacidades materiais para as forças singulares, inclusive o de já ocorrer obsolescência tecnológica quando o sistema estiver perto da prontidão operacional.

O trabalho criterioso, processual e metodológico durante a fase de concepção de um produto ou sistema de defesa é condição essencial para a mitigação desse e de diversos outros riscos. Eventuais necessidades de mudanças quando o sistema já estiver sendo manufaturado acarretam custos adicionais que, inclusive, podem inviabilizar o projeto por completo. É nessa fase que as tecnologias necessárias para formar o conjunto completo são levantadas e analisadas quanto à maturidade e capacidade da base industrial de defesa de produzi-las, realizar a integração e prestar o suporte logístico durante a vida útil do sistema de defesa.

O presente trabalho analisou, através de pesquisa bibliográfica e documental, os processos de obtenção de sistemas e materiais de emprego militar no âmbito do Ministério da Defesa e forças singulares. Dentro da fase de concepção, foram identificadas as atividades relacionadas à análise da prontidão tecnológica da BID, com o intuito de propor uma estrutura sistêmica e colaborativa de ciência, tecnologia e inovação do Ministério da Defesa, envolvendo forças singulares, academia, instituições de pesquisa e indústria em torno do objetivo de alcançar autonomia tecnológica nacional.

As principais referências teóricas que tratam de ciclo de vida e engenharia de sistemas foram abordadas, indicando que a fase de concepção é a apropriada para a realização de estudos de viabilidade, incluindo a técnica, onde os conceitos propostos são analisados e ponderados. Essa fase é de vital importância no sistema de obtenções de material do Departamento de Defesa, realizando a chamada Análise de Alternativas, que contempla diversas possibilidades de suprir as carências de material. As normas e diretrizes para aquisição de material e gestão tecnológica das três forças e MD foram apresentadas e analisadas. Observou-se

uma evolução crescente dos conceitos e definições de cada norma, até chegar nas recentes publicações do MD: o Manual de boas práticas para gestão de ciclo de vida de produtos de defesa e a Diretriz de obtenção conjunta de Produtos de Defesa (PRODE) e de Sistemas de Defesa (SD). Esses dois documentos indicam a intenção do MD de consolidar nomenclaturas, processos e atividades comuns de obtenção para as forças singulares.

A Diretriz conjunta apresenta diversas atividades e subprocessos a serem realizados na fase de concepção do ciclo de vida do PRODE/SD. Dois anexos do documento são dedicados a realizar estudos de viabilidade e analisar a prontidão tecnológica e industrial da BID. Uma série de perguntas são propostas para trazer ao avaliador uma percepção mais acurada de como a indústria estaria preparada para executar um contrato de aquisição. Entretanto, é nesse ponto que entra mais uma característica dos processos de aquisição de defesa: muitas das tecnologias que compõem o sistema completo são consideradas críticas, i.e., têm seu acesso restrito ou mesmo negado.

Tendo em vista as características da obtenção de PRODE/SD e a necessidade de se atingir independência tecnológica e logística previstas na Estratégia Nacional de Defesa, este trabalho propôs elementos para tornar colaborativa a fase de concepção, com a possibilidade de a BID trabalhar no amadurecimento de tecnologias antes mesmo do estabelecimento de um grande contrato de sistema de defesa. A primeira proposta é de formalizar grupos e categorias de sistemas e materiais de emprego militar que atendam às três forças. Com base em recentes publicações do Reino Unido e Espanha, foram sugeridos onze grupos, demonstrando a aderência deles com as funções tecnológicas do combate, independente de qual ou quais forças singulares farão o emprego, além de trazer uma interessante percepção sobre o estágio atual tecnológico da nossa BID.

A segunda proposta é de separar as tecnologias de interesse da defesa em dois tipos: habilitadoras e emergentes. Enquanto o primeiro tipo tem aplicação imediata e já suporta PRODE/SD em operação, o segundo é aquele que demonstra potencial futuro de ganhos de funcionalidade e desempenho. Exemplos de cada um dos tipos são apresentados, mostrando que no caso das tecnologias habilitadoras, que suportam aplicações para todas as forças singulares, existe um passivo tecnológico nacional que necessita de ação imediata. A terceira e última proposta sugere ao MD e forças singulares o exercício de seu poder de compra e da demanda por inovação utilizando do instrumento das Encomendas Tecnológicas,

atuando diretamente na mitigação do risco tecnológico dentro da BID com contratos de desenvolvimento de tecnologias habilitadoras que alavancarão aplicações para todas as forças. Com isso, é possível agir de forma proativa no aumento da maturidade tecnológica das nossas indústrias de defesa, em um processo externo ao ciclo da aquisição do sistema de interesse, onde é desejável que a indústria tenha formas robustas de demonstração de capacidade técnica e industrial.

Por fim, o presente trabalho se propôs a investigar como as tecnologias e a nossa base industrial de defesa podem colaborar de forma efetiva na inovação e criação de novos produtos e sistemas de emprego militar. Conhecer e dominar tecnologias que habilitem sistemas atuais e futuros, tendo cadeias produtivas com capital nacional, certamente trarão maior liberdade de ação no planejamento e emprego da defesa nacional.

## REFERÊNCIAS

AMARANTE, J. C. A. do; CUNHA, M. B. da. As funções tecnológicas do combate: sua evolução e aplicação nos estudos e planos da área de defesa. **Revista da Escola de Guerra Naval**, v. 17, n. 2, p. 213–228, 2011.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **DCA 400-6 Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica**. Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Decreto Legislativo nº 179, de 2018. Aprova a Política Nacional de Defesa, a Estratégia Nacional de Defesa e o Livro Branco de Defesa Nacional, encaminhados ao Congresso Nacional pela Mensagem (CN) nº 2 de 2017 (Mensagem nº 616, de 18 de novembro de 2016, na origem). **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 155, n. 241, p. 4, 17 dez. 2018.

BRASIL. Exército. Portaria Nº 233, de 15 de março de 2016. Aprova as Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar (EB10-IG-01.018), 1ª Edição, 2016, e dá outras providências. **Boletim do Exército**, Brasília, DF, n. 11, 18 mar. 2016.

BRASIL. Instrução Normativa nº 1/EMCFA-MD, de 10 de janeiro de 2020. Aprova o Manual de Boas Práticas para a Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa - MD40-M-01 (1ª Edição/2019). **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 157, n. 8, p. 9, 13 jan. 2020.

BRASIL. **Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Brasília, DF, 2 dez. 2004. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm)>. Acesso em: 18 jul. 2022.

BRASIL. Marinha. Estado-Maior. **EMA 333 Sistemática para Avaliação Operacional na Marinha do Brasil**. Brasília, DF, 2004.

BRASIL. Marinha. Estado-Maior. **EMA 400 Manual de Logística da Marinha**. Brasília, DF, 2003.

BRASIL. Marinha. Estado-Maior. **EMA 420 Normas para a Logística de Material**. Brasília, DF, 2002.

BRASIL. Ministério da Economia. **Despesas por Função do Governo Central: Classificação COFOG - 2021**. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <<https://www.tesourotransparente.gov.br/publicacoes/cofog-despesas-por-funcao-do-governo-central/2021/114>>. Acesso em: 10 jul. 2022.

BRASIL. Portaria GM-MD nº 3.063, de 22 de julho de 2021. Aprova a Política de Ciência, Tecnologia e Inovação de Defesa. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 158, n. 141, p. 13-14, 28 jul. 2021.

BRASIL. Portaria GM-MD nº 4.070, de 5 de outubro de 2021. Aprova a Diretriz de Obtenção Conjunta de Produtos de Defesa (PRODE) e de Sistemas de Defesa (SD) para a administração central do Ministério da Defesa e para as Forças Singulares. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 158, n. 194, p. 15, 14 out. 2021.

BRASIL. Portaria MCTI nº 5.365, de 2 de dezembro de 2021. Dispõe sobre a Política de Desenvolvimento Científico, Tecnológico e Inovação para Tecnologias Habilitadoras, no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 158, n. 228, p. 9-10, 6 dez. 2021.

COSTA PINTO, E. **Cadeia global de valor de eletrônicos e a inserção do Vietnã e da Malásia**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td-2196.pdf>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

DEPARTAMENTO DE DEFESA (EUA). **DoD Directive 5000.01**: The Defense Acquisition System. Washington, 2020.

DEPARTAMENTO DE DEFESA (EUA). **DoD Instruction 5000.02**: Operation of the Adaptive Acquisition Framework. Washington, 2022.

DEPARTAMENTO DE DEFESA (EUA). **DoD Instruction 5000.85**: Major Capability Acquisition. Washington, 2021.

DEPARTAMENTO DE DEFESA (EUA). **DoDI 2040.02**: International Transfers of Technology, Articles, and Services. Washington, 2017.

DEPARTAMENTO DE DEFESA (EUA). **DoDI 3020.46**: The Militarily Critical Technologies List (MCTL). Washington, 2018.

DEPARTAMENTO DE DEFESA (EUA). **Militarily Critical Technologies**. Washington, 2001.

INCOSE. **Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEB), version 2.6**. [S. l.], 2022. Disponível em: <[https://www.sebwiki.org/w/images/sebwiki-farm!w/6/66/SEB\\_v\\_2.6\\_20220520.pdf](https://www.sebwiki.org/w/images/sebwiki-farm!w/6/66/SEB_v_2.6_20220520.pdf)>. Acesso em: 18 jul. 2022.

INCOSE. **Systems Engineering Handbook**: A guide for system life cycle processes and activities. 4. ed. Hoben: John Wiley & Sons, Inc., 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/IEC/IEEE 15288 - Systems and Software Engineering**: System Life Cycle Processes. Genebra, 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/IEC/IEEE 24748-1:2018 - Systems and software engineering — Life cycle management — Part 1**: Guidelines for life cycle management Genebra, 2018.

MINISTÉRIO DA DEFESA (Reino Unido). **Defence Technology Framework**: Defence Science and Technology. Londres, 2019. Disponível em:



<<https://www.gov.uk/government/publications/defence-technology-framework>>. Acesso em: 6 abr. 2022.

MONTENEGRO, K. B. **Encomenda Tecnológica da vacina contra COVID-19 no Brasil: integração virtuosa entre ICT, empresa e Estado.** [S. l.], 2021. Disponível em: <<https://fortec.org.br/2021/10/08/encomenda-tecnologica-da-vacina-contra-covid-19-no-brasil-integracao-virtuosa-entre-ict-empresa-e-estado/>>. Acesso em: 23 jul. 2022.

NETO, R. B. Embraer cogita desistir de venda à Venezuela. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 21 jan. 2006. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/brasil/fc2101200610.htm>>. Acesso em: 18 jul. 2022.

ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DO ATLÂNTICO NORTE. **NATO Standard AAP-20: NATO Programme Management Framework.** [S. l.], 2015.

ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DO ATLÂNTICO NORTE. **NATO Standard AAP-48: NATO System Life Cycle Processes.** [S. l.], 2013.

RAUEN, A. T. **Atualização do mapeamento das encomendas tecnológicas no Brasil.** Brasília, DF, 2019. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9524>>. Acesso em: 18 jul. 2022.

RAUEN, A. T.; BARBOSA, C. M. M. **Encomendas tecnológicas no Brasil: guia geral de boas práticas.** Brasília, DF, 2019. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/8907>>. Acesso em: 18 jul. 2022.

ROTOLO, D.; HICKS, D.; MARTIN, B. R. What is an emerging technology?. **Research Policy**, v. 44, n. 10, p. 1827–1843, 2015.

SECRETARIA DE ESTADO DE DEFESA (Espanha). **Defence Technology and Innovation Strategy (ETID) 2020.** Madrid, 2020. Disponível em: <[https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/e/t/etid\\_2020\\_ingles.pdf](https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/e/t/etid_2020_ingles.pdf)>. Acesso em: 6 abr. 2022.

VON BERTALANFFY, L. **Teoria Geral dos Sistemas.** Petrópolis: Vozes, 1975.