

**ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO
ESCOLA MARECHAL CASTELLO BRANCO**

Cel Eng Aer FERNANDO MARCUS DA ROCHA CERQUEIRA

**Avaliação de riscos para projetos de
desenvolvimento e industrialização de produtos
estratégicos de defesa**



Rio de Janeiro
2020

Cel Eng Aer FERNANDO MARCUS DA ROCHA **CERQUEIRA**

Avaliação de riscos para projetos de desenvolvimento e industrialização de produtos estratégicos de defesa

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 R1 Jair Rodrigues da Cruz Júnior

Rio de Janeiro
2020

B273u Cerqueira, Fernando Marcus da Rocha

Avaliação de riscos para projetos de desenvolvimento e industrialização de produtos estratégicos de defesa. / Fernando Marcus da Rocha Cerqueira . —2020.
54 f. : il. ; 30 cm.

Orientação: Jair Rodrigues da Cruz Júnior.
Policy Paper (Especialização em Política, Estratégia e Alta Administração do Exército)
– Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2020.
Bibliografia: f. 43-48.

1. BASE INDUSTRIAL DE DEFESA - RISCOS. 2. DESENVOLVIMENTO . 3. INDÚSTRIA DE DEFESA. 4. INOVAÇÃO. I. Título.

CDD 355.6

Cel Eng Aer FERNANDO MARCUS DA ROCHA **CERQUEIRA**

Avaliação de riscos para projetos de desenvolvimento e industrialização de produtos estratégicos de defesa

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 _____ de _____ de 2020.

COMISSÃO AVALIADORA

JAIR RODRIGUES DA CRUZ JÚNIOR – Cel R1 – Presidente
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

ROGÉRIO DE AMORIM GONÇALVES – Cel R1 – Membro
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

FERNANDO LUIZ VELASCO GOMES – Cel R1 – Membro
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

Toda gratidão a Deus pelas incontáveis bênçãos e à minha esposa Maria Cristina Ferreira Cardoso pelo carinho, apoio e paciência expressados ao longo do Curso de Política Estratégica e Alta Administração do Exército.

AGRADECIMENTOS

Ao Cel Jair Rodrigues da Cruz Júnior pela orientação segura, oportuna e enriquecedora e também pelo incentivo durante todo desenvolvimento do presente trabalho. Sua disponibilidade e dedicação foram fundamentais para realização das tarefas propostas.

Aos meus pais, Leila da Rocha Cerqueira e Fernando José de Carvalho Cerqueira (*in memoriam*) pela educação que me proporcionaram durante toda a minha vida.

SUMÁRIO EXECUTIVO

O Ministério da Defesa (MD) e as Forças Singulares (FS) desempenham papel central no fortalecimento da Base Industrial de Defesa (BID), seja por meio de contratos de aquisição de Sistemas de Defesa, seja por meio de ações viabilizadoras dedicadas, lançando mão, por exemplo, de instrumentos legais de incentivo ligados a procedimentos licitatórios específicos, acesso a regime especial tributário e financiamentos para a área de defesa. O desenvolvimento de Sistemas de Defesa costumeiramente conta com tecnologias inovadoras com longo tempo de maturação. O entendimento do estágio de maturidade e dos riscos técnicos envolvidos ganha papel relevante no apoio a tomada de decisão pelos diversos atores envolvidos. O uso de Nível de Maturidade Tecnológica (TRL) na análise de Produtos de Defesa e em alguns processos de aquisição do MD e pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) comporta certo grau de subjetividade e se mostra pouco adequado para traduzir o nível de maturidade de sistemas complexos, principalmente quando se constituem de tecnologias de diferentes níveis de maturidade. São examinados outros indicadores desenvolvidos justamente para cobrir essa lacuna: o Nível de Maturidade de Sistema (SRL) e a Avaliação de Risco Técnico (TRA). Esses indicadores configuram valiosa informação para apoio à tomada de decisão pelos diversos participantes do ciclo peculiar da Indústria de Defesa. É identificada a oportunidade de estabelecer boas práticas de avaliação de maturidade e de riscos de maneira uniforme, com reconhecimento amplo para maior transparência sobre o estágio de desenvolvimento de Sistemas de Defesa.

Palavras-chave: Base Industrial de Defesa - Riscos. Desenvolvimento. Indústria de Defesa. Inovação.

EXECUTIVE SUMMARY

The Ministry of Defense and the Armed Forces play a central role in strengthening the Defense Industrial Base, either through contracts for the acquisition of Defense Systems, or through dedicated enabling actions, using , for example, of legal incentive instruments linked to specific bidding procedures, access to special tax regime and financing for the defense area. The development of Defense Systems usually relies on innovative technologies with a long maturation time. Understanding the maturity stage and the technical risks involved takes on a relevant role in supporting decision-making by the various actors involved. The use of Technology Readiness Level in the analysis of Defense Products and in some of Ministry of Defense acquisition processes and by the Ministry of Science, Technology and Innovations involves a certain degree of subjectivity and proves to be inadequate to translate the level maturity of complex systems, especially when they consist of technologies of different levels of maturity. Other indicators developed to cover this gap are examined: the System Maturity Level (SRL) and the Technical Risk Assessment (TRA). These indicators constitute valuable information to support decision making by the various participants in the peculiar cycle of the Defense Industry. Opportunity to establish good practices on maturity evaluation and risk assessment in a uniform manner has been identified, with broad recognition for greater transparency on the stage of development of Defense Systems.

Key-words: Defense Industrial Base - Risks. Development. Defense Industry. Innovation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema original de gerenciamento de aquisições de Defesa - US DoD ..	26
Figura 2 - Principais marcos de transição (gates) e pontos de decisão/control (milestones) para Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa.	32
Figura 3 - Arquitetura de avaliação de maturidade e risco técnico	36
Figura 4 - Ilustração de mapeamento pe sistemas para avaliação de maturidade ...	37
Figura 5 - O modelo de Maturidade de Sistema	38
Figura 6 - Processo de avaliação de risco técnico do Governo australiano	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A&S	"Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition and Sustainment"
ABIMAQ	Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos
ABIMDE	Associação Brasileira das Indústrias de Materiais de Defesa e Segurança
AED	Ação Estratégica de Defesa
AT	Assessor Técnico
BID	Base Industrial de Defesa
CADMID	Concepção, Avaliação, Demonstração, Fabricação, Em Serviço, Desfazimento
CADMIT	Concepção, Avaliação, Demonstração, Migração, Em Serviço, Terminação
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CMID	Comissão Mista da Indústria de Defesa
CND	Capacidades Nacionais de Defesa
COMAER	Comando da Aeronáutica
COMGAP	Comando Geral de Apoio
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
DEPFIN	Departamento de Financiamentos e Economia de Defesa
DEPROD	Departamento de Produtos de Defesa
DIRMAB	Diretoria de Material Aeronáutico e Bélico
DoD	"Department of Defense"
DSTO	"Defense Science and Technology Organization"
EAPPD	Equipe de Avaliação de Projetos de Pesquisadores e Desenvolvedores
EB	Exército Brasileiro
ED	Estratégia de Defesa

EDVL	Estudo de Definição/Viabilidade Logística
EED	Empresa Estratégica de Defesa
EMAER	Estado-Maior da Aeronáutica
END	Estratégia Nacional de Defesa
EUA	Estados Unidos da América
FAB	Força Aérea Brasileira
FS	Forças Singulares
GAO	"Government Accountability Office"
IMATEC	Índice de Maturidade de autoria da Agência Espacial Brasileira
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IRL	Nível de Maturidade de Integração ou "Integration Readiness Level"
KiD	"Knowledge in Defense"
LDBN	Livro Branco da Defesa Nacional
MB	Marinha do Brasil
MCTI	Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações
MD	Ministério da Defesa
MRL	Nível de Prontidão de Fabricação ou "Manufacturing Readiness Level"
OND	Objetivo Nacional de Defesa
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PEED	Produto Estratégico de Defesa
PND	Política Nacional de Defesa
PRODE	Produto de Defesa
RANS	Requisitos de Alto Nível de Sistemas

RCP	Revisão Crítica de Projeto
RDR	Revisão de Definição de Requisitos
REM	Requisitos de Estado-Maior
RETID	Regime Especial Tributário para a Indústria de Defesa
RMP	Plano de Gerenciamento de Riscos
RPP	Revisão Preliminar de Projeto
RV	Revisão de Viabilidade
SD	Sistemas de Defesa
SEPROD	Secretaria de Produtos de Defesa
SisCaPED	Sistema de Cadastramento de Produtos e Empresas de Defesa
SMEM	Sistemas de Material de Emprego Militar
SRL	Nível de Maturidade de Sistema ou "System Readiness Level"
TRA	Avaliação de Risco Técnico ou "Technical Risk Assessment"
TRL	Nível de Maturidade Tecnológica ou "Technology Readiness Level"
US DoD	Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	METODOLOGIA.....	15
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	16
3.1	ABORDAGEM POLÍTICO-ESTRATÉGICA DO GOVERNO PARA A INDÚSTRIA DE DEFESA	17
3.2	BASE LEGAL PARA OS INCENTIVOS À INDÚSTRIA DE DEFESA.	18
3.3	PROCESSOS GOVERNAMENTAIS PARA A AQUISIÇÃO DE DEFESA	20
3.4	ALGUMAS OUTRAS APLICAÇÕES GOVERNAMENTAIS DE MÉTRICAS DE MATURIDADE	24
3.5	O USO DE MÉTRICAS DE MATURIDADE E RISCOS POR ALGUNS OUTROS GOVERNOS.....	25
4	MATURIDADE DE SISTEMA E RISCOS TÉCNICOS PARA A BID.....	31
4.1	MD NO APOIO À BID	31
4.2	USO DO NÍVEL DE MATURIDADE NAS AQUISIÇÕES DO MD	32
4.3	DIFICULDADES NO USO DO TRL PARA SISTEMAS COMPLEXOS	34
4.4	NÍVEL DE MATURIDADE DE SISTEMA E A AVALIAÇÃO DO RISCO TÉCNICO.....	35
4.5	TRANSPARÊNCIA E INDEPENDÊNCIA.....	39
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	41
	REFERÊNCIAS	43
	ANEXO A PERCURSOS ALTERNATIVOS DA ESTRUTURA ADAPTATIVA DE AQUISIÇÃO - US DOD	49
	ANEXO B NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLÓGICA (TRL)	50
	ANEXO C NÍVEIS DE MATURIDADE DE INTEGRAÇÃO (IRL).....	52
	ANEXO D SRL NO CONTEXTO DO GERENCIAMENTO DE TECNOLOGIA PARA O UK MOD	54

1 INTRODUÇÃO

Com fundamento na Política Nacional de Defesa (PND) e na Estratégia Nacional de Defesa (ora em fase de revisão junto ao Congresso Nacional - Lei Complementar 97/1999, Art. 9º, parágrafo 3º), o Brasil concebe sua Defesa Nacional conforme BRASIL (2020c) e outros, com o posicionamento de buscar a regularidade orçamentária para o Setor de Defesa, adequada ao pleno cumprimento de suas missões constitucionais e à continuidade dos projetos de Defesa, bem como priorizar os investimentos em Ciência, Tecnologia e Inovação relativos a produtos de defesa de aplicação dual, visando à autonomia tecnológica do País. Em linha com o exposto, está justamente como objetivo nacional de defesa, promover a autonomia produtiva e tecnológica na área de defesa.

De acordo com a Estratégia Nacional de Defesa (END), também em fase de avaliação no Congresso, a defesa do Brasil exige o permanente fortalecimento de sua Base Industrial de Defesa – BID. Em relação aos aspectos comerciais, conforme BRASIL (2020c), estes devem estar subordinados aos imperativos estratégicos, com o propósito de permitir o atendimento dos Objetivos Nacionais de Defesa.

Considerando-se a peculiaridade dos setores de defesa, é importante que os incentivos sejam efetivos, de modo a de fato fomentar a cadeia de desenvolvimento, produção e comercialização. Daí a necessidade, conforme BRASIL (2020c), de regimes legal, regulatório e tributário especiais, de forma a proporcionar maior nível de segurança às empresas nacionais e maior regularidade nas demandas estatais por produtos de defesa, sem prejudicar a competição no mercado e o desenvolvimento de novas tecnologias.

A efetividade de tais regimes está justamente na capacidade de proporcionar à Base Industrial de Defesa, conforme descrito em BRASIL (2020c), condições de aumentar sua competitividade, em especial com relação ao mercado externo, de forma a incrementar sua escala de produção e, dessa forma, promover maior regularidade às demandas de produtos, quer sejam exclusivamente de defesa, quer sejam de aplicação dual.

Por outro lado, também de acordo com a versão da END em fase de revisão conforme BRASIL (2020c), a contrapartida para tais regimes especiais deve ser a observância pela BID de requisitos estabelecidos pelo Estado, de acordo com os pertinentes instrumentos legais, de sorte que tal condição não configure privilégios,

mas prerrogativas decorrentes de seu comprometimento com o preparo do Poder Nacional.

A viabilização do uso dos procedimentos licitatórios específicos, acesso a regime especial tributário e financiamentos para a área de defesa estão entre os desafios para incentivo à BID. Além disso, são áreas de atenção também as questões relacionadas a assimetria regulatória e tributária, instrumentos financeiros para exportação, entre outras.

O ciclo peculiar da indústria de Defesa é comumente baseado, de início, na Inovação e P&D (Pesquisa e Desenvolvimento), passando pela Prototipação e Industrialização, culminando com a Comercialização e Exportação.

Há algumas dificuldades inerentes à BID em termos de algumas barreiras para levantar fundos para desenvolver ou alavancar negócios, como por exemplo, questões ligadas a: "compliance", risco de imagem, desconhecimento do mercado, risco Brasil, burocracia estatal, risco orçamentário, conteúdo nacional, risco político, aspectos fiscais e cambiais entre outros.

Uma característica costumeira do desenvolvimento de Sistemas de Defesa é justamente o uso de tecnologias inovadoras com longo tempo de maturação, o que representa riscos altos para sua estruturação financeira.

Assim, os riscos técnicos complementam o cenário de dificuldades para a BID, ligados ao nível de maturidade tecnológica do sistema de defesa e sua maturidade de integração de tecnologias em sistemas complexos.

Estes riscos são justamente os que se refletem nos perigos de atrasos em cronograma, nos perigos de ocorrência de custos além do planejado e nos perigos de não atendimento completo aos requisitos operacionais iniciais.

A questão evidencia a importância do papel de ferramentas de maturidade tecnológica e de avaliação de riscos e sua adequação ao uso pelos diversos atores participantes do Ciclo da Indústria de Defesa.

Ressalte-se que, além dos processos de aquisições governamentais por meio das Forças Singulares (FS), conforme BRASIL (2020c), os financiamentos e investimentos em defesa podem ter outros participantes como por exemplo: Fundos Constitucionais, Fundos Contábeis, Orçamentos Públicos, Fundos Setoriais, Parcerias Nacionais e Internacionais, Empresas Públicas, Seguros e Garantias, Agentes Financeiros Nacionais, Investimento Estrangeiro Direto.

O artigo buscará examinar justamente métricas utilizadas para identificação de características tecnológicas e riscos técnicos associados para o desenvolvimento de Sistemas de Defesa, boas práticas já adotadas e disponíveis atualmente e propor a adoção de melhorias visando dar maior transparência sobre o desenvolvimento e industrialização de produtos de defesa para os atores típicos envolvidos nesses processos, bem como entidades setoriais, governo, instituições financeiras entre outros.

Em resumo, serão estudadas oportunidades de melhorias em alguns processos existentes ligados a Sistemas de Defesa buscando tornar cada vez mais efetiva a atuação do Estado no incentivo à BID. Tais oportunidades de melhoria devem ser substanciadas em linhas de ação concretas e recomendações para a tomada de decisão nas instâncias aplicáveis.

2 METODOLOGIA

Será usada metodologia qualitativa, de caráter exploratório, por meio de pesquisa bibliográfica e algumas entrevistas desenvolvidas junto a determinados atores relevantes da cadeia produtiva de defesa.

Inicialmente, será empregada a pesquisa documental, por meio de estudo de textos e documentos, que visará identificar os fundamentos para o fomento governamental à Base Industrial de Defesa, o atuais dos instrumentos de incentivo à BID no Brasil.

A seguir será empregada a pesquisa bibliográfica de modo a evidenciar melhor os processos governamentais de gerenciamento do ciclo de vida de sistemas de defesa e identificar, no contexto dos processos de aquisição, a importância do conhecimento da maturidade tecnológica.

Nessa direção, buscaremos entender, com base em revisão da literatura, de que maneira algumas outras áreas governamentais empregam o conhecimento sobre maturidade tecnológica em suas atividades, bem como em que medida alguns outros governos se utilizam dos conceitos de maturidade tecnológica, de sistemas e riscos técnicos em suas sistemáticas de gerenciamento do ciclo de vida de sistemas de defesa.

Por fim, será feita uma triangulação dos dados obtidos nos documentos, textos e nas entrevistas realizadas, no intuito de atingir o objetivo dessa pesquisa.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Nossa hipótese principal se concentra na importância da incorporação de uma metodologia de avaliação de riscos técnicos de sistemas nos modelos de ciclo de vida de sistemas de defesa correntes visando instruir os processos de aquisição de sistemas de defesa complexos.

Esse entendimento resulta preliminarmente da experiência do autor com casos concretos de resultados de contratações seguindo tão somente as práticas correntes, bem como de pesquisas a respeito de boas práticas utilizadas em processos de aquisição em outros países e que sugerem benefícios entendidos relevantes com o uso de informações a respeito dos riscos técnicos de sistemas de defesa.

A busca de melhoria dos processos de aquisição por meio da identificação de riscos técnicos de sistemas de defesa se insere também no contexto dos esforços para o fomento à base industrial de defesa brasileira, uma vez que propõe a utilização de indicadores já adotados por outros atores internacionais na caracterização dos níveis de risco empregados na avaliação das chances de eventuais desvios de cronograma, orçamento e atendimento a requisitos operacionais.

Nesse sentido, a transparência sobre os riscos técnicos no desenvolvimento de sistemas de defesa é aqui entendida como fator relevante para auxiliar a tomada de decisão pelos diversos atores envolvidos em atividades de contratação, “off-set”, financiamentos, investimentos, comercialização, exportação entre outras.

Dessa maneira, a título de revisão da literatura, examinaremos o papel do governo no fomento à indústria de defesa, bem como a legislação corrente destinada à implementação de determinados incentivos à indústria de defesa. Além disso, buscaremos identificar eventuais previsões normativas de análises de maturidade tecnológica, maturidade de sistemas e avaliação de riscos técnicos no contexto dos modelos de gestão de ciclo de vida de sistemas de defesa adotados pelo Ministério da Defesa (MD) e pelas Forças Singulares (FS). Exploraremos então algumas boas práticas ligadas a análises de maturidade tecnológica, maturidade de sistemas e avaliação de riscos técnicos ligadas a decisões para o desenvolvimento de sistemas de defesa.

3.1 ABORDAGEM POLÍTICO-ESTRATÉGICA DO GOVERNO PARA A INDÚSTRIA DE DEFESA

As abordagens dadas pelos governos diante de suas demandas por produtos e serviços de defesa são intimamente ligadas ao desenvolvimento de suas indústrias de defesa internas.

A título de exemplo, para Brustolin (2014), a Segunda Guerra Mundial (1939 - 1945) é vista como um marco para a mudança da política Norte Americana para os incentivos à pesquisa científica. A pesquisa acadêmica e a engenharia passam a ser consideradas responsabilidade governamental. Com o início da Guerra Fria (1947 - 1991) a busca por inovação tecnológica militar nos EUA foi ainda mais potencializada. Nesse sentido, o Estado passou a interferir a fim de promover o envolvimento das universidades junto às indústrias e empresas para atender às necessidades tecnológicas e militares.

Voltando para o campo nacional, em 22/07/2020 o Poder Executivo entregou as atualizações da Política Nacional de Defesa (PND), Estratégia Nacional de Defesa (END) e Livro Branco da Defesa Nacional (LBDN) ao Congresso Nacional. Dado que essas atualizações são recentes, torna-se relevante examinar mais no detalhe as orientações a respeito da indústria de defesa contida nos documentos referenciados.

Essa última versão da PND, em BRASIL (2020c, p.13), prevê, no contexto nacional, o estímulo aos programas de desenvolvimento de tecnologias visando o fortalecendo a Base Industrial de Defesa (BID) por meio de investimentos da Defesa voltados à aquisição de Produtos de Defesa (PRODE) inclusive lançando mão de recursos orçamentários destinados à Defesa.

Além disso, a Concepção Política de Defesa da PND, em BRASIL (2020c, p.20), estabelece como pressuposto a priorização de investimentos diversos aplicados a produtos de defesa de uso militar e/ou dual, visando ao fortalecimento da Base Industrial de Defesa - BID e a autonomia tecnológica do País.

Por fim, a PND, em BRASIL (2020c, p.24), declara como Objetivo Nacional de Defesa a promoção da autonomia tecnológica e produtiva na área de defesa, englobando aí o desenvolvimento da BID e de produtos de emprego dual (civil e militar).

Já a última versão da Estratégia Nacional de Defesa (END), em BRASIL (2020c, p.34), enfatiza a priorização e integração dos setores governamental e

industrial e o meio acadêmico, voltados para a ciência, tecnologia e inovação - CT&I, com foco em tecnologias críticas sob domínio nacional. Nesse sentido, reforça a importância do estímulo e fomento ao setor industrial e ao meio acadêmico.

Em linha com o exposto, dentre as Capacidades Nacionais de Defesa (CND) declaradas na END, em BRASIL (2020c, p.39), está considerada também a Capacidade de Desenvolvimento Tecnológico de Defesa.

A END trata especificamente da Base Industrial de Defesa, em BRASIL (2020c, p.41-43), enfatizando a importância do incentivo e fortalecimento das indústrias de defesa nacionais. Reforça inclusive a subordinação das questões comerciais aos imperativos estratégicos. Daí o uso de instrumentos de incentivo, como regimes legal, regulatório e tributário especiais, buscando segurança para as empresas nacionais em relação a riscos característicos do setor, bem como competitividade em especial em relação a exportações. A END reconhece que o fomento à BID equivale a incentivar o crescimento econômico do país por meio de desenvolvimento científico e tecnológico, desenvolvimento de produtos duais, geração de renda e emprego.

Ainda, a END reforça o dever do Estado em usar seu poder de aquisição buscando assegurar sustentabilidade da BID, garantindo certa independência da cadeia produtiva em relação à política de exportação e de comercialização de produtos duais.

Ressalta-se que a END declara, em BRASIL (2020c, p.67-69), o Objetivo Nacional de Defesa OND-I (Promoção da sustentabilidade da Cadeia Produtiva da Base Industrial de Defesa), as Estratégias de Defesa a este associadas: ED-1 - Fortalecimento do Poder Nacional; ED-8 - Promoção da Sustentabilidade da Cadeia Produtiva da Base Industrial de Defesa; e ED-9 - Fortalecimento da Área de Ciência e Tecnologia de Defesa. As Estratégias de Defesa (ED) mencionadas são desdobradas em uma série de Ações Estratégicas de Defesa (AED) que se alinham com o incentivo governamental da BID.

3.2 BASE LEGAL PARA OS INCENTIVOS À INDÚSTRIA DE DEFESA.

Passaremos a explicitar, então, a legislação em vigor associada à Estratégia Nacional de Defesa e desenhada visando viabilizar em termos práticos determinados incentivos à BID.

Inicialmente podemos assinalar em BRASIL (1999), Lei Complementar nº 97, de 9 de junho de 1999, que em seu Art. 16 que estabelece atribuição subsidiária das Forças Armadas, entre outras, a cooperação com o desenvolvimento nacional.

Em seguida, um marco relevante para a BID está em BRASIL (2012), na Lei nº 12.598 de 21 de março de 2012, a qual estabelece normas especiais para as compras, as contratações e o desenvolvimento de produtos e de sistemas de defesa e dispõe sobre regras de incentivo à área estratégica de defesa.

Essa Lei estabelece os conceitos de Produto de Defesa - PRODE, Produto Estratégico de Defesa - PED, Sistema de Defesa - SD e Empresa Estratégica de Defesa - EED. Além disso, a Lei estabelece modalidade de contratação diferenciada pelo poder público nos casos de PRODE ou SD. A mesma Lei define o acesso de EED a regimes especiais tributários e financiamentos para programas, projetos e ações relativos, respectivamente, aos bens e serviços de defesa nacional e a PED. Estabelece, portanto, o chamado Regime Especial Tributário para a Indústria de Defesa - RETID.

A Lei nº 12.598 foi alterada em BRASIL (2014) pela Lei nº 13.043 de 13 de novembro de 2014, a qual estende o prazo para os benefícios fiscais por 20 anos, ou seja, 22 de março de 2032.

Ainda, o Decreto nº 7.970 de 28 de março de 2013 regulamenta o Sistema de Defesa, as Empresas e os Produtos e cria a Comissão Mista da Indústria de Defesa (CMID).

Já o Decreto 8.122 de 16 de outubro de 2013 vem regulamentar o RETID, enquanto a Instrução Normativa nº 1.454 de 25 de fevereiro de 2014 normatiza o RETID, tendo sido, esta última, modificada pela Instrução Normativa nº 1.501 de 29 de outubro de 2014.

O MD se utiliza do Sistema de Cadastramento de Produtos e Empresas de Defesa (SisCaPED), gerenciado pelo Departamento de Produtos de Defesa (DEPROD-MD) sob a coordenação da Secretaria de Produtos de Defesa (SEPROD-MD), para coordenar a sistematização de classificação de Produtos de Defesa (PRODE), Produtos Estratégicos de Defesa (PED), credenciamento de Empresas de defesa (ED) e Empresas Estratégicas de Defesa (EED), proporcionando, também, condições para que empresas se tornem, por exemplo, usuárias do regime especial Tributário para a Indústria de Defesa (RETID).

O MD conta com o apoio de Assessores Técnicos (AT) junto às FS para avaliar produtos quanto à aplicação na atividade finalística de Defesa, como também quanto às métricas de seu conteúdo tecnológico, dificuldade de obtenção e imprescindibilidade, conforme Manual de Métricas do MD em BRASIL (2018a). Em síntese, as empresas submetem seus produtos para análise, o MD direciona por meio das FS aos AT, os quais fazem suas análises técnicas, tudo via SisCaPED, de modo a apoiar as Reuniões da Comissão Mista da Indústria de Defesa (CMID), coordenadas pela SEPROD-MD.

3.3 PROCESSOS GOVERNAMENTAIS PARA A AQUISIÇÃO DE DEFESA

Passaremos a examinar a normativa que trata de aquisições de produtos de defesa no contexto do ciclo de vida de sistemas de defesa, em especial aquela aprovada pelo Ministério da Defesa (MD) em janeiro de 2020, de modo a identificar como as atividades de avaliação de riscos se colocam no modelo de processo de gestão do ciclo de vida adotado.

Entende-se que o manual do MD, BRASIL (2020b), deverá apoiar as Forças Singulares (FS) no desenvolvimento dos seus programas de Gestão de Ciclo de Vida, a serem adaptados incorporando suas peculiaridades.

Faremos também uma breve menção às normas das Forças Singulares, ressaltando-se que o manual do MD, BRASIL (2020b), foi aprovado em caráter experimental de modo a sofrer os ajustes julgados cabíveis após um período inicial de avaliação.

O modelo de ciclo de vida estabelecido pelo MD conta com seis fases: concepção; desenvolvimento; produção; operação; apoio; e desfazimento. É criada uma sistemática de marcos de transição ("gates" em língua inglesa) em BRASIL (2020b, p.22) para a evolução entre fases baseada em critérios pré-definidos pelo gerente de programa/projeto.

Os exemplos de processamento de informações em cada fase descritos em BRASIL (2020b, p.24-28) evidenciam análises de risco nas fases de Concepção (com a elaboração de uma saída "k. Plano de mitigação, avaliação e identificação de riscos"), Desenvolvimento (com a elaboração de uma saída "l. Plano de Gerenciamento de Riscos") e Produção (com o processamento das entradas "g. Lista

de riscos identificados e os planos de mitigação associados" e "q. Lista de restrições com maior grau de risco para a implementação do sistema"). O manual trata de maneira genérica do gerenciamento de riscos em diversas passagens, como na metodologia apresentada em BRASIL (2020b, p.49-50) para a Estimativa e Análise dos Custos no Ciclo de Vida. Apresenta ainda uma proposta de análise de riscos em BRASIL (2020b, p. 72-78) durante a Fase de Concepção, no contexto das atividades para estudo de viabilidade, para definição da solução, para revisão de requisitos, para definição da solução e para a preparação dos acordos.

Já durante a fase de Desenvolvimento, a análise de riscos é prevista em BRASIL (2020b, p.83-84) na revisão de prontidão para produção, com a atualização do Plano de Gerenciamento de Riscos e com a elaboração do Plano de Aquisição/Contratação. O mesmo ocorre em todas as demais Fases, com atualizações sucessivas do Plano de Gerenciamento de Riscos, bem como na elaboração de um Plano de Aquisição/Contratação para fase seguinte.

São citados diversas vezes ao longo do Manual, em BRASIL (2020b), os conceitos de Prontidão para Testes, Prontidão Operacional, Prontidão para Eventos Críticos, Prontidão para Produção. Já o Nível de Prontidão de Fabricação (*Manufacturing Readiness Level* - MRL) e o Nível de Prontidão Tecnológica ou Nível de Maturidade Tecnológica (*Technology Readiness Level* - TRL) são mencionados limitadamente ao glossário, em BRASIL (2020b, p.166).

Ainda assim, uma análise de maturidade tecnológica é referenciada no desenvolvimento do plano de custo em BRASIL (2020b, p.52), no estudo de viabilidade (no contexto da Revisão de Definição de Requisitos - RDR) e definição da solução (no contexto da Revisão de Viabilidade - RV) da Fase de Concepção em BRASIL (2020b, p.72-73).

No que diz respeito à análise de maturidade técnica e à avaliação de riscos, há previsão de uma avaliação em BRASIL (2020b, p. 126-127) na Fase de Desenvolvimento, com a Revisão Preliminar de Projeto (RPP). Na mesma Fase, a Revisão Crítica de Projeto (RCP) estabelece uma avaliação da maturidade dos documentos de controle de interface, compatível com a análise de maturidade técnica da RPP. Na Fase de Produção há também em BRASIL (2020b, p.134) uma previsão de avaliação do nível de maturidade esperado para os produtos do sistema.

O Comando da Aeronáutica se apoia na diretriz denominada DCA 400-6 para tratar do Ciclo de Vida de Sistemas e Materiais da Aeronáutica. O modelo de ciclo de

vida definido em BRASIL (2007, p.23-25) prevê as seguintes Fases: Concepção; Viabilidade; Definição; Desenvolvimento/Aquisição; Produção; Implantação; Utilização; Revitalização, Modernização ou Melhoria; e Desativação.

A modalidade de gestão de ciclo de vida de sistemas de defesa adotado pelo Comando da Aeronáutica (COMAER) prevê, em BRASIL (2007, p. 30) a análise de grau de inovação e riscos associados, bem como uma avaliação de riscos propriamente dita, ainda na Fase de Viabilidade.

A normativa do Comando Geral de Apoio em BRASIL (2019a), associada à gerência logística de projetos, aborda de maneira mais consistente o assunto, ainda que com um viés predominante de suporte a sistemas já em utilização.

De acordo com o Manual do Comando da Aeronáutica MCA 400-23/2019, em BRASIL (2019a, p. 13, 22 e 27), o estudo de definição/viabilidade logística (EDVL) produzido no contexto do processo de obtenção de Produto de Defesa (PRODE) ou Sistema de Defesa (SD), divulga ao Comando Geral de Apoio (COMGAP), entre outras informações, uma avaliação dos riscos (técnico/operacionais, logísticos, industriais, offset, custos e contratuais) e maturidade tecnológica.

O mesmo manual identifica em BRASIL (2019a, p.16) o uso do nível de prontidão tecnológica ou nível de maturidade tecnológica (Technology Readiness Level - TRL) num processo de obtenção de PRODE/SD. Além disso, ainda no contexto do EDVL, é especificado em BRASIL (2019a, p.29) a apuração de riscos industriais e nível de capacidade industrial, especificamente para processos de aquisição de PRODE/SD disponível no mercado ou revitalização/modernização de um PRODE/SD existente no acervo das FS.

Para o caso de desenvolvimento de um PRODE/SD, a norma do COMGAP prevê, em BRASIL (2019a, p. 30-32), as necessárias considerações, entre outras, a respeito de riscos, nível de maturidade tecnológica (TRL) e capacidade industrial para a tomada de decisão.

O manual conta com toda uma metodologia de gerenciamento de riscos baseada em boas práticas comerciais (ex: PMBOK do PMI). Por outro lado, reforça em BRASIL (2019a, p. 42) a área de risco industrial, entre outras, para o EDVL.

O processo de análise de custos previsto no Manual conta também, em BRASIL (2019a, p. 55), com a consideração do risco tecnológico na avaliação das despesas não operacionais.

De fato, os níveis de prontidão tecnológica são explicitamente incorporados, em BRASIL (2019a, p.42), nos processos de avaliação de riscos não só industriais, mas também riscos de “off-set” e riscos de custos.

Entram também no processo de EDVL, em BRASIL (2019a, p. 13 e 22), bem como no processo de planejamento do gerenciamento dos riscos em BRASIL (2019a, p.35), na avaliação dos riscos de “off-set” em BRASIL (2019a, p.45), nas áreas de riscos industriais em BRASIL (2019a, p.112) e no processo decisório em BRASIL (2019a, p. 119).

Já o Exército Brasileiro (EB), por meio da normativa para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar, em BRASIL (2016), adota as seguintes Fases para a gestão do ciclo de vida: Formulação Conceitual; Obtenção; Produção, utilização e manutenção; e Desativação.

Na Fase de Formulação Conceitual em BRASIL (2016, p. 10), por ocasião da Elaboração de Diretriz de Iniciação de Projeto (Bloco 2), há uma previsão de evidenciar os riscos, entre outros aspectos, visando modelar o sistema ou material, conceitual ou qualitativamente.

A análise de riscos entra, também, no estudo de viabilidade quando da Elaboração de Proposta de Modelo de Obtenção (Bloco 4), em BRASIL (2016, p. 11).

O mesmo ocorre quando da 1ª Reunião Decisória (Bloco 6), em BRASIL (2016, p. 14), quando a decisão para a obtenção do sistema ou material contemple pesquisa, desenvolvimento e inovação, deve-se prever, para efeito de protótipos e lote piloto, uma análise de gestão de riscos.

Já quando a obtenção for por meio de pesquisa, desenvolvimento e inovação, o manual do EB prevê em BRASIL (2016, p. 12) estabelecer rastreabilidade sobre o domínio da tecnologia, seja pelo próprio EB, seja pela BID.

A normativa da Marinha do Brasil, EMA-420 em BRASIL (2002), que reúne normas para logística de material, trata, dentre outros assuntos, do processo de obtenção e modernização de meios, bem como do processo de baixa e transferência para a reserva de meios navais.

O processo de obtenção e modernização de meios é modelado em BRASIL (2002, p. 1-3) por meio de cinco fases distintas: Concepção, Preliminar, Contrato, Execução e Avaliação Operacional.

O processo se inicia com uma determinação do Comandante da Marinha e emissão de Requisitos de Estado-Maior (REM). O Setor Operativo então elabora os

Requisitos de Alto Nível de Sistemas (RANS), definindo "a capacidade operativa de cada sistema do meio, suas características e requisitos de desempenho, a filosofia de manutenção e o apoio logístico pretendido" (BRASIL, 2002, p. 1-3).

Nem os REM, nem os RANS, de acordo com a estrutura apresentada na norma, necessariamente possuem qualquer obrigação explícita de conter informações a respeito de maturidade tecnológica, maturidade de sistemas, ou risco técnico.

Esta demanda não é explícita em nenhuma outra fase do processo e o mesmo ocorre ao longo de todo o processo de baixa e transferência para a reserva de meios navais.

3.4 ALGUMAS OUTRAS APLICAÇÕES GOVERNAMENTAIS DE MÉTRICAS DE MATURIDADE

É interessante evidenciar o papel das métricas de maturidade tecnológica desempenham em áreas estratégicas para o Governo Brasileiro como a ciência, tecnologia e inovação.

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) iniciou os estudos para melhorias da Lei do Bem, conforme estabelecido em BRASIL (2020a), buscando incorporar o conceito de maturidade tecnológica nos processos de análise.

As normas de Relacionamento do CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais) com as suas Fundações de Apoio, conforme estabelecido em BRASIL (2018b), preveem critérios de decisão baseados em maturidade tecnológica.

A Equipe de Avaliação de Projetos de Pesquisadores e Desenvolvedores EAPPD constituída no âmbito do MCTI, conforme definido em BRASIL (2019c), também fará análises de maturidade tecnológica.

O MCTIC emitiu Portaria de Fundos Patrimoniais e Endowments, publicada em outubro de 2019 conforme divulgado em GOV.BR (2019). A idéia é que Fundos de "Endowment" atinjam as pesquisas que estejam em um maior nível de maturidade tecnológica, abrindo espaço para que mais recursos orçamentários sejam concentrados na pesquisa básica.

Esse cenário indica que o parâmetro de nível de maturidade tecnológica passou a ter um papel importante também no apoio à tomada de decisão em determinadas

ações do MCTI. De fato, faz sentido que o Governo tenha indicadores objetivos sobre um projeto de desenvolvimento para que possa decidir sobre a tipologia de apoio.

Ainda, de maneira ilustrativa, examinando a tese de mestrado de Jesus (2019), no âmbito do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), podemos identificar um estudo de caso completo de avaliação de maturidade de integração entre elementos tecnológicos a partir de visões de arquitetura de sistemas espaciais.

O autor percorre a análise do sistema, a aplicação da escala TRL, a avaliação da integração e aplicação da escala IRL e, por fim, a aplicação da escala SRL. O trabalho evidencia a importância da análise completa para a avaliação de maturidade de sistemas complexos.

Para Junior e Galdino (2019, p.161) em artigo sobre a gestão de Sistemas de Material de Emprego Militar (SMEM) para a Coleç. Meira Mattos, ao analisar o papel dos níveis de prontidão tecnológica, são apontadas algumas limitações do TRL e as alternativas oferecidas pelos níveis de prontidão/maturidade de integração (IRL) de prontidão/maturidade de sistemas (SRL).

A Agência Espacial Brasileira, conforme divulgado em Scielo em Perspectiva (2020), desenvolveu uma ferramenta de avaliação de maturidade tecnológica para projetos espaciais. Conforme podemos verificar em Agência Espacial Brasileira (2018), o índice IMATEC estende o conceito da maturidade tecnológica para sistemas complexos, em linha com os objetivos dos índices IRL e SRL.

3.5 O USO DE MÉTRICAS DE MATURIDADE E RISCOS POR ALGUNS OUTROS GOVERNOS

Veremos a seguir algumas experiências de como alguns outros Governos se utilizam do nível de maturidade tecnológica, do nível de maturidade de sistemas e do risco técnico no contexto do gerenciamento do ciclo de vida de sistemas.

O Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (EUA), por meio do seu setor de aquisições (Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition and Sustainment - A&S), vem modernizando suas metodologias de aquisição.

O ciclo de vida de sistemas de defesa seguia um modelo único para todos os sistemas de defesa sujeitos a processo de aquisição, caracterizando um “percurso único” para todos os casos, como pode ser visto na Figura 1 a seguir.

Num contexto de evoluções, em janeiro de 2020, emitiu uma última revisão da Instrução DoDI 5000.02, como pode ser observado em USA (2020b), que trata justamente da estrutura adaptativa de aquisição.

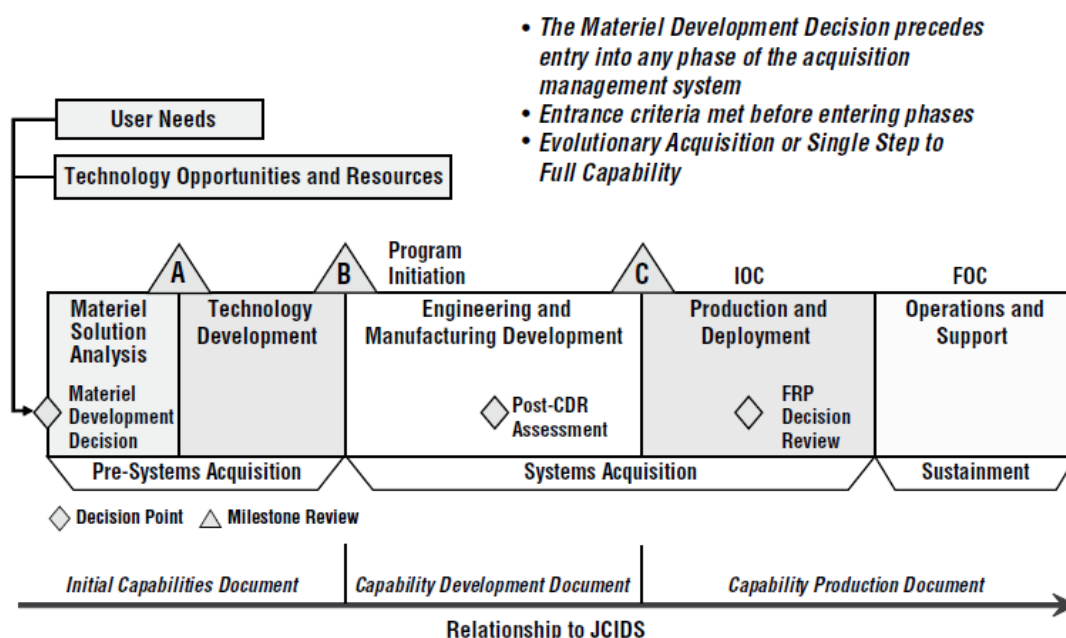


Figura 1: Sistema original de gerenciamento de aquisições de Defesa - US DoD
 Fonte: USA (2010).

Em USA (2020a), “Handbook” de transformação da política de aquisição, temos um panorama global dessas evoluções. Em síntese, os processos de aquisição foram reagrupados em seis grandes “percursos” com suas especificidades, superando o modelo da Figura 1: aquisição de grandes capacidades (“Middle Capability Acquisition”), aquisição de capacidade urgente (“Urgent Capability Acquisition”), aquisição em nível intermediário (“Middle Tier os Acquisition”), aquisição de software (“Software Acquisition”), Sistemas de Negócios de defesa (“Defense Business Systems”) e Aquisição de Serviços para Defesa (“Defense Acquisition of Services”).

Cada percurso desses mereceu uma normatização específica, bem como são ainda utilizadas normas para áreas funcionais (Engenharia, Segurança Cibernética, Inteligência de Aquisição etc.). A Diretiva DoDD 5000.01, em USA (2018), já havia sido revisada em 2018, e define políticas e responsabilidades no âmbito do Sistema de Aquisição de Defesa nos EUA.

O A&S, portanto, oferece cinco percursos para o processo de aquisição que podem eventualmente ser combinados, indicando cinco modelos de ciclo de vida. Os percursos descritos em USA (2020a, p. 8) são ilustrados no Anexo A. Os modelos de ciclo de vida são esquematizados em USA (2019, p.2) para cada percurso alternativo.

Diante dos resultados de uma série de auditorias em grandes programas de aquisição do Departamento de Defesa dos EUA, Azizian (2009, p.1) descreve que o Escritório de Contabilidade do Governo dos EUA (Government Accountability Office - GAO) reportou ao Departamento de Defesa problemas ligados a atrasos em cronogramas, cancelamentos, não atendimento a requisitos de desempenho.

Nesse sentido o DoD passou a usar o nível de prontidão/maturidade tecnológica (TRL) para avaliar o avançamento ou maturidade da tecnologia de um projeto. O Anexo B lista os níveis de maturidade tecnológica conforme adotados pelo Comando da Aeronáutica por meio de BRASIL (2019a, p. 144).

Por outro lado, segundo Azizian (2009, p.1) diante de um certo grau de subjetividade inerente à ferramenta quando da avaliação de sistemas complexos (contando com diversas tecnologias) buscou-se outros métodos mais objetivos. Foram, portanto, desenvolvidos diversos métodos qualitativos e quantitativos, assim agrupados por Azizian (2009, p. 5-7), com a ideia de dar maior transparência e condições de avaliação de sistemas de defesa.

Para Tetlay (2009, apud AZIZIAN, 2009, p.1), com o aumento da complexidade e alta integração de produtos com tecnologia, passa a ser necessário avaliar a maturidade do sistema ao longo de seu ciclo de vida. Nesse sentido, Tetlay (2009, apud AZIZIAN, 2009, p.1) chama atenção para, dentre outras, as seguintes métricas: Technology Readiness level (TRL), System Readiness Level (SRL), Manufacturing Readiness Level (MRL), Integration Readiness Level (IRL).

Ainda, com base no estudo conjunto de métricas como essas, seria possível avaliar riscos para o desenvolvimento e operação do sistema. Em outras palavras, seria possível avaliar riscos (com base numa análise conjunta das métricas) e buscar mitigá-los conforme necessário, assegurando o cumprimento de cronogramas, a contenção dos custos dentro do orçamento e um desempenho compatível com os requisitos estabelecidos.

Para Azizian (2009, p.2), com base em uma extensa revisão da literatura, a métrica do TRL apresentaria limitações importantes. Podemos assim resumir tais limitações: avaliação subjetiva; não orientada na integração sistema-sistema; muito

focada em "hardware" em detrimento de "software"; não bem integrada a ferramentas de modelagem de custos e riscos; e terminologia ambígua e passível de interpretação pessoal (ex: "ambiente relevante").

Ainda, o DoD Americano emitiu em 2011, em USA (2011) um Guia para Avaliação de Maturidade Tecnológica (TRA). Esse Guia propõe um passo-a-passo e um formato padronizado para a análise e elaboração do respectivo relatório, visando a transparência e rastreabilidade sobre o juízo a respeito do TRL.

O Escritório de Contabilidade do Governo dos EUA (GAO) emitiu em 2016 o seu Guia para Avaliação de Maturidade Tecnológica ("Technology Readiness Assessment Guide"). Em USA (2016), o GAO busca esclarecer do que trata a Avaliação de Maturidade Tecnológica ("Technology Readiness Assessment" - TRA), as limitações da avaliação e diversas boas práticas ligadas ao tema.

O Guia evidencia a iniciativa de utilização do SRL, seus prós e seus contras, mostrando que não há um consenso sobre o mérito do uso do SRL entre os especialistas envolvidos em sua elaboração. Essa questão é ligada principalmente ao fato do SRL, embora abrangente na avaliação de maturidade de sistemas, se mostra um método trabalhoso, colocando em questão a relação custo – benefício de sua utilização.

Segundo Sauser (2006, p.1), a escala de TRL foi adotada inicialmente pela NASA nas décadas de 1980 e 1990, e posteriormente pelo DoD como critério para decisão na inclusão de uma tecnologia em programa de sistema de armas. Sauser (2006, p.2) aponta algumas críticas ao uso do TRL por não oferecer uma representação adequada da integração de tecnologias ou subsistemas em um sistema operacional, entre outras. Em outras palavras, o TRL é uma medida de maturidade de uma tecnologia individual e não de um sistema e não haveria um método para integrar TRL distintos.

O conceito de SRL (nível de maturidade de sistemas) é apresentado de modo a endereçar essas questões. Ele introduz a noção de Nível de Maturidade de Integração (IRL - "Integration Readiness Level") para, considerado conjuntamente com o TRL, calcular dinamicamente o índice SRL.

No que concerne ao gerenciamento de riscos para megaprojetos de aquisição em defesa, em especial para futuros sistemas de combate, para Kwak e Smith (2009) há uma séria preocupação com a oportunidade de formulação de um plano de

gerenciamento de riscos, especialmente associados à maturidade tecnológica e de integração de sistemas.

De acordo com Kwak e Smith (2009), o Tenente General Joseph Yakovac Jr., Vice-Secretário Militar Adjunto do Exército (Aquisição, Logística e Tecnologia), em depoimento perante o Comitê de Serviços Armados da Câmara, Subcomitê de Forças Táticas Aéreas e Terrestres, declarou:

"Planos de mitigação de riscos foram desenvolvidos, ou estão em curso de desenvolvimento, que endereçam tanto o **risco de maturidade de tecnologia** quanto os **riscos de integração de sistema** / sistema de sistemas na família de sistemas FCS (Futuros Sistemas de Combate) e a Unidade de Ação maior no nível de sistemas de sistemas. Quando aplicável, esses RMPs (Planos de Gerenciamento de Riscos) contêm tecnologia "off ramps" ou "tollgates" - pontos de decisão específicos e critérios onde as decisões seriam potencialmente feitas para usar tecnologias alternativas e menos arriscadas (e potencialmente menos capazes) e desenvolvimento de tecnologia" USA (2004 apud KWAK; SMITH, 2009, p. 818)

Esse posicionamento evidencia a importância dada pelo DoD ao nível de maturidade de sistema, vista em conjunto com a maturidade de tecnologias, para a administração dos riscos, inclusive durante o desenvolvimento do sistema de defesa, permitindo a adoção de saídas alternativas baseadas em uma exposição considerada não aceitável a riscos.

O Ministério da Defesa do Reino Unido estabelece, por meio da plataforma 'UK MoD Defense Gateway' o acesso à base de conhecimento conhecida como 'Knowledge in Defense' (KiD) em UK MOD (2020a).

O ciclo de vida de aquisição do Ministério da Defesa do Reino Unido prevê em UK MOD (2020b) dois percursos básicos: CADMID e CADMIT. O CADMID é destinado a modelar o ciclo de vida de equipamentos, enquanto o CADMIT é destinado a modelar o ciclo de vida para serviços.

O percurso CADMID prevê as seguintes fases: Concepção, Avaliação, Demonstração, Fabricação, Em Serviço, Desfazimento. Já o percurso CADMIT prevê as seguintes fases: Concepção, Avaliação, Demonstração, Migração, Em Serviço, Terminação.

Já no contexto da disciplina de Gerenciamento da Tecnologia ("Technology Management"), em UK MOD (2014) há previsão da aplicação tanto do Nível de

Maturidade Tecnológica (TRL), quanto do Nível de Maturidade de Sistemas (SRL) como ferramentas de Gerenciamento da Tecnologia (Anexo D).

A base de conhecimento KiD em UK MOD (2020a) oferece uma ampla fonte de consulta a respeito de metodologias e boas práticas ligadas a diversos aspectos do ciclo de vida de sistemas de defesa, englobando, portanto, as questões relacionadas com níveis de maturidade tecnológica (TRL), de integração (IRL) e de sistemas (SRL).

O trabalho de Cook, Moon e Smith (2005) a respeito de Maturidade Tecnológica e de Avaliação de Risco Técnico ("Technical Risk Assessment" - TRA) para a Organização de Defesa da Austrália apresenta uma revisão e inclusão de rigorosa análise de tecnologia pela Organização de Ciência de Defesa e Tecnologia ("Defense Science and Technology Organization" - DSTO). Desenvolve o percurso da avaliação do TRL, do IRL, do SRL e detalha uma interessante metodologia de avaliação de risco técnico (TRA).

Essa metodologia reconhece três pontos de decisão sobre o desenvolvimento de capacidades no ciclo de vida onde a TRA merece ser realizada. Detalha também o fluxo de informações, análises e decisões.

A DSTO Australiana emitiu em 2010, conforme Australia (2010), um "Handbook" para justamente a Avaliação do Risco Técnico (TRA). Este "Handbook" faz um detalhamento de todos os processos de análise de risco baseados em avaliação de TRL e SRL.

4 MATURIDADE DE SISTEMA E RISCOS TÉCNICOS PARA A BID

4.1 MD NO APOIO À BID

A abordagem político-estratégica do Governo Brasileiro para a Indústria de Defesa prevê, por meio da PND e da END, o apoio e fortalecimento da Base Industrial de Defesa. O fomento à Indústria de Defesa engloba os investimentos do MD e das FS voltados à aquisição de PRODE, mesmo com recursos orçamentários. Entretanto, trata-se de um posicionamento que se traduz para além das aquisições de iniciativa das Forças Singulares. Como concepção, pressupõe a priorização de investimentos em equipamentos de uso dual ou militar, busca a autonomia tecnológica e produtiva. A estratégia é buscar integração governo, indústria e academia, estimulando o desenvolvimento de tecnologias críticas sob o domínio nacional.

A END reconhece a importância da prevalência das questões estratégicas de incentivo à BID em relação a questões comerciais. Ainda, estimula que o Estado lance mão de seu poder de aquisição como meio de proteger a BID da exposição característica das alternativas por exportações e comercialização de produtos duais.

Nesse sentido, determinadas iniciativas de incentivo foram traduzidas em uma base legal relacionada a: normas especiais para compras e contratações, regime tributário diferenciado para a Indústria de Defesa, financiamentos para Programas e Projetos, garantias nas exportações, aplicação da Lei 8.666/93 de forma subsidiária.

Assim, entendida a importância da atuação do MD em diversas frentes para o fortalecimento da BID, seja por meio de contratações, viabilização de investimentos, financiamentos, exportação etc., é relevante que os processos de tomada de decisão no desempenho dessas funções estejam instruídos por meio de ferramentas de apoio técnicas amplamente reconhecidas.

Nesse sentido, reforça-se a importância do uso de níveis de maturidade e avaliação de riscos para sistemas de defesa complexos.

A seguir são apresentadas algumas indicações básicas originadas da pesquisa exploratória realizada em direção a um modelo de elaboração de estudos de TRL, SRL e riscos técnicos para sistemas de defesa complexos.

O objetivo não é estabelecer uma proposta de caráter técnico completa e exaustiva para um processo a ser adotado no caso de decisão no sentido de

incorporação do Nível de Maturidade de Sistema e Risco Técnico nos processos correlatos no âmbito do MD.

Na realidade mostraremos indicações genéricas sobre o processo global de análise de maturidade para sistemas e avaliação de risco técnico para sistemas de defesa complexos conforme proposto por determinadas fontes selecionadas a partir da pesquisa exploratória.

4.2 USO DO NÍVEL DE MATURIDADE NAS AQUISIÇÕES DO MD

Certamente os processos de aquisição de sistemas de defesa pelo Governo Brasileiro podem desempenhar um papel relevante na promoção do crescimento da Base Industrial de Defesa. Por outro lado, as metodologias oficiais de aquisições de sistemas de defesa pelas Forças Singulares ainda diferem entre si. No início de 2020, o Ministério da Defesa buscou padronizar, ainda que em caráter experimental inicialmente, o gerenciamento do ciclo de vida de sistemas de defesa.

O modelo escolhido é baseado em boas práticas externas, como da OTAN (Organização do Tratado do Atlântico Norte), do DoD americano (Departamento de Defesa dos EUA), normas ISO. Nesse sentido, o modelo proposto pelo MD ganhou em complexidade (ver Figura 2).

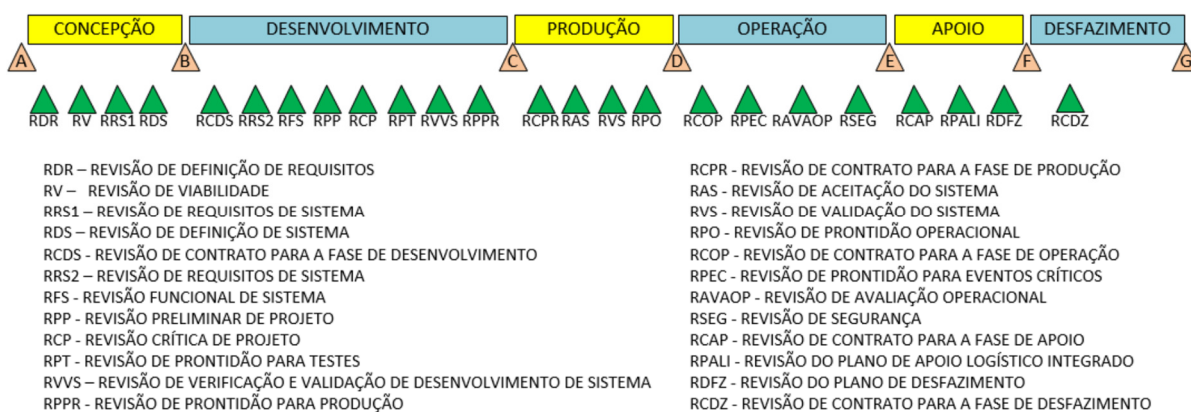


Figura 2 Principais marcos de transição (gates) e pontos de decisão/control (milestones) para Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa.

Fonte: BRASIL (2020b, p. 23)

Esse processo, conforme concebido pelo MD, usa em alguns momentos conceitos de análise de maturidade tecnológica e avaliação de riscos técnicos. A escala de maturidade tecnológica consta do Anexo B.

No processo específico da FAB há previsão de uso do conceito pelo Comando Logístico em aquisição de PRODE/SD ou na fase de EDVL (estudo de definição/viabilidade logística). Já nos processos do EB e da MB não há demanda explícita para uso de nível de maturidade tecnológica em alguma fase do ciclo de vida.

Por outro lado, o MCTI mostra usar amplamente conceitos de Nível de Maturidade Tecnológica em suas atividades ligadas a inovação. Já o INPE chegou a adaptar esses conceitos às suas especificidades.

Foram feitas entrevistas por teleconferência com o atual Assessor Especial do Ministro do MCTI e Diretor de Inovação do MCTI, Global Head of Aviation do BNDES até jul/2019 e com o atual Gerente do Departamento de Financiamentos e Economia de Defesa (DEPFIN) da Secretaria de Produtos de Defesa (SEPROD) do Ministério da Defesa (MD).

Em ambas as entrevistas não foi possível verificar o uso, no âmbito das respectivas organizações, de ferramentas, além do TRL, que traduzissem o nível de maturidade de integração de sistemas complexos, ou mesmo os riscos técnicos a essas maturidades associado.

Durante ambas as entrevistas foi feita uma explanação sintética a respeito dessas ferramentas adicionais (SRL e risco técnico) e do papel das mesmas no entendimento dos perigos de atrasos em cronogramas, de extrapolação de custos em relação a orçamentos e de não completo atendimento a requisitos operacionais iniciais. Ambos, ainda que de maneira bastante preliminar, perceberam de maneira positiva as ferramentas apresentadas.

Em resumo, no contexto do incentivo à BID, o MD estabeleceu que a seleção de PRODE/PEE contemplaria a avaliação de maturidade tecnológica. Além disso, o modelo de gestão de ciclo de vida de sistemas de defesa passou, com a emissão de norma do MD em janeiro de 2020, a demandar que as aquisições considerassem o conceito de maturidade tecnológica. Ainda, outras áreas do Governo, como por exemplo o MCTI e o INPE, incorporaram o uso desse conceito em seus processos internos. Por outro lado, o uso de ferramentas complementares para avaliar a maturidade de sistemas complexos e riscos técnicos ainda não é adotado ou suficientemente difundido.

4.3 DIFICULDADES NO USO DO TRL PARA SISTEMAS COMPLEXOS

A métrica para o Nível de Maturidade Tecnológica (TRL) busca identificar em que posição do ciclo de desenvolvimento o Sistema de Defesa se encontra. Esse ciclo de é modelado por meio de uma série de patamares (ou níveis) progressivos naturalmente percorridos ao longo do desenvolvimento do produto ou sistema.

Se inicia quando a pesquisa científica começa a ser traduzida em pesquisa aplicada e desenvolvimento (P&D), englobando, por exemplo, artigos contendo estudos de características básicas de determinada tecnologia (TRL 1).

Passa pelo momento em que surgem as invenções, as aplicações práticas, ainda que especulativas, sem demonstração análise detalhada para corroborar determinadas hipóteses (TRL 2).

A prova de conceito, então, é o momento em que se iniciam estudos analíticos e de laboratório visando validar as expectativas analíticas (TRL 3). Na sequência há o momento em que componentes são integrados para comprovar que irão funcionar em conjunto. Esse momento ainda está muito aquém de uma verdadeira integração de sistema (TRL 4).

A partir daí temos o momento em que a confiança na tecnologia se desenvolve significativamente e os componentes básicos da tecnologia estão integrados por meio de elementos razoavelmente realísticos e podem ser testados em ambiente simulado (TRL 5).

O modelo representativo do sistema protótipo, além dos componentes básicos de tecnologia anteriormente mencionados, é então testado em ambiente significativo (TRL 6). No momento seguinte, o sistema protótipo é testado em ambiente operacional (TRL 7).

Na sequência temos a finalização do sistema, qualificado por meio de teste e demonstração (TRL 8). Por fim, temos o sistema real demonstrado por meio de operações reais de sucesso (TRL 9).

Naturalmente podemos identificar um certo grau de subjetividade na diferenciação entre algumas fases consecutivas, quando o critério usado para essa diferenciação é o entendimento ou o juízo sobre o valor relativo de um atributo para uma mesma característica. Esse fenômeno pode ocorrer quando, por exemplo, precisamos julgar se uma tecnologia está "significativamente" desenvolvida ou se os componentes estão integrados por meios "razoavelmente realísticos".

Essa característica pode ser comprovada pelo autor quanto chefiou por dois anos (2018-2019) a Divisão de Engenharia de Manutenção da Diretoria de Material Aeronáutico e Bélico (DIRMAB) do Comando da Aeronáutica (COMAER). Na oportunidade foram feitas diversas análises de propostas de produtos para inclusão junto à CMID como Produtos de Defesa (PRODE) ou Produtos Estratégicos de Defesa (PED). Um dos critérios previstos na análise é justamente o TRL, conforme previsto no Manual de Métricas em BRASIL (2018a).

Em não existindo uma metodologia oficial para tal análise no âmbito do Comando Logístico, do Estado-Maior da Aeronáutica (EMAER) ou da SEPROD, tal avaliação demandava um extenso levantamento de informações técnicas sobre o produto candidato e reuniões com os projetistas e/ou fabricantes.

Enfim, o TRL acaba por avaliar e traduzir o nível de maturidade de uma tecnologia individual e não de a maturidade de um sistema constituído por tecnologias em diferentes níveis de maturidade. Podemos ilustrar, por exemplo, com a migração do TRL 5 (que entra no mérito de tecnologias individuais) para o TRL 6 (que entra no mérito do sistema), por exemplo, é feita por meio de uma avaliação global de resultados de testes do sistema supostamente integrado.

Não há previsão de uma maneira sistematizada de lidar com sistemas que incorporam mais de uma tecnologia em níveis de maturidade distintos, logo a característica de subjetividade ganha maior papel na análise, ampliando incertezas sobre a ferramenta.

O natural aumento da complexidade de Sistemas de Defesa e a falta de objetividade da ferramenta são as principais críticas ao uso isolado do TRL para traduzir maturidade de Sistemas de Defesa nas diversas situações de tomada de decisão.

4.4 NÍVEL DE MATURIDADE DE SISTEMA E A AVALIAÇÃO DO RISCO TÉCNICO

A arquitetura para atingir o objetivo de avaliar o nível de maturidade de sistema e avaliação do risco técnico passa por uma avaliação intermediária do nível de maturidade de integração ou “Integration Readiness Level” (IRL).

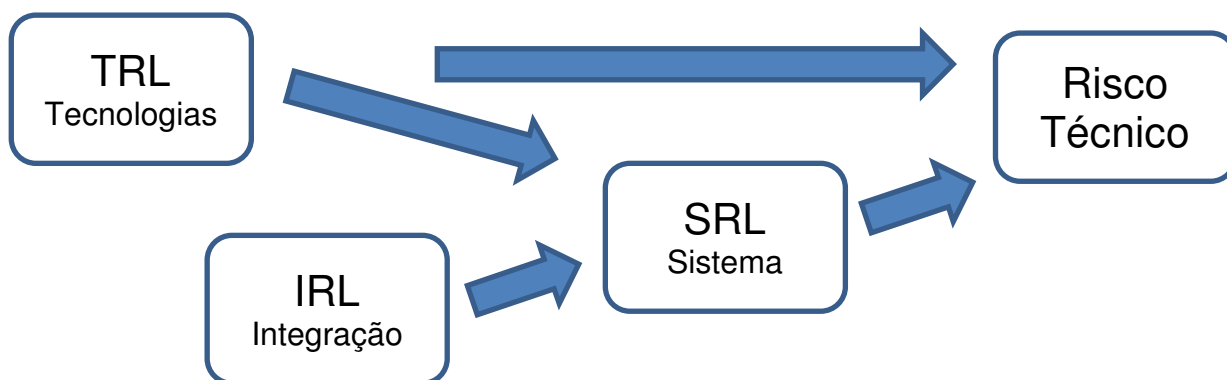


Figura 3 Arquitetura de avaliação de maturidade e risco técnico

O Nível de Maturidade de Integração (IRL) é uma métrica orientada para avaliar a maturidade entre dois ou mais componentes. O IRL, visto em conjunto com o TRL, permite a avaliação do Nível de Maturidade de Sistema (SRL).

A escala de IRL aqui apresentada vai de 0 a 9, como pode ser visto no Anexo C. O indicador varre as situações desde nenhuma integração (IRL 0) até o Sistema com integração comprovada por meio de capacidades de operações comprovadas em missão.

O estudo do INPE em Jesus (2019) faz um levantamento aprofundado dos processos envolvidos no estudo e na avaliação do IRL por sistemas. Em resumo, o sistema complexo é desdobrado em seus subsistemas e respectivas funções de maneira hierárquica. Em seguida, cada componente é avaliado por sua tecnologia. São então estudadas as interações entre os elementos do sistema. A figura ilustra uma aplicação do mapeamento citado.

Operational Activities	Service Functions (Level 1)	Service Functions (Level 2)	System Components	TRL	System Technologies	TRL
A2.1.1 Activity A2.1.2 Activity A2.1.3 Activity A2.1.4 Activity A2.1.6 Activity A2.2.1 Activity A2.2.2 Activity	1. Service Function	1.1 Service Function	Component 1	4	System Technology System Technology System Technology	5 5 4
Component 2			4	System Technology System Technology System Technology System Technology	6 4 7 5	
A2.2.3 Activity A2.2.4 Activity A2.2.5 Activity		1.2 Service Function	Component 3	5	System Technology System Technology System Technology System Technology	6 5 7 5
			Component 4	7	System Technology System Technology	7 7

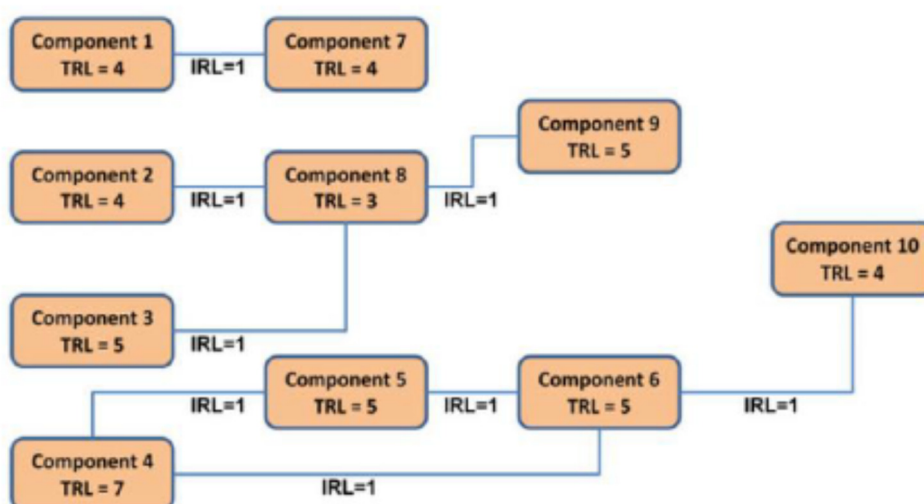


Figura 4 Ilustração de mapeamento pe sistemas para avaliação de maturidade
Fonte: Austin e York (2016) apud Jesus (2019, p. 32).

A derivação do Nível de Maturidade de Integração (IRL) em conjunto com o Nível de Maturidade Tecnológica no Nível de Maturidade de Sistema (SRL) é exemplificado em Sauser (2006). A Figura 5 ilustra as relações entre as maturidades em estudo.

Os níveis de maturidade de sistema resultantes estarão em uma escala como aquela da Tabela 1. Em outras palavras, teremos, após as análises realizadas por corpo técnico, uma ideia do estágio de maturidade do sistema como um todo e poderemos nos debruçar na avaliação de risco do Sistema de Defesa.

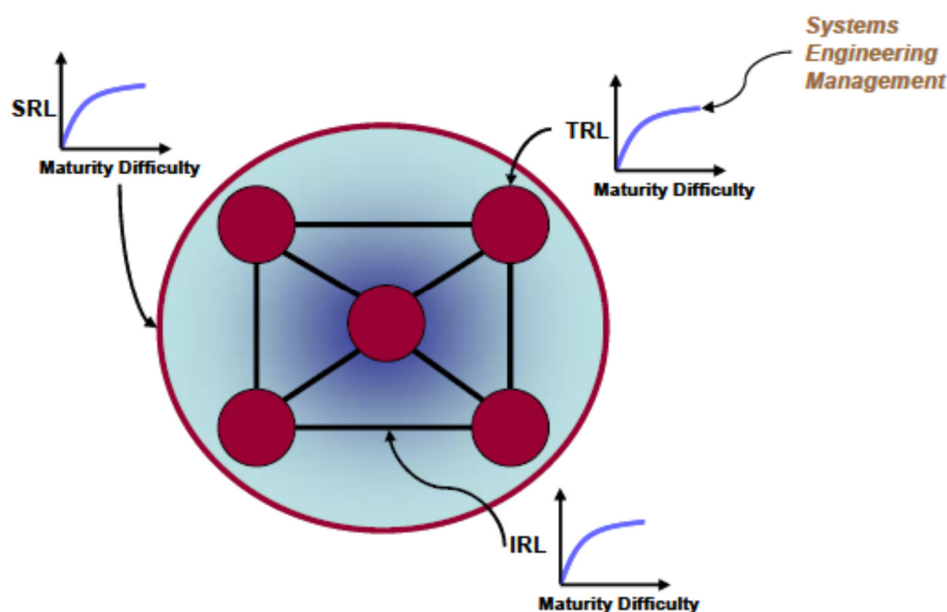


Figura 5 O modelo de Maturidade de Sistema

Fonte: Sauser (2006, p. 9).

Tabela 1: Níveis de Maturidade de Sistema (SRL)

SRL	Descrição
9	O sistema atingiu a capacidade operacional inicial e pode realizar os objetivos de missão
8	A operação integrada do sistema deve ter sido demonstrada em ambiente operacional
7	A capacidade limite do sistema deve ter sido demonstrado no nível de desempenho operacional usando interfaces operacionais
6	A capacidade de integração do componente do sistema deve estar validada
5	O desenvolvimento de tecnologia de componente de alto risco para o sistema deve estar completo; componentes do sistema de baixo risco devem estar identificados;
4	A restrições e especificações de desempenho do sistema devem estar definidos e a linha base alocada
3	Tecnologias não maduras de alto risco para o sistema devem estar indentificadas e prototipadas
2	A solução de material para o sistema deve estar identificada
1	Soluções de alternativas de material para o sistema devem ter sido consideradas

Fonte: USA, 2010, Apêndice VII, tradução nossa.

A Avaliação de Risco Técnico endereça questões sobre a viabilidade da tecnologia, se a tecnologia atingirá maturidade no cronograma planejado, se haveria barreiras para a capacidade de integração e se a tecnologia atenderá seus propósitos.

O "Handbook" do Governo Australiano sobre avaliação de risco técnico mostra suas boas práticas para todo o processo, adequadas ao seu modelo decisório no processo de aquisição de sistemas de defesa. Esse processo é ilustrado por Cook, Moon e Smith (2005) na Figura 6.

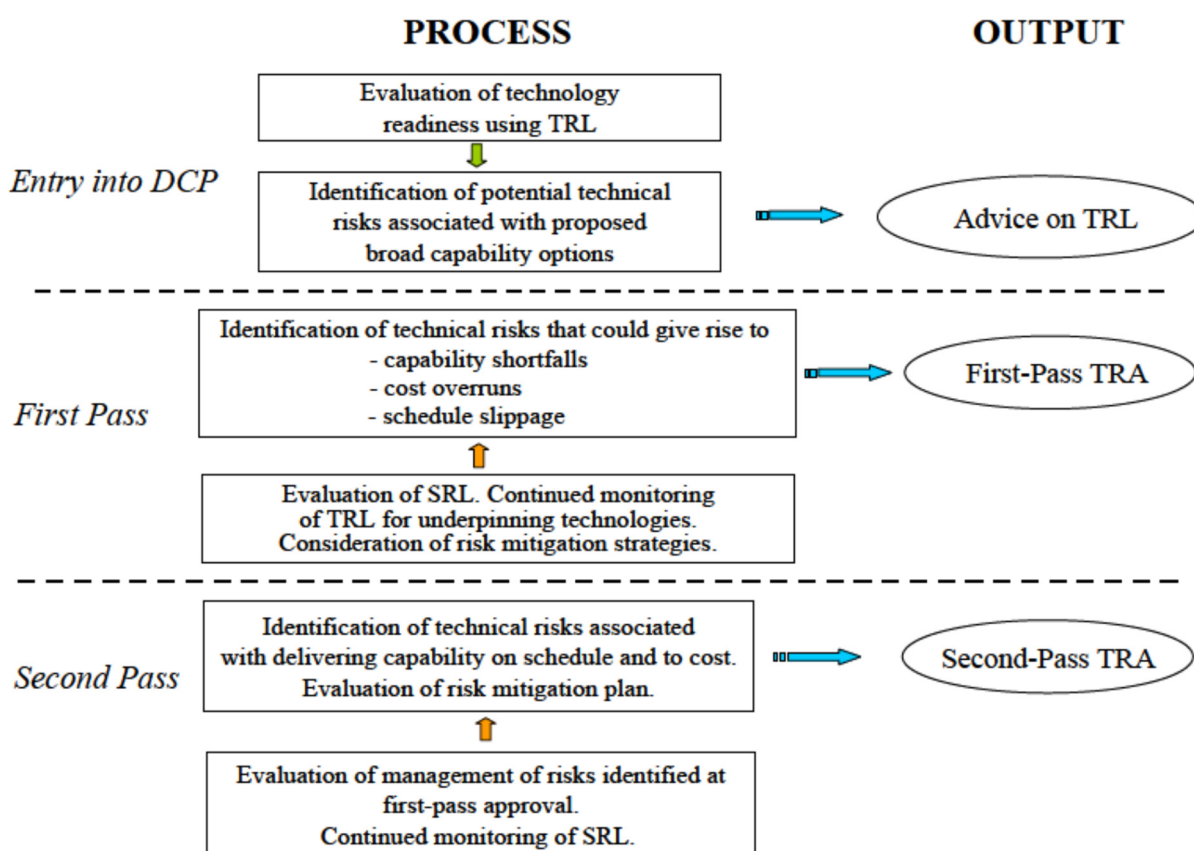


Figura 6 Processo de avaliação de risco técnico do Governo australiano

Fonte: Cook, Moon e Smith (2005, p. 8).

4.5 TRANSPARÊNCIA E INDEPENDÊNCIA

Seja diante de uma cenário de utilização do Nível de Maturidade Tecnológica, seja com a adoção de indicadores de Nível de Maturidade de Sistema (SRL) e Avaliação de Risco Técnico num contexto das atividades inerentes ao MD e FS, é importante notar que diversos outros atores, governamentais, não governamentais,

nacionais e estrangeiros, se utilizam dessas ferramentas no desempenho de suas atividades.

Assim, configura-se a necessidade de estabelecer uma linguagem tão padronizada quanto possível para a elaboração de estudos, relatórios e dados em geral utilizados nos diversos processos associados ao Ciclo da Indústria de Defesa.

Além disso, a elaboração de estudos de Nível de Maturidade Tecnológica, Nível de Maturidade de Sistema e Análise de Risco Técnico poderá influenciar a tomada de decisão em processos relevantes, englobando contratação, financiamento, investimento etc. no desenvolvimento de Sistemas de Defesa.

Assim, tais análises merecem ser realizadas por organismos com independência dos diversos setores responsáveis pela tomada de decisão, de modo a mitigar riscos de conflito de interesse. Nessa mesma direção está a necessidade de transparência e publicidade sobre estudos do gênero, respeitados eventuais requisitos de classificação e segurança de informação.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A Política Nacional de Defesa e a Estratégia Nacional de Defesa atribuem ao Ministério da Defesa e às Forças Singulares papel central no fortalecimento da Base Industrial de Defesa. Os incentivos à Indústria de Defesa vão além das contratações de Sistemas de Defesa pelas Forças Singulares e dos benefícios da legislação dedicada, ligada a procedimentos licitatórios específicos, acesso a regime especial tributário e financiamentos para a área de defesa.

O desenvolvimento de Sistemas de Defesa costumeiramente lança mão de tecnologias inovadoras com longo tempo de maturação. O entendimento do estágio de maturidade e dos riscos técnicos envolvidos ganha papel relevante no apoio a tomada de decisão pelos diversos atores envolvidos.

O COMAER admite o uso do Nível de Maturidade Tecnológica em fase de estudo de viabilidade para aquisição de Sistemas de Defesa. A normativa do MD para o processo de gerenciamento do ciclo de vida de sistemas de defesa, que entrou em vigor em janeiro de 2020, estabelece, também, o uso de Nível de Maturidade Tecnológica em alguns pontos de decisão no contexto de aquisição de Sistemas de Defesa. Além disso, a análise de PRODE/PEED sob a coordenação da SEPROD/MD se utiliza do mesmo indicador. Ainda, o MCTI e outros setores do Governo ligados à inovação adotaram o mesmo indicador em seus processos regulares.

O Nível de Maturidade Tecnológica, entretanto, além de comportar certo grau de subjetividade, se mostra pouco adequado para traduzir o nível de maturidade de sistemas complexos, principalmente quando se constituem de tecnologias de diferentes níveis de maturidade.

Outros indicadores foram desenvolvidos justamente para cobrir essa lacuna, bem como traduzir os riscos técnicos. Adotados pelo Ministério da Defesa do Reino Unido e da Austrália, bem como por algumas outras organizações, o Nível de Maturidade de Sistema (SRL) e a Avaliação de Risco Técnico (TRA) entram em cena, principalmente quando nos deparamos com a necessidade de conhecimentos a respeito da maturidade de sistemas complexos e dos riscos de atrasos, de custos fora do orçamento e de não atendimento a requisitos operacionais.

Uma visão geral aqui apresentada da arquitetura desses indicadores bem como de boas práticas evidenciadas como resultado de extensa pesquisa exploratória oferece indicações para o estabelecimento futuro de metodologia de elaboração de

análises para emissão de juízo técnico sobre tais indicadores para Sistemas de Defesa.

Julgamos que esses indicadores complementam a função do TRL e configuram valiosa informação para apoio à tomada de decisão por parte dos diversos “stakeholders” participantes do ciclo peculiar da indústria de Defesa, englobando, por exemplo: Fundos Constitucionais, Fundos Contábeis, Orçamentos Públicos, Fundos Setoriais, Parcerias Nacionais e Internacionais, Empresas Públicas, Seguros e Garantias, Agentes Financeiros Nacionais e Investimento Estrangeiro Direto.

Nesse sentido, vemos como uma oportunidade a criação, sob a coordenação e iniciativa do MD, de grupo de estudo envolvendo técnicos do MD, das FS, do MCTI e de outras organizações governamentais julgadas aplicáveis (ex: Agência Espacial Brasileira, INPE etc.), bem como da Indústria (ex: ABIMDE, ABIMAQ) entre outros atores de modo a:

- 1) estudar e estabelecer uma linguagem comum em termos de indicadores de maturidade;
- 2) adotar, com base em boas práticas nacionais e internacionais, normas para a avaliação de maturidade tecnológica, de sistema e riscos técnicos; e
- 3) estabelecer/credenciar escritórios de análise investidos de autoridade pelo MD/MCTI para emitir juízo sobre indicadores de maturidade e riscos de maneira transparente e independente.

Por fim, avaliamos que metodologias adotadas por Governos estrangeiros podem funcionar satisfatoriamente nos cenários de origem, entretanto, não é dito que terão o mesmo desempenho no cenário do MD ou da Indústria de Defesa no Brasil.

Qualquer melhoria usando práticas originárias de outros países merece ser estudada cuidadosamente. É razoável evitar o risco de adoção de metodologia extremamente complexa, adequada a um cenário original de um país que conta com um efetivo de especialistas treinados na área de defesa muitas vezes maior que o nacional.

Dessa forma, é importante buscar a simplificação de processos e adaptação à realidade nacional, preservando seus conceitos originais e sua utilidade para a promoção da Indústria Nacional.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. **Introdução ao IMATEC como ferramenta de avaliação de maturidade tecnológica em projetos espaciais**. Brasília, DF: Agência Espacial Brasileira, 2018. Disponível em: < http://antigo.aeb.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/doc_180411_introlIMATEC.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2020.

AZIZIAN, N., SARKANI, S., MAZZUCHI, T. **A Comprehensive Review and Analysis of Maturity Assessment Approaches for Improved Decision Support to Achieve Efficient Defense Acquisition**. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2009, San Francisco, USA, Vol II, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Nazanin_Azizian/publication/44260513_A_Comprehensive_Review_and_Analysis_of_Maturity_Assessment_Approaches_for_Improved_Decision_Support_to_Achieve_Efficient_Defense_Acquisition/links/56af479e08ae19a38517426c.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2020.

AUSTRALIA. Department of Defense. Defence Science and Technology Organisation. **Technical Risk Assessment Handbook**. Australia, Version 1.1, 2010. Disponível em: <https://www.dst.defence.gov.au/sites/default/files/basic_pages/documents/Technical-Risk-Assessment-Handbook_2.pdf>. Assesso em: 30 jul. 2020.

BRUSTOLIN, V. M. **Inovação e desenvolvimento via Defesa Nacional nos EUA e no Brasil**. 2014, 147f. Doutorado - Universidade Harvard, Cambridge, 2014.

COOK, S.; MOON; T., SMITH, J. **Technology Readiness and Technical Risk Assessment for the Australian Defence Organisation**. Mawson Lakes, Australia, 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/27255605_Technology_Readiness_and_Technical_Risk_Assessment_for_the_Australian_Defence_Organisation>. Acesso em: 27 jul. 2020.

BRASIL. Lei Complementar nº 97, de 09 de junho de 1999. Dispõe sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 jun. 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/Lcp97compilado.htm>. Acesso em: 8 ago. 2020.

BRASIL. Marinha do Brasil. Estado-Maior da Armada. **EMA-420**: Normas para Logística de Material. Brasília, DF, 2ª Revisão, 2002.

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

BRASIL. Lei nº 12.598, de 21 de março de 2012. Estabelece normas especiais para as compras, as contratações e o desenvolvimento de produtos e de sistemas de defesa; dispõe sobre regras de incentivo à área estratégica de defesa; altera a Lei nº 12.249, de 11 de junho de 2010; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 mar. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12598.htm>. Acesso em: 8 ago. 2020.

BRASIL. Lei nº 13.043, de 13 de novembro de 2014. Dispõe sobre os fundos de índice de renda fixa, sobre a responsabilidade tributária na integralização de cotas de fundos ou clubes de investimento por meio da entrega de ativos financeiros, sobre a tributação das operações de empréstimos de ativos financeiros e sobre a isenção de imposto sobre a renda na alienação de ações de empresas pequenas e médias; prorroga o prazo de que trata a Lei ...; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 nov. 2014. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L13043.htm>. Acesso em: 8 ago. 2020.

BRASIL. Exército Brasileiro. Comandante do Exército. **EB10-IG-01.018**: Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://www.dct.eb.mil.br/images/conteudo/DSMEM/normas/IG--01-018_2016-Ciclo-de-Vida-do-SMEM.pdf>. Acesso em: 19 de mai. 2020.

BRASIL. Ministério da Defesa. Gabinete do Ministro. Portaria Normativa nº 86/GM-MD, de 13 de dezembro de 2018. Estabelece procedimentos administrativos para o credenciamento, descredenciamento e avaliação de Empresas de Defesa - ED, Empresas Estratégicas de Defesa - EED e para a classificação e desclassificação de Produtos de Defesa - PRODE, e Produtos Estratégicos de Defesa - PED, com entrada em vigor em 19 Dez. 2018, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Edição 243, Seção 1, Página 42, Brasília, DF, 19 dez. 2018. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/materia/>>

/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/55878009/do1-2018-12-19-portaria-normativa-n-86-gm-md-de-13-de-dezembro-de-2018--55877739>. Acesso em: 05 ago. 2020.

BRASIL. Portaria CEMADEN/MCTIC nº 2.093, de 16 de abril de 2018. Aprova as "Normas de Relacionamento do CEMADEN com as suas Fundações de Apoio". **Diário Oficial da União**, Seção I, Pág.11, 17 abr. 2018. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/Portaria_CEMADEN_MCTIC_n_2093_de_16042018.html?searchRef=trl&tipoBusca=expressaoExata>. Acesso em: 06 ago. 2020.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando-Geral de Apoio. **MCA 400-23**: Manual da Gerência Logística de Projetos. São Paulo, SP, 2019.

BRASIL. Ministério da Defesa. Secretaria de Produtos de Defesa. 2019. **29 slides**. Disponível em: <<http://www.abimde.org.br/upload/downloads/MD-DEPFIN-19-mar-2019.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2020.

BRASIL. Portaria MCTIC nº 5.992, de 31 de outubro de 2019. Institui o Canal "IdearumMCTIC" e cria a Equipe de Avaliação de Projetos de Pesquisadores e Desenvolvedores - EAPPD, no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Diário Oficial da União**, Seção I, 11 nov. 2019. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/Portaria_MCTIC_n_5992_de_31102019.html?searchRef=trl&tipoBusca=expressaoExata>. Acesso em: 06 ago. 2020.

BRASIL. Portaria MCTIC nº 1.892, de 27 de abril de 2020. Institui Grupo de Trabalho para propor o aperfeiçoamento da aplicação da Lei nº 11.196, de 21.11.2005 (Lei do Bem). **Diário Oficial da União**, Seção I, Pág.9, 06 mai. 2020. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/Portaria_MCTIC_n_1892_de_27042020.html?searchRef=trl&tipoBusca=expressaoExata>. Acesso em: 06 ago. 2020.

BRASIL. Ministério da Defesa. **MD40-M-01**: Manual de Boas Práticas para a Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de defesa. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://caslode.defesa.gov.br/site/index.php/component/k2/item/download/394_b1998cac0629660c6f6d9d3038689ca6>. Acesso em: 31 de jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa (PND) e a Estratégia Nacional de Defesa (END)**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/politica-nacional-de-defesa>. Acesso em: 01 de ago. 2020.

GOV.BR. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Sala de Imprensa. **MCTIC assina sete termos de apoio a fundos patrimoniais e endowment**, 2019. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/salaImprensa/noticias/arquivos/2019/11/MCTIC_assina_sete_termos_de_apoio_a_fundos_patrimoniais_e_endowment.html?searchRef=trl&tipoBusca=expressaoExata> Acesso em: 06 ago. 2020.

JESUS, G. T. **Avaliação da maturidade de integração entre elementos tecnológicos a partir de visões de arquitetura de sistemas espaciais**. 2019. 170f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Engenharia e Gerenciamento de Sistemas Espaciais, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 2019. Disponível em: <<http://mctm21c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mctm21c/2019/02.11.18.09/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em 7 ago. 2020.

JUNIOR, J. A. F.; GALDINO, J. F. **Gestão de sistemas de material de emprego militar: o papel dos níveis de prontidão tecnológica**, Coleção Meira Mattos, Rio de Janeiro, v. 13, n. 47, p. 155-176, mai./ago. 2019. Disponível em: <<http://www.ebrevistas.eb.mil.br/index.php/RMM/article/download/1910/1989>>. Acesso em: 8 ago. 2020.

KWAK, Y. H.; SMITH, B. M. **Managing risks in mega defense acquisition projects: Performance, policy, and opportunities**. International Journal of Project Management, Washington, n.27, p. 812–820, jan./fev. 2009. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.335.9501&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2020.

Sauser, B. et al. **From TRL to SRL: The Concept of Systems Readiness Levels**. In: CONFERENCE ON SYSTEMS ENGINEERING RESEARCH, 2006, Los Angeles, Stevens Institute of Technology, Paper #126. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/ba46/9d142a535b5ad54b56afbcc5a09d09b4f2ac.pdf?_ga=2.216380181.2052323398.1596729879-1931000688.1595843022>. Acesso em: 3 ago. 2020.

SCIELO EM PERSPECTIVA. PRESS RELEASES. **Agência Espacial Brasileira desenvolve ferramenta de avaliação de tecnologias.** 2020. Disponível em: <<https://pressreleases.scielo.org/blog/2020/07/17/agencia-espacial-brasileira-desenvolve-ferramenta-de-avaliacao-de-tecnologias/#.Xy7U7phKjIU>>. Acesso em 8 ago. 2020.

UK MOD. KID. **Technology Management.** 2014. Disponível em: <<https://www.aof.mod.uk/aofcontent/tactical/techman/index.htm>>. Acesso em: 07 ago. 2020.

UK MOD. **KID.** 2020. Disponível em: <<https://www.aof.mod.uk/index.htm>>. Acesso em: 07 ago. 2020.

UK MOD. KID. **Introduction to Acquisition Lifecycles.** 2020. Disponível em: <https://www.aof.mod.uk/aofcontent/general/lifecycles/sg_introduction.htm>. Acesso em: 07 ago. 2020.

USA. United States House of Representatives Armed Services Committee. **Testemunho do Tenente General Yakovac, Jodeph Jr L;** 2004.

USA. Defense Acquisition University. **Introduction to Defense Acquisition Management.** USA: Defense acquisition university Pr, 2010. Disponível em: <<https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a606328.pdf>>. Acesso em: 5 ago. 2020.

USA. Department of Defense. Assistant Secretary of Defense for Research and Engineering (ASD(R&E)). **Technical Risk Assessment (TRA) Guidance.** USA, 2011. Disponível em: <<https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a554900.pdf>>. Acesso em: 5 ago. 2020.

USA. Government Accountability Office. **GAO-16-410G: Technology Readiness Assessment Guide.** USA, 2016. Disponível em: <<https://www.gao.gov/assets/680/679006.pdf>>. Acesso em: 6 ago. 2020.

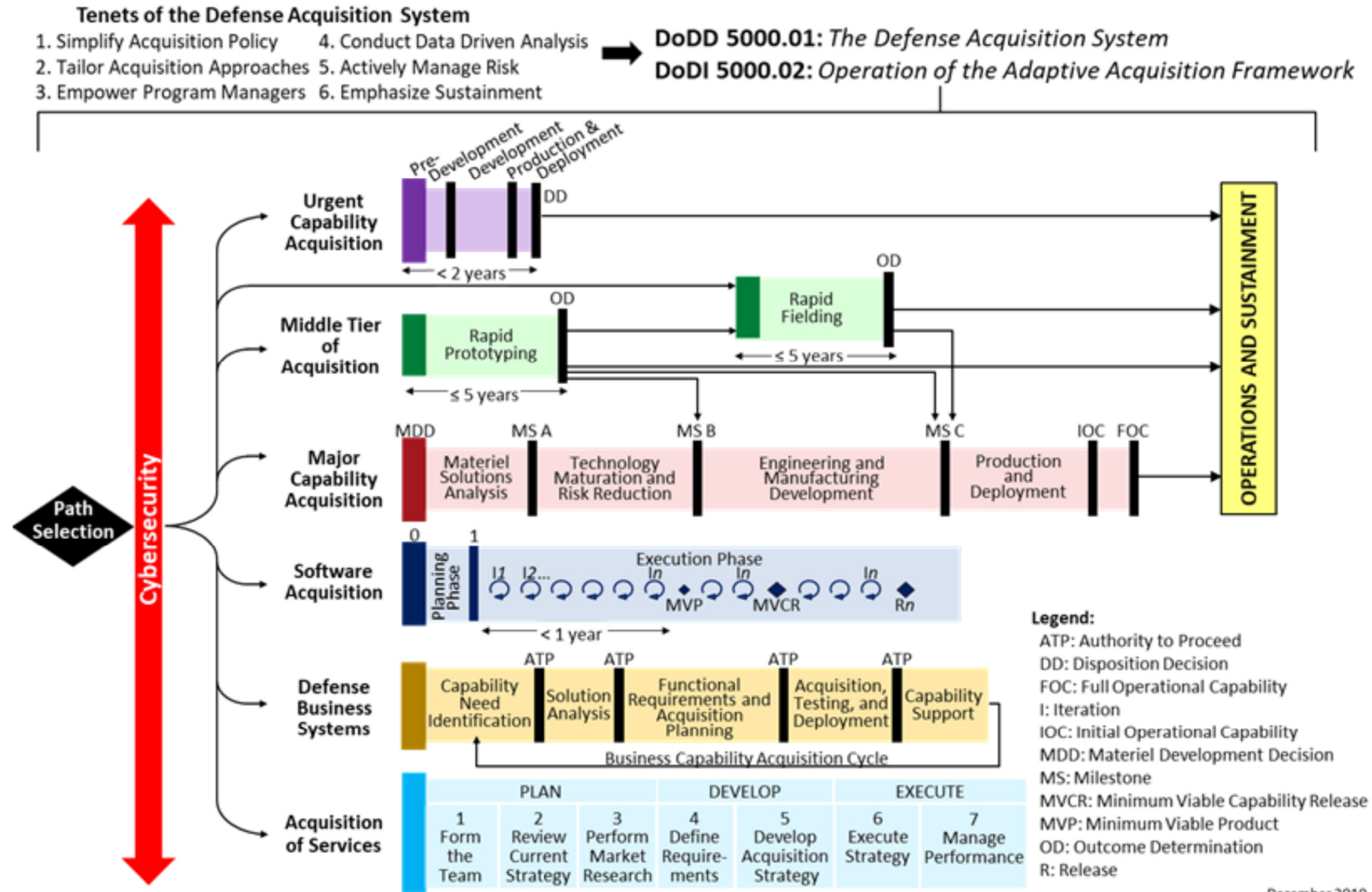
USA. Department of Defense. A&S. **DoD Directive 5000.1**: The Defense Acquisition System. USA, 2018. Disponível em: <<http://acqnotes.com/wp-content/uploads/2014/09/DoD-Directive-5000.01-Defense-Acquisition-System-31-Aug-2018.pdf>>. Acesso em: 5 ago. 2020.

USA. Department of Defense. Defense Acquisition University. **Tools Catalog**: Defense Acquisition Life Cycle Wall Chart. USA, version 1.3, 2019. Disponível em: <<https://www.dau.edu/tools/Lists/DAUTools/Attachments/203/Defense%20Acquisition%20Life%20Cycle%20Wall%20Chart%20v1.3.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2020.

USA. Department of Defense. Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition and Sustainment (A&S). **DoD 5000 Series Acquisition Policy Transformation Handbook**: Multiple Pathways for Tailored Solutions. USA, 2020. Disponível em: <[https://www.acq.osd.mil/ae/assets/docs/DoD%205000%20Series%20Handbook%20\(15Jan2020\).pdf](https://www.acq.osd.mil/ae/assets/docs/DoD%205000%20Series%20Handbook%20(15Jan2020).pdf)>. Acesso em: 5 ago. 2020.

USA. Department of Defense. A&S. **DoD Instruction 5000.2**: Operation of the Defense Acquisition System. USA, 2020. Disponível em: <<https://www.esd.whs.mil/Portals/54/Documents/DD/issuances/dodi/500002p.pdf?ver=2020-01-23-144114-093>>. Acesso em: 5 ago. 2020.

Anexo A Percursos alternativos da Estrutura adaptativa de aquisição - US DoD



Anexo B Nível de Maturidade Tecnológica (TRL)

A seguir são listados os níveis de maturidade tecnológica e suas definições com base na DCA 400-23/2019 do Comando da Aeronáutica.

TRL 1 - Princípios básicos observados e relatados: Transição da investigação científica aplicada à pesquisa. Características essenciais e comportamentos de sistemas e arquiteturas. Ferramentas descritivas são formulações matemáticas ou algoritmos.

TRL 2 - Conceito ou aplicação de Tecnologia formuladas: Pesquisa aplicada. Teoria e princípios científicos estão focados na área de aplicação específica para definir o conceito. Características da aplicação são descritas. Ferramentas analíticas são desenvolvidas para a simulação ou análise da aplicação.

TRL 3 - Função crítica analítica e experimental ou característica à prova de conceito: Validação da prova de conceito. Pesquisa ativa e Desenvolvimento (P & D) é iniciada com estudos analíticos e de laboratório. Demonstrativo de viabilidade técnica utilizando placa de ensaio ou implementações que são utilizadas com dados representativos.

TRL 4 - Validação de componente ou subsistema em ambiente de laboratório: Prototipagem autônoma, implementação e teste. Integração de elementos de tecnologia. Experimentos com escala completa, problemas ou conjuntos de dados.

TRL 5 - Sistema de validação de sistema, subsistema ou componente em ambiente relevante: Teste completo de prototipagem em ambiente representativo. Elementos básicos de tecnologia integrada com elementos de apoio razoavelmente realistas. Implementações de prototipagem conforme ao meio ambiente alvo e interfaces.

TRL 6 - Demonstração de sistema, subsistema, modelo ou prototipagem em um ambiente relevante (solo ou espaço): Implementações de protótipos em escala real de problemas. Parcialmente integrado com os sistemas existentes. Documentação limitada disponível. Viabilidade de engenharia plenamente demonstrado na aplicação real do sistema.

TRL 7 - Sistema de demonstração de protótipos de em um ambiente operacional (solo ou espaço): Demonstração de sistema de protótipos no ambiente operacional. O sistema está em ou perto de escala do sistema operacional, com a maioria funções

disponíveis para demonstração e teste. Bem integrado com garantia e sistemas auxiliares. Documentação limitada disponível.

TRL 8 - Sistema real concluído e "missão qualificada" por meio de teste e demonstração em um ambiente operacional (solo ou espaço): Fim do desenvolvimento do sistema. Totalmente integrado com hardware operacional e sistemas de software. A maioria da documentação do usuário, treinamento documentação, manutenção e documentação finalizada. Toda a funcionalidade testada em simulação e cenários operacionais. Verificação e validação concluída.

TRL 9 - Sistema atual "missão comprovada" por meio de operações de missões bem-sucedidas (solo ou espaço): Totalmente integrado com os sistemas de hardware e software operacionais. Sistema atual foi exaustivamente demonstrado e testado em seu ambiente operacional. Toda a documentação concluída. Experiência operacional bem-sucedida. Suporte de engenharia realizado no lugar.

Anexo C Níveis de Maturidade de Integração (IRL)

IRL	Definição	Descrição das evidências
0	Sem integração	<ul style="list-style-type: none"> Nenhuma integração entre componentes especificados foi planejada ou pretendida
1	Um conceito de alto nível para integração foi identificado.	<ul style="list-style-type: none"> As principais tecnologias de integração foram identificadas Arquitetura funcional de nível superior e pontos de interface foram definidos Conceito de alto nível de operações e principal caso de uso foi iniciado
2	Existe algum nível de especificidade de requisitos para caracterizar a interação entre componentes	<ul style="list-style-type: none"> Entradas / saídas para as principais tecnologias de integração / intermediárias são conhecidas, caracterizadas e documentadas Os principais requisitos de interface e / ou especificações para tecnologias de integração foram definidos / redigidos
3	O projeto detalhado da integração foi definido para incluir todos os detalhes da interface	<ul style="list-style-type: none"> O projeto detalhado da interface foi documentado Os diagramas de interface do sistema foram concluídos O inventário de interfaces externas está concluído e as unidades de engenharia de dados são identificadas e documentadas
4	Validação de funções inter-relacionadas entre componentes de integração em um ambiente de laboratório	<ul style="list-style-type: none"> A funcionalidade das tecnologias em integração (módulos / funções / montagens) foi demonstrada com sucesso em um ambiente de laboratório / sintético O(s) método(s) e especificações de transporte de dados foram definidos
5	Validação de funções inter-relacionadas entre componentes de integração em um ambiente relevante	<ul style="list-style-type: none"> Módulos individuais testados para verificar se os componentes (funções) do módulo funcionam juntos As interfaces externas estão bem definidas (por exemplo, fonte, formatos de dados, estrutura, conteúdo, método de suporte etc.)
6	Validação de funções inter-relacionadas entre componentes de integração em um ambiente de ponta a ponta relevante	<ul style="list-style-type: none"> A funcionalidade de ponta a ponta da integração de sistemas foi validada Testes de transmissão de dados concluídos com sucesso
7	Demonstração da integração do protótipo do sistema em um ambiente operacional de alta representatividade	<ul style="list-style-type: none"> Protótipo totalmente integrado foi demonstrado com sucesso em ambiente operacional real ou simulado Cada interface de sistema / software foi testada individualmente sob condições de estresse e anômalas


IRL	Definição	Descrição das evidências
8	Integração do sistema concluída e missão qualificada através de teste e demonstração em um ambiente operacional	<ul style="list-style-type: none">• Sistema totalmente integrado capaz de atender aos requisitos gerais da missão em um ambiente operacional• Interfaces do sistema qualificadas e funcionando corretamente em um ambiente operacional
9	A integração do sistema é comprovada por meio de capacidades de operações comprovadas em missão	<ul style="list-style-type: none">• O sistema totalmente integrado demonstrou efetividade e adequação operacional em seu ambiente operacional pretendido ou representativo• O desempenho da integração foi totalmente caracterizado e é consistente com os requisitos do usuário

Fonte: USA, 2016, Apêndice VII, tradução nossa.

Anexo D SRL no contexto do Gerenciamento de Tecnologia para o UK MoD

- ☰
- ▼ **Technology Management**
 - 📄 What is Technology Management ?
 - 📄 What is Technology Insertion ?
 - 📄 The Five Principles of Technology Management
- ▼ **Technology Planning**
 - 📄 What is Technology Planning ?
 - 📄 The DE&S Technology Overview
- ▶ **Roadmaps and Roadmapping**
- ▼ **Technology Readiness Levels (TRLs)**
 - 📄 What are TRLs ?
 - 📄 Applying TRLs
 - 📄 Project Management using TRLs
 - 📄 TRLs at Decision Points
 - 📄 TRLs in the Project Lifecycle
- ▼ **System Readiness Levels (SRLs)**
 - 📄 What are SRLs ?
 - 📄 Applying SRLs
 - 📄 How to Self Assess using SRLs
 - 📄 SRL Self Assessment Tool
 - 📄 Project Management using SRLs
 - 📄 SRLs at Decision Points
 - 📄 **SRLs in the Project Lifecycle**
- ▼ **Technology Demonstrator Programs (TDPs)**
 - 📄 What are TDPs ?
 - 📄 Funding and Implementing TDPs
 - 📄 Planning TDPs
 - 📄 Contracting and Completing TDPs

[KiD Acronyms](#) | [Site Map](#) | [A-to-Z](#)



KiD Technology Management

Home | Contact | Feedback | [KiD-Help](#) | [KiD-Home](#) | version 1.0.10 - June 2014

Search for:

Within: This site The whole KiD

[Advanced Search](#)

[Home](#) > [System Readiness Levels \(SRLs\)](#) > SRLs in the Project Lifecycle

Content
Change History

System Readiness Levels (SRLs) in the Project Lifecycle

SRLs and the Defence Lines of Development

Judging an [SRL](#) is aided by the [self assessment tool \[2.16MB XLS\]](#).

This includes a list of project deliverables that provide evidence of system maturity against the equipment [Line of Development \(LoD\)](#).

Programmes and Technology Group Assistance and Assurance (PTG-AA) can offer advice on how a delivery team may tailor these to meet a particular project's requirement. PTG can assist in the selection and planning required for these disciplines but the assurance provided is limited to the equipment [LoD](#) as defined in the [SRL Matrix](#).

SRL Assurance

For key decision points - [Initial Gate and Main Gate](#) - independent assurance and help can be provided by [PTG-AA](#) on behalf of Director Safety and Engineering (Director S&E). PTG will review the evidence gathered, and, when required, conduct a deeper assessment using independent specialists.

Within [Defence Equipment and Support \(DE&S\)](#) ², Systems Maturity is reported via [SRLs](#).

The colour of the Systems Maturity (SM) traffic is determined by analysing the [SRL](#) signature obtained against the project plan or expectations for [SRL](#) maturity at the time of review.