

A GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO EXÉRCITO BRASILEIRO - PARTE 2: O MACROPROCESSO DE PD&I SEGUNDO A ESCALA TRL-EB

THE MANAGEMENT OF THE TECHNOLOGICAL INNOVATION IN THE BRAZILIAN ARMY - PART 2: THE RD&I MACROPROCESS ACCORDING TO THE TRL-EB SCALE

ALDÉLIO BUENO CALDEIRA¹ E LUIZ HENRIQUE PEDROZA MENDES²

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar as principais estruturas de gestão da inovação tecnológica no Exército Brasileiro, bem como o macroprocesso de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), segundo a escala TRL (Technology Readness Level), com o propósito de apontar estratégias para o aumento da prontidão tecnológica. Neste contexto, o usual longo tempo despendido no processo de obtenção de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM) por PD&I, em diversas instituições, sejam essas civis ou militares, tem impulsionado diferentes abordagens de gestão da inovação tecnológica, a fim de reduzir esse lapso temporal, podendo ser mencionadas: a inovação aberta e a tríplice hélice, ambas fundamentadas no estabelecimento de parcerias, bem como a prospecção tecnológica. Nesta senda, a prospecção tecnológica é um instrumento valioso para a identificação de tecnologias críticas, antevendo gargalos tecnológicos em futuros projetos de PD&I.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão da Inovação Tecnológica; TRL; PD&I.

ABSTRACT

This work aims to present the main management structures for technological innovation in the Brazilian Army, as well as the Research, Development and Innovation (RD&I) macroprocess, according to the TRL (Technology Readness Level) scale, with the purpose of pointing out strategies for increasing technological readiness. In this context, the usual long time spent in the acquisition process of Military Employment Systems and Materials (SMEM) by RD&I, in various institutions, whether civil or military, has driven different approaches to managing technological innovation, in order to reduce this lapse of time, and the following can be mentioned: open innovation and the triple helix, both based on the establishment of partnerships, as well as technological prospecting. In this sense, technological prospecting is a valuable tool to identify critical technologies, anticipating technological bottlenecks in future projects of RD&I.

KEYWORDS: Management of Technological Innovation; TRL; RD&I.

OS AUTORES

¹Coronel Engenheiro Militar do Exército Brasileiro. Possui pós-doutorado em Engenharia Mecânica pela University of Central Florida. Foi Chefe da Agência de Gestão e Inovação Tecnológica (AGITEC), Professor e Pró-reitor de Pesquisa, Extensão e Inovação do Instituto Militar de Engenharia (IME) e Engenheiro do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IPD). Atualmente é analista da 7ª Subchefia do Estado-Maior do Exército.



²Coronel da reserva do Exército Brasileiro, com formação em Comunicações. Possui Bacharelado, Mestrado e Doutorado em Ciências Militares, Mestrado em Administração (Michigan University) e Bacharelado em Computação (Unitau -Universidade de Taubaté- SP). Atualmente, exerce a função de Professor na Escola de Comando e Estado-Maior do Exército.



1 INTRODUÇÃO

O acelerado processo de mudanças científico-tecnológicas, vivenciado na atualidade, está inserido em um mundo *VUCA* (volátil, incerto, complexo e ambíguo). Neste cenário, as necessidades operacionais da Força Terrestre sofrem alterações constantemente, requerendo capacidades dinâmicas e permanentemente atualizadas. Por outro lado, o tempo de obtenção de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM), em especial, por Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) não é pequeno, havendo um lapso temporal entre a necessidade e o atendimento da demanda.

Os projetos estratégicos das forças armadas também passam por um **ciclo de desenvolvimento longo**, compreendendo a formação de pessoal especializado, passando pela realização de pesquisas pioneiras até o domínio pleno das capacidades de P&D e de produção dos sistemas e produtos de defesa, **particularmente das tecnologias críticas neles embarcadas** (Schons; Prado Filho; Galdino, 2020, p. 29).

Dessa forma, existe um descompasso entre as expectativas e as entregas, principalmente, quanto à celeridade do atendimento ao demandado. Este diagnóstico, em grande medida, está presente na Portaria nº 032-DCT, de 11 SET 2012, a qual aprovou a Diretriz de Iniciação do Projeto de Transformação do Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército (SCTEx) (Brasil, 2012).

A fim de enfrentar o descompasso em tela, estratégias devem ser concebidas, visando à redução do tempo de P&D, bem como a antecipação das demandas tecnológicas a serem obtidas a longo prazo. Ambas as estratégias podem ser alcançadas por meio de efetivas práticas de gestão da inovação tecnológica.

Assim, a adoção de abordagens de gestão da inovação tecnológica, fundamentadas na inovação aberta e na tríplice hélice, propicia a redução do hiato temporal entre demanda e entrega, enquanto o processo decisório apoiado em eficazes prospecções tecnológicas permite a antecipação tempestiva das demandas tecnológicas. E, portanto, não por acaso, a inovação é a ideia-força da transformação do Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército (SCTEx) em Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação do Exército (SCTIEx) (Brasil, 2012).

Ademais, **“A INOVAÇÃO que se espera obter pelo novo SCTIEx é aquela que dará vantagem operacional, tática ou estratégica à Força Terrestre e que, em consequência, agregará valor ao Poder de Combate do Exército”** (Brasil, 2012). Alinhada a esta ideia, a inovação é uma estratégia para a geração de capacidades militares terrestres (Barbosa; Caldeira, 2021), influenciando todos os fatores do DOAMEPI (Doutrina, Organização ou processos, Adestramento, Material, Educação, Pessoal e Infraestrutura). Esta afirmação contempla, portanto, a inovação tecnológica.

Não obstante, a adoção de efetivas práticas de gestão da inovação tecnológica não é tarefa fácil, existindo desafios e oportunidades de toda ordem, relacionados à cultura, à estrutura organizacional, aos processos administrativos e de P&D, dentre outros (Barbosa; Caldeira, 2021).

2 PRINCIPAIS ESTRUTURAS DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO EB

Esta seção tem por objetivo apresentar as principais estruturas de gestão da inovação tecnológica no Exército Brasileiro, contribuindo com um melhor entendimento organizacional.

Inicialmente, considerando o macroprocesso de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

(PD&I) como premissa para o desenvolvimento do presente estudo e, por conseguinte, a decisão de obtenção do SMEM por PD&I, é relevante definir: pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento experimental e inovação.

O termo P&D cobre três atividades: pesquisa básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental

[...]

A **pesquisa básica** é o trabalho experimental ou teórico realizado principalmente para adquirir novos conhecimentos sobre os fundamentos subjacentes dos fenômenos e fatos observáveis, sem qualquer aplicação ou uso particular em vista.

A **pesquisa aplicada** também é uma investigação original empreendida para adquirir novos conhecimentos. É, no entanto, dirigido principalmente para um fim ou objetivo prático específico.

O **desenvolvimento experimental** é um trabalho sistemático, com base no conhecimento existente adquirido com a pesquisa e / ou experiência prática, que é direcionado para a produção de novos materiais, produtos ou dispositivos, para a instalação de novos processos, sistemas e serviços, ou para melhorar substancialmente aqueles já produzidos ou instalados (tradução livre, Organisation for Economic Co-Operation and Development, 2002, p. 30).

Ademais, de acordo com a Lei da inovação, define-se inovação como a:

introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo e social que resulte em novos produtos, serviços ou processos ou que compreenda a agregação de novas funcionalidades ou características a produto, serviço ou processo já existente que possa resultar em melhorias e em efetivo ganho de qualidade ou desempenho (Brasil, 2004).

No entanto, a inovação tecnológica apenas se concretiza ao agregar valor. Em outras palavras, a inovação é de fato alcançada quando atende às necessidades do usuário final e da organização. Ou seja, é essencial que a organização se aproprie de forma efetiva dos benefícios da inovação tecnológica, aumentando ou mantendo suas capacidades. Nesse quadro,

A gestão da inovação tecnológica é um macroprocesso de sistematização de outros processos correlatos e ferramentas para uma melhor apropriação dos resultados da inovação pela organização (Pfitzner *et al.*, 2016, p. 16).

Assim, no Exército Brasileiro, considerando a obtenção de um SMEM por PD&I, a gestão da inovação tecnológica constitui um macroprocesso que tem origem no estabelecimento de uma necessidade no Plano Estratégico do Exército (PEEx) e termina com o efetivo uso do material. Logo, o macroprocesso de gestão da inovação tecnológica mantém uma relação sinérgica com o macroprocesso de PD&I. Desta forma, são principais atores no macroprocesso de gestão da inovação tecnológica: o Estado-Maior do Exército (EME), o Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT), as Instituições Científico-Tecnológicas (ICT) do Exército, a Agência de Gestão e Inovação Tecnológica (AGITEC), o Núcleo de Inovações Tecnológicas do Exército (NIT/EB) e o Sistema Defesa, Indústria e Academia de Inovação (SisDIA). Além destas estruturas internas ao Exército, no contexto da inovação aberta, empresas, ICT, universidades e órgãos de fomento podem estar envolvidos nesse macroprocesso.

O EME é o Órgão de Direção Geral que atua no nível político-institucional e, desse modo, define os SMEM a serem obtidos e incluídos no Plano Estratégico do Exército (PEEx).

O DCT é o Órgão de Direção Setorial que atua no nível estratégico e elabora, alinhado ao PEEEx, o Plano Estratégico de Ciência, Tecnologia e Inovação, atribuindo às suas ICT as diferentes atividades necessárias ao macroprocesso de PD&I. Particularmente, o DCT também é uma ICT.

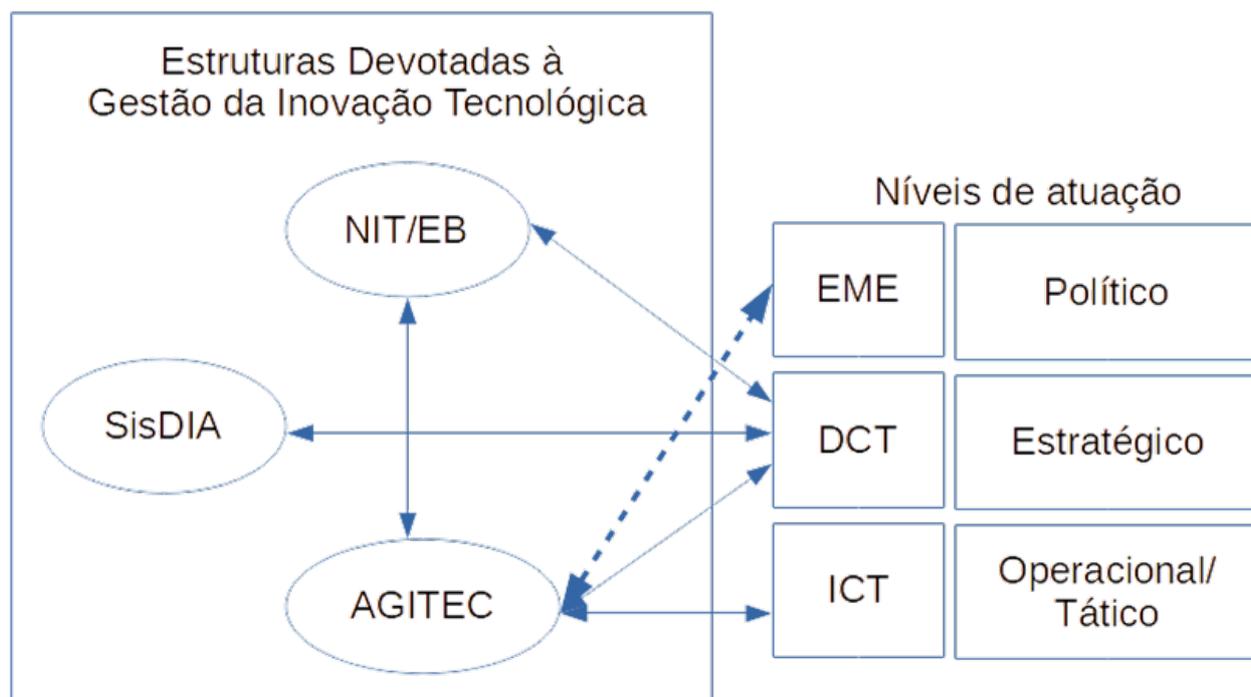
As ICT do Exército, as quais atuam no nível operacional e/ou tático são: AGITEC, Centro de Desenvolvimento de Sistemas (CDS), Instituto Militar de Engenharia (IME), Centro Tecnológico do Exército (CTEx), Comando de Comunicações e Guerra Eletrônica do Exército (CCOMGEx), Diretoria de Fabricação (DF), Diretoria de Serviço Geográfico (DSG), Centro Integrado de Telemática do Exército (CITEx), Centro de Defesa Cibernética (CDCiber), Centro de Avaliações do Exército (CAEx), Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx), Centro de Instrução de Aviação do Exército (CIAvEx), Hospital Militar de Área de São Paulo (HMASP), Centro de Instrução de Guerra na Selva (CIGS), Hospital Central do Exército (HCE), Imbel, Laboratório Químico e Farmacêutico do Exército (LQFEx) e Centro de Instrução de Engenharia (CI Eng) (AGITEC, 2024).

A saber, a lei de Inovação define ICT como:

órgão ou entidade da administração pública direta ou indireta ou pessoa jurídica de direito privado sem fins lucrativos legalmente constituída sob as leis brasileiras, com sede e foro no País, que inclua em sua missão institucional ou em seu objetivo social ou estatutário a pesquisa básica ou aplicada de caráter científico ou tecnológico ou o desenvolvimento de novos produtos, serviços ou processos (Brasil, 2004).

A Figura 1 apresenta de forma simplificada as principais estruturas de gestão da inovação tecnológica internas ao EB. Nesta figura, identificam-se os níveis de atuação do EME, do DCT e das ICT, bem como as ligações das estruturas criadas para executar e apoiar a gestão da inovação tecnológica no EB: AGITEC, NIT/EB e SisDIA.

Figura 1 - Principais estruturas de gestão da inovação tecnológica no EB



Fonte: Caldeira (2023)

Na Figura 1 é apresentada uma ligação entre o EME e a AGITEC, a qual se manifesta por meio da Rede de Estudos Estratégicos do Exército (R3E), da qual fazem parte a AGITEC e o CEEEx. Além disso, as ligações da AGITEC com as ICT ocorrem por meio da SIT (Seção de Inovação Tecnológica) de cada ICT do EB. Posto que compete à AGITEC:

gerir o portfólio de propriedade intelectual do EB, apoiado pelas Seções de Inovação Tecnológica (SIT) de cada Instituição Científica e Tecnológica (ICT) da Força Terrestre (Brasil, 2019b).

Ressalta-se que a Figura 1 é uma representação simplificada, com objetivo de facilitar o entendimento do leitor, não representando ligações de subordinação, mas de fluxo de informações. Ademais, outros órgãos do Exército podem, eventualmente, participar de atividades relacionadas à gestão da inovação tecnológica.

A criação do SisDIA e da AGITEC evidenciam a decisão do Exército Brasileiro em viabilizar a trílice hélice e a inovação aberta, conforme:

Art. 6º O SisDIA de Inovação, baseado nos preceitos da **Tríplice Hélice**, tem por finalidade potencializar os esforços das áreas governamental, produtiva e acadêmica com vistas a, por meio da inovação tecnológica, contribuir com o desenvolvimento nacional, visando à busca das capacitações produtivas brasileiras de Produtos e de Sistemas de Defesa e duais (Brasil, 2019).

Art. 3º À AGITEC compete:

[...]

XVI - promover a **inovação aberta**, quando pertinente, no âmbito do SCTIEx (Brasil, 2019b).

A AGITEC foi criada pela Portaria nº 548, de 27 de maio de 2015, do Comandante do Exército e sua finalidade está estabelecida na Portaria no 1.218-C Ex, de 9 AGO 2019, a qual aprovou o Regulamento da Agência de Gestão e Inovação Tecnológica:

Art. 1º A Agência de Gestão e Inovação Tecnológica (AGITEC), órgão de apoio em ciência, tecnologia e inovação diretamente subordinado ao Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT), **tem por finalidade realizar a Gestão da Inovação Tecnológica**, criando um ambiente favorável ao incremento das capacidades científico-tecnológicas e ao desenvolvimento de novos Produtos de Defesa (PRODE) e Sistemas de Defesa para a Força Terrestre (Brasil, 2019b).

É digno de nota que, conforme Portaria no 1.218-C Ex, de 09 AGO 2019, a AGITEC é estruturada em quatro áreas finalísticas: Gestão do Conhecimento Científico-Tecnológico; Gestão da Propriedade Intelectual; Promoção da Cultura da Inovação; e Informações Tecnológicas.

O Núcleo de Inovações Tecnológicas (NIT) é a

estrutura instituída por uma ou mais ICTs, com ou sem personalidade jurídica própria, que tenha por **finalidade a gestão de política institucional de inovação** e por competências mínimas as atribuições previstas nesta Lei (Brasil, 2004).

No âmbito do EB, o DCT é o NIT/EB, de acordo com:

Art. 9º Para fins de aplicação da Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, fica estabelecido o Departamento de Ciência e Tecnologia - DCT, como o Núcleo de Inovação Tecnológica do Exército Brasileiro (NIT/EB) e o órgão gestor da Política de Inovação das Organizações Militares que sejam Instituições Científicas e Tecnológicas, regulando e gerenciando suas atividades (Brasil, 2014).

Entretanto, algumas atribuições do NIT/EB foram delegadas à AGITEC pela Portaria nº 121 – DCT, de 16 OUT 2020 - Delega e subdelega competência para a prática de atos administrativos e dá outras providências.

De acordo com a portaria em tela,

Art. 1º Ficam delegadas à AGITEC as competências do Núcleo de Inovação Tecnológica previstas nos incisos I ao VI do art. 26 do Regimento Interno do Departamento de Ciência e Tecnologia (EB80-RI-07.001), aprovado pela Portaria nº 13-DCT, de 6 de fevereiro de 2020 (Brasil, 2020b).

Assim, foram delegadas à AGITEC as seguintes competências:

- I - propor a Política de Inovação do EB;
- II - utilizar estrategicamente os mecanismos do Sistema Internacional de Propriedade Intelectual e de transferência de tecnologia;
- III - realizar a gestão da inovação no âmbito do EB;
- IV - emitir parecer técnico, no aspecto da Propriedade Intelectual (PI), sobre as propostas de IP e contratos a serem celebrados pelo DCT, na área de sua competência;
- V - assessorar as ICT nos assuntos referentes à apropriação dos ativos imateriais decorrentes dos processos inovativos;
- VI - assessorar as ICT nos assuntos referentes a contratos de transferência de tecnologia e de licenciamentos de direitos sobre ativos imateriais de PI (Brasil, 2020c).

Ademais, a estrutura mais recente do Exército Brasileiro dedicada à inovação tecnológica é o Comitê de Governança de Projetos de PD&I de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (CGPD&I/SMEM), órgão instituído pela Portaria Nr 1.193 – EME/C Ex, de 14 de novembro de 2023. O CGPD&I/SMEM é voltado, essencialmente, para a governança do macroprocesso de PD&I dos projetos de PD&I de tecnologias, componentes, subsistemas e SMEM, que não fazem parte do Portfólio Estratégico do Exército (Brasil, 2023).

Registra-se que a governança dos projetos pertencentes ao Portfólio Estratégico do Exército é executada pelo EME, por meio do Escritório de Projetos do Exército (EPEX) (Brasil, 2022).

Assim sendo, o Exército Brasileiro possui estruturas especificamente destinadas à gestão da inovação tecnológica: o NIT/EB, o SisDIA e a AGITEC; e o CGPD&I/SMEM, destinado à governança dos projetos de PD&I não pertencentes ao Portfólio Estratégico do Exército. Logo, o EB está atento às mudanças da Era do Conhecimento, buscando promover as melhores práticas de governança e gestão da inovação, em especial, as alicerçadas na tríplice hélice e na inovação aberta, as quais têm em seu cerne o fluxo de conhecimentos e o estabelecimento de parcerias (Caldeira; Mendes, 2024, p. 102). Isto é, primam pelas cooperações interinstitucionais e interpessoais, promovendo sinergia e racionalização. Entretanto, do exposto, a gestão da inovação tecnológica não se restringe ao NIT, ao SisDIA e a AGITEC, sendo muito mais complexa e envolvendo também o EME, o DCT e as ICT do EB.

3 O MACROPROCESSO DE PD&I SEGUNDO A ESCALA TRL-EB

Esta seção tem por objetivo apresentar o macroprocesso de PD&I no EB, assim como identificar oportunidades para o aprimoramento da gestão da inovação tecnológica, observáveis a partir da escala TRL-EB (*Technology Readiness Level* para o Exército Brasileiro), a qual foi apresentada por Girardi, França Junior e Galdino (2022), sendo reportada no Quadro 1.

O macroprocesso de PD&I no EB envolve a pesquisa básica, a pesquisa aplicada, o desenvolvimento experimental, a avaliação técnica e operacional e a gestão da inovação tecnológica. Este macroprocesso pode ser compreendido segundo a escala TRL-EB, a qual encontra uso na mensuração do nível de maturidade (ou prontidão) das tecnologias que integram um SMEM. Desta forma, essa escala é relevante como ferramenta de acompanhamento da evolução dos projetos de SMEM a serem obtidos por PD&I.

Com o intento de facilitar o entendimento do macroprocesso de PD&I, no contexto da escala TRL-EB, pode-se considerar pesquisa básica (níveis 1 ao 3), pesquisa aplicada (níveis 4 e 5), desenvolvimento experimental (níveis 6 ao 8), avaliações (certificações e homologações) (níveis 9 e 10), inovação (nível 11), conforme Quadro 1. Todavia, as fronteiras entre estes níveis não são rígidas, existindo abordagens e entendimentos distintos. Além disso, esse macroprocesso não é exclusivamente unidirecional ou linear.

A divisão, ora proposta, entre os níveis correspondentes à pesquisa básica, à pesquisa aplicada e ao desenvolvimento experimental é semelhante, do nível 1 ao nível 8, ao adotado por Estados Unidos (2017). Destaca-se ainda que a escala TRL tradicional possui 9 níveis de maturidade tecnológica, tal qual a apresentada por Estados Unidos (2017).

Corroborando a ideia de que o último nível da escala TRL corresponde à inovação adotada, Ferreira (2015), ao discutir o uso de uma escala TRL tradicional com 9 níveis, afirma: “Em certa medida, o nível 9 para a maturidade tecnológica é também um indicador de inovação militar” (Ferreira, 2015, p. 43).

Ressalta-se que quanto mais baixo o nível TRL de uma tecnologia, maior será o tempo para a conclusão do projeto do SMEM que a mesma integra. Nesse sentido, a primeira coluna do Quadro 1 indica a evolução temporal genérica de um projeto de SMEM, da pesquisa básica à inovação.

Repisa-se que sistemas complexos, como um SMEM, integram diferentes tecnologias, as quais, antes do início do projeto do SMEM podem estar em distintos níveis de TRL. No entanto, segundo, França Junior e Galdino (2019),

Vários países adotam os níveis 6 ou 7 da escala TRL como marco crítico que indica a viabilidade técnica de se iniciar um projeto de P&D visando a concepção de um produto mediante integração de várias tecnologias críticas (França Junior; Galdino, 2019, p. 169).

De acordo com as Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar (EB10-IG-01.018):

Art. 6º Um SMEM a ser desenvolvido ou em desenvolvimento é aquele cujas tecnologias críticas alcançaram nível de maturidade tecnológica (em inglês, *Technology Readiness Level* — TRL) tal que permita a **verificação de suas funções críticas**.
[...]

Art. 7º Um SMEM desenvolvido é aquele cujo protótipo, incluindo cabeça de série, incorpora e integra tecnologias críticas, detendo TRL que permita verificar suas funções críticas em ambiente operacional; ou cujo lote-piloto está qualificado pelo fabricante como “pronto” para aplicação em ambiente operacional (Brasil, 2024).

Neste contexto, define-se:

Tecnologia Crítica: tecnologia componente essencial para o cumprimento dos requisitos de um SMEM que se queira desenvolver, quando não há domínio nacional de seu processo de desenvolvimento e produção, inclusive de seus insumos, e sua importação está sujeita a cerceamento tecnológico e riscos de P&D (Brasil, 2024).

Quadro 1 – Abordagem simplificada do macroprocesso de PD&I segundo a escala TRL-EB

Tempo	Tipo de projeto	Fase	Nível TRL-EB	Descrição
	Projeto de pesquisa	Pesquisa básica	1	Princípios básicos observados e relatados / modelagem teórica: estudos documentados versando sobre princípios científicos básicos, em que potenciais aplicações possam ser identificadas.
			2	Conceito de tecnologia e/ou aplicação formulada: estudos documentados que analisam aplicações específicas do objeto (análise de funcionalidades, desempenho e identificação de experimentos).
			3	Função crítica experimentada e analisada em ambiente laboratorial: estudos documentados de experimentos demonstrando a viabilidade de aplicação do objeto em ambiente simulado de alta fidelidade (especificação de funcionalidades, desempenho e realização de experimentos).
		Pesquisa aplicada	4	Prova de conceito validada em ambiente laboratorial: funções críticas do objeto, implementadas em uma prova de conceito, são testadas em ambiente laboratorial.
			5	Modelo de engenharia validado em ambiente relevante: funções críticas do objeto, implementadas em um modelo de engenharia, são testadas em ambiente relevante.
	Projeto de desenvolvimento	Desenvolvimento experimental	6	Demonstrador de tecnologia validado em ambiente relevante: funções críticas do objeto, incluídos parâmetros de desempenho, dimensões e peso, implementadas em um demonstrador de tecnologia, são testadas em ambiente relevante, estabelecido de acordo com os Requisitos Operacionais e Técnicos.
			7	Demonstrador de tecnologia integrado ao produto alvo validado em ambiente operacional: demonstrador de tecnologia do objeto é integrado ao produto alvo e suas funções críticas são testadas em uma primeira versão do protótipo, em ambiente operacional e de acordo com os Requisitos Operacionais e Técnicos.
			8	Protótipo validado em ambiente operacional: o produto alvo é testado considerando quase todos os Requisitos Operacionais e Técnicos. Esse nível representa o final do desenvolvimento do produto.
		Avaliação	9	Protótipo avaliado por órgão competente (avaliação de protótipo): o produto alvo é avaliado e homologado pelos órgãos competentes do DCT, de acordo com todos os seus Requisitos Operacionais e Técnicos.
			10	Repetibilidade da produção avaliada (avaliação de lote piloto): lote piloto avaliado e homologado pelos órgãos de C&T e adotado pelo ODG.
		Inovação	11	Produto em operação / Feedback de usuário processado: produto melhorado com falhas e <i>bugs</i> corrigidos com base no <i>feedback</i> do usuário.

Fonte: Adaptado de Girardi; França Junior; Galdino (2022).

Contudo, é digno de nota, observar o que estabelecia a antiga IG-01.018, a qual especificava o ambiente de verificação das funções críticas ao definir um SMEM a ser desenvolvido:

Art. 2 [...]

§ 1º Um SMEM a ser desenvolvido ou em desenvolvimento é aquele cujas tecnologias componentes críticas alcançaram nível de prontidão tecnológica (TRL—Technology Readiness Level) que permita a **verificação de suas funções críticas em ambiente relevante** (Brasil, 2022).

Um dos propósitos de se estabelecer um nível mínimo de maturidade tecnológica para as tecnologias críticas de um SMEM, a ser obtido por PD&I, é reduzir os riscos tecnológicos inerentes a estes projetos, pois quanto maior o nível de maturidade, menor o risco tecnológico.

Portanto, à luz da escala TRL-EB e atendendo a IG-01.018, depreende-se que o nível mínimo de maturidade tecnológica requerido, e concluído, para todas as tecnologias críticas, a fim de iniciar o desenvolvimento de um SMEM é TRL-EB 5, nível em que as funções críticas foram testadas em ambiente relevante. Ou seja, entende-se que a fase de pesquisa aplicada foi concluída. Em vista disso, recomenda-se que o projeto de obtenção por PD&I de um SMEM inicie com a fase de desenvolvimento experimental.

Não obstante, visando a aceleração e viabilização do início da obtenção por PD&I, é importante avaliar a possibilidade de aquisição ou de transferência de tecnologias para se alcançar o nível mínimo de prontidão estabelecido para o desenvolvimento experimental do SMEM.

Observando a escala TRL-EB, constata-se que os requisitos operacionais e técnicos necessitam ser atendidos somente a partir do nível 6 e que a integração de uma tecnologia a um produto alvo precisa ocorrer somente no nível 7. Evidencia-se assim que até o nível 5, não é exigido que a tecnologia atenda a requisitos de projeto, podendo inclusive não ter um produto alvo bem definido. Dessa forma, do nível 1 até o nível 5 existe um grande potencial para uma tecnologia ser aplicável a diferentes sistemas e produtos. Logo, nestes níveis iniciais de maturidade tecnológica, o esforço de pesquisa tende a ser mais facilmente compartilhado entre diferentes instituições com objetivos diversos.

Outro aspecto importante é que toda tecnologia, em essência, é dual, pois pode ser utilizada com propósitos civis ou militares, porém o produto alvo ao qual a tecnologia será integrada pode não ser. Neste sentido, os projetos de tecnologias e não de produtos, em geral, são mais atrativos para parceiros civis que visam aplicações não militares, contribuindo ainda para a exploração econômica da propriedade intelectual, posto que o mercado civil é maior e mais aberto que o mercado militar.

O Ministério da Defesa, com o propósito de otimizar recursos e de promover a interoperabilidade, tem envidado esforços no sentido de fomentar processos de obtenção conjunta de SMEM para as Forças Armadas. Estes esforços são evidenciados na Portaria GM-MD nº 4.070, de 5 de outubro de 2021.

Art. 2º O objetivo da Diretriz de que trata esta Portaria é estabelecer processo analítico conjunto para a obtenção de PRODE e de SD no âmbito do Ministério da Defesa e das FS, tendo em vista a necessidade de coordenação de projetos comuns e propiciar a interoperabilidade entre as FS e o fomento à Base Industrial de Defesa (BID).

[...]

Art. 4º

[...]

VI - incentivar e ampliar os processos de obtenção conjunta de interesse das FS (Brasil, 2021).

Entretanto, por vezes, as especificidades de cada Força podem exigir SMEM similares, porém com requisitos técnicos e operacionais distintos. Contudo, projetos de PD&I para as tecnologias críticas desses SMEM podem ser conduzidos em cooperação entre as Forças até o nível TRL-EB 5, facilitando o compartilhamento dos esforços de pesquisa.

Notadamente quanto aos projetos de pesquisa, a cooperação entre as Forças está alinhada com o estabelecido na Estratégia Nacional de Defesa:

[...] o Setor de Defesa deverá realizar o acompanhamento de pesquisas avançadas em tecnologias de defesa nos institutos das Forças Armadas ou em outras organizações a elas subordinadas ou associadas, visando, sobretudo, à atuação sinérgica de tais iniciativas. Busca-se, com isso, uma integração que evite duplicidade de esforços, que compartilhe quadros e ideias e que racionalize o uso dos recursos, assim como privilegie a construção de elos entre pesquisa e produção, sem que se perca contato com os avanços em ciências básicas. Para atingir tal condição, é necessário que os projetos de pesquisa sejam, prioritariamente, realizados de forma conjunta pelas instituições de tecnologia avançada das três Forças Singulares. Projetos de interesse comum a mais de uma Força devem ter seus esforços integrados, definindo-se, para cada um deles, um polo integrador (Brasil, 2020).

Nesse âmbito, é possível distinguir dois tipos de projetos de PD&I promissores para Exército: os projetos de obtenção de tecnologias críticas, focados na pesquisa básica e aplicada, com o propósito de elevar o nível de maturidade tecnológica de TRL-EB 1 ao TRL-EB 5, visando a integração futura dessa tecnologia a um ou mais SMEM, bem como a exploração econômica da propriedade intelectual; e os projetos de obtenção de SMEM, com o propósito de realizar o desenvolvimento experimental, a avaliação e a inovação, partindo do início do nível de maturidade tecnológica TRL-EB 6 e alcançando o nível TRL-EB 11. Assim, seria, possivelmente, mais adequado denominar os projetos de obtenção de tecnologias críticas de projetos de pesquisa e os projetos de obtenção SMEM de projetos de desenvolvimento.

Em consequência, torna-se mister, compreender a diferença entre tecnologia e produto (ou SMEM), sendo a primeira essencial para o desenvolvimento do segundo. Além disso, com frequência, tecnologias críticas se apresentam como gargalos tecnológicos inviabilizando ou retardando os projetos de SMEM.

Usualmente, os programas estratégicos do Exército, envolvidos com PD&I, abarcam projetos de desenvolvimento, isto é, objetivam a obtenção de SMEM. Por conseguinte, há espaço para um programa estratégico de tecnologias críticas que agregue projetos de pesquisa e que, portanto, seja focado na obtenção de tecnologias críticas de interesse do Exército. Este programa constitui uma oportunidade de fortalecimento do macroprocesso de PD&I, preenchendo uma lacuna ora existente, contribuindo com o aperfeiçoamento do alinhamento estratégico, da governança e da gestão dos projetos de pesquisa.

Adicionalmente, a prospecção tecnológica se apresenta como um instrumento fulcral de antevisão, subsidiando o processo decisório e o planejamento estratégico das tecnologias críticas que necessitam ser priorizadas e pesquisadas, de sorte a evitar gargalos tecnológicos no desenvolvimento de SMEM futuros. Consequentemente, a priorização e a execução de projetos de pesquisa de tecnologias críticas é uma estratégia basilar para aumentar a prontidão tecnológica, reduzindo o hiato temporal entre a demanda e a entrega dos SMEM a serem obtidos por PD&I.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou as estruturas organizacionais de gestão da inovação tecnológica no EB e o macroprocesso de PD&I, bem como a escala TRL-EB como instrumento de acompanhamento da evolução dos projetos de PD&I.

Constatou-se que a gestão da inovação tecnológica no Exército Brasileiro está ligada ao macroprocesso de PD&I, não se restringindo ao NIT, ao SisDIA e a AGITEC, sendo muito mais complexa e envolvendo também o EME, o DCT e as ICT do EB.

Foi evidenciado, com base no exposto na IG 01.018 e na escala TRL-EB, que o nível mínimo de maturidade recomendado, e concluído, para iniciar o processo de obtenção de SMEM por PD&I é TRL-EB 5. Nível no qual todas as tecnologias críticas do SMEM foram testadas em ambiente relevante, e, portanto, a fase de pesquisa aplicada foi concluída. Desta forma, recomenda-se que a obtenção de SMEM por PD&I inicie com a fase de desenvolvimento experimental.

Verificou-se que o esforço na pesquisa básica e na pesquisa aplicada de uma tecnologia, face à multiplicidade de possibilidades de aplicações dessa tecnologia em diferentes produtos e sistemas, é mais facilmente compartilhado entre instituições científico-tecnológicas e empresas em comparação com o esforço voltado para o desenvolvimento experimental, a avaliação e a inovação de um SMEM. Pois, nas fases de pesquisa, a tecnologia não precisa atender a requisitos técnicos e operacionais de um produto alvo bem definido. Em consequência, há uma atratividade maior para a participação de diferentes instituições, sejam estas civis ou militares, na pesquisa de tecnologias em comparação com o desenvolvimento de produtos militares.

Ressalta-se que toda tecnologia, em essência, é dual, pois pode ser utilizada com propósitos civis ou militares, porém o produto alvo ao qual a tecnologia será integrada pode não ser.

Além disso, dois tipos de projetos de PD&I promissores para o EB foram identificados: os projetos de pesquisa, devotados a elevar o nível de maturidade da tecnologia até o nível TRL-EB 5, visando uma futura integração a um SMEM; e os projetos de desenvolvimento, partindo no mínimo do nível TRL-EB 6 e com o objetivo de atingir o nível TRL-EB 11.

Merece atenção a possibilidade de criação de um programa estratégico abarcando os projetos de pesquisa de tecnologias críticas, com o propósito de: prover tecnologias críticas a futuros projetos de desenvolvimento; aumentar a prontidão tecnológica; gerar ativos de propriedade intelectual; nacionalizar tecnologias críticas; e substituir tecnologias obsoletas. Assim sendo, o programa estratégico de tecnologias críticas seria transversal aos atuais programas estratégicos do EB, diferindo substancialmente daqueles, por ter foco na obtenção de tecnologias, enquanto aqueles têm foco na obtenção de SMEM.

Por fim, a dinamização das estratégias de inovação aberta e da trílice hélice, propiciará maior racionalização de recursos e apropriação dos benefícios da inovação tecnológica pelo EB. Consequentemente, reduzir-se-á o tempo dos projetos de SMEM a serem obtidos por PD&I. O fortalecimento da prospecção tecnológica, como estratégia, subsidiando projetos e grupos de pesquisa de tecnologias críticas, antecipando as demandas tecnológicas, incrementará a prontidão tecnológica, e também contribuirá com a redução do tempo de PD&I. Desta forma, haverá melhores condições para o aumento da efetividade do macroprocesso de PD&I em proveito da geração das capacidades militares terrestres.

REFERÊNCIAS

AGITEC. Relação das ICT do Exército. Disponível em: <http://www.agitec.eb.mil.br/relacao-das-icts-e-do-nit-do-exercito>. Acesso em: 20 JUN 2024.

BARBOSA, F. G. F. T.; CALDEIRA, A. B. Desafios da inovação como estratégia para a geração de capacidades militares terrestres. **Coleção Meira Mattos: revista das ciências militares**, v. 15, n. 54, p. 273-293, 3 ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.52781/cmm.a054>. Disponível em: <https://ebrevistas.eb.mil.br/RMM/article/view/6904>. Acesso em: 15 maio 2024.

BRASIL, Presidência da República. LEI Nº 10.973, de 2 DEZ 2004. **Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências**. Brasília, DF: Presidência da República, 2004. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.973.htm. Acesso em: 16 maio 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa**. 2. ed. Brasília: Ministério da Defesa, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/ajuste-01/estado_e_defesa/pnd_end_congresso_.pdf. Acesso em: 17 maio 2024.

BRASIL, Ministério da Defesa. PORTARIA GM-MD Nº 4.070, de 5 OUT 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**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2021. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=14/10/2021&jornal=515&pagina=15>. Acesso em: 17 maio 2024.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. PORTARIA Nº 013-DCT, de 6 FEV 2020. **Aprova o Regimento Interno do Departamento de Ciência e Tecnologia (EB80-RI-07.001)**. 3ª Edição, 2020. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2020c. Disponível em: http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/001_estatuto_regulamentos_regimentos/03_regimentos/port_n_013_dct_06fev2020.html. Acesso em: 17 maio 2024.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. PORTARIA Nº 032-DCT, de 11 SET 2012. **Aprova a Diretriz de Iniciação do Projeto de Transformação do Sistema de Ciência e Tecnologia do Exército (SCTEx)**. Brasília, DF: Exército Brasileiro, 2012. Disponível em: http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/006_outras_publicacoes/01_diretrizes/09_departamento_de_ciencia_e_tecnologia/port_n_032_dct_11set2012.html. Acesso em: 16 maio 2024.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. PORTARIA - DCT Nº 121, de 16 OUT 2020. **Delega e subdelega competência para a prática de atos administrativos e dá outras providências**. DF: Exército Brasileiro, 2020b. Disponível em: http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/006_outras_publicacoes/07_publicacoes_diversas/09_departamento_de_ciencia_e_tecnologia/port_n_121_dct_16out2020.html. Acesso em: 16 maio 2024.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. PORTARIA Nº 893, de 19 JUN 2019. **Recria o Sistema Defesa, Indústria e Academia de Inovação (SisDIA de Inovação), aprova sua diretriz de implantação e dá outras providências**. Brasília, DF: Exército Brasileiro, 2019. Disponível em: http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/006_outras_publicacoes/01_diretrizes/01_comando_do_exercito/port_n_893_cmdo_eb_19jun2019.html. Acesso em: 15 maio 2024.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. PORTARIA Nº 1.137, de 23 SET 2014. **Aprova a Diretriz de Propriedade Intelectual do Exército Brasileiro**. Brasília, DF: Exército Brasileiro, 2014. Disponível em: http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/006_outras_publicacoes/01_diretrizes/01_comando_do_exercito/port_n_1137_cmndo_eb_23set2014.html. Acesso em: 15 maio 2024.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. PORTARIA Nº 1.193-EME/ C Ex, de 14 NOV 2023. **Aprova a Diretriz para Governança e Gestão de Projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) de Sistemas e Materiais de Emprego Militar**. Brasília, DF: Exército Brasileiro, 2023. Disponível em: http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/006_outras_publicacoes/01_diretrizes/04_estado-maior_do_exercito/port_n_1193_eme_14nov2023.html. Acesso em: 16 maio 2024.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. PORTARIA Nº 1.218, de 9 AGO 2019. **Aprova o Regulamento da Agência de Gestão e Inovação Tecnológica**. Brasília, DF: Exército Brasileiro, 2019b. Disponível em: http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/001_estatuto_regulamentos_regimentos/02_regulamentos/port_n_1218_cmndo_eb_09ago2019.html. Acesso em: 15 maio 2024.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. PORTARIA Nº 2.152, de 5 JAN 2024. **Aprova as Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar**. Brasília, DF: Exército Brasileiro, 2024. Disponível em: http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/002_instrucoes_gerais_reguladoras/01_gerais/port_n_2152_cmndo_eb_05jan2024.html. Acesso em: 16 maio 2024.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. PORTARIA Nº 1.885, de 5 DEZ 2022 - **Aprova as Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar**. Brasília, DF: Exército Brasileiro, 2022. Disponível em: http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/002_instrucoes_gerais_reguladoras/01_gerais/port_n_1885_cmndo_eb_05dez2022.html. Acesso em: 16 maio 2024.

BRASIL, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro. PORTARIA Nº 1.780, de 21 JUN 22 - **Aprova o Regulamento do Estado-Maior do Exército (EB10-R-01.007), 3ª edição, 2022**. Brasília, DF: Exército Brasileiro, 2022. Disponível em: http://www.sgex.eb.mil.br/sg8/001_estatuto_regulamentos_regimentos/02_regulamentos/port_n_1780_cmndo_eb_21jun2022.html. Acesso em: 16 maio 2024.

CALDEIRA, Aldélio Bueno. **A Gestão da Inovação Tecnológica no Exército Brasileiro e a Geração de Capacidades Militares**. 2023. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Política, Estratégia e Alta Administração Militar) - Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/12907/1/MO%201109%20-%20ALD%20c3%89LIO%20Bueno%20Caldeira.pdf>. Acesso em: 15 maio 2024.

CALDEIRA, A. B.; MENDES, L. H. P. A gestão da inovação tecnológica no Exército Brasileiro - parte 1: desafios e oportunidades. **Análise Estratégica**, v. 34, n. 3, p. 89-105, jun./ago. 2024. Disponível em: <https://ebrevistas.eb.mil.br/CEEEExAE/article/view/13005/10326>. Acesso em: 9 SET 2024.

ESTADOS UNIDOS, Department of Transportation, Federal Highway Administration. FHWA-HRT-17-047. Office of Research, Development, and Technology, Office of Corporate Research, Technology, and Innovation Management. **EAR REPORT**. 2017. D.C.: Federal Highway

Administration. Disponível em: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/ear/17047/001.cfm>. Acesso em: 17 MAR 2023.

FERREIRA, Armando Morgado. **Política de ciência, tecnologia e inovação no contexto da transformação do sistema de ciência e tecnologia do Exército Brasileiro**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://pergamumredebie.decex.eb.mil.br:82/pergamumweb/vinculos/00004a/00004a1c.pdf>. Acesso em: 15 maio 2024.

FRANÇA JUNIOR, J. A.; GALDINO, Juraci Ferreira. Gestão de sistemas de material de emprego militar: o papel dos níveis de prontidão tecnológica. **Coleção Meira Mattos: revista das ciências militares**, v. 13, n. 47, p. 155-176, 23 jul. 2019. DOI: <https://doi.org/10.22491/cmm.a009>. Disponível em: <https://ebrevistas.eb.mil.br/RMM/article/view/1910>. Acesso em: 15 maio 2024.

GIRARDI, R.; FRANÇA JUNIOR, J. A.; GALDINO, J. F. A customização de processos de avaliação de prontidão tecnológica baseados na escala TRL: desenvolvimento de uma metodologia para o Exército Brasileiro. **Coleção Meira Mattos: revista das ciências militares**, v. 16, n. 57, p. 491-527, 28 set. 2022. DOI: <https://doi.org/10.52781/cmm.a084>. Disponível em: <http://www.ebrevistas.eb.mil.br/RMM/article/view/9597>. Acesso em: 15 maio 2024.

Organisation for Economic Co-Operation and Development. **Frascati Manual - Proposed standard practice for surveys on research and experimental development**. 1a ed. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development Publications, 2002. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264199040-en.pdf?expires=1715947451&id=id&acname=guest&checksum=7ED260AD5F172F0B66062C016F5F2A5E>. Acesso em: 17 maio 2024.

PFITZNER, M. S.; SALLES-FILHO, S. L. M.; BRITTES, J. L. P. Gestão da inovação tecnológica nas organizações: proposta de um modelo teórico-conceitual aplicável a empresas do setor elétrico brasileiro. **Desafio Online**, v. 4, n. 2, 2016. Disponível em: <https://desafioonline.ufms.br/index.php/deson/article/download/2089/1344/0>. Acesso em; 16 maio 2024.

SCHONS, D. L.; PRADO FILHO, H. V.; GALDINO, J. F. Política Nacional de Inovação: uma questão de crescimento econômico, desenvolvimento e soberania nacional. **Coleção Meira Mattos: revista das ciências militares**, v. 14, n. 49, p. 27-50, 21 jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.22491/cmm.a021>. Disponível em: <http://www.ebrevistas.eb.mil.br/RMM/article/view/3063>. Acesso em: 15 maio 2024.