

Reflexos da Era do Conhecimento e da 4^a Revolução Industrial na Defesa

Juraci Ferreira Galdino

Resumo—Os avanços tecnológicos ocorridos nas últimas décadas vem provocando enormes mudanças na Defesa. Neste artigo, discute-se o processo de transformação pelo qual vem passando o Exército Brasileiro em decorrência desses avanços. Neste diapasão, ênfase especial é dedicada a Agência de Gestão e Inovação Tecnológica, novel Organização Militar, que poderá assumir um papel importante na implantação do modelo de Inovação Aberta e de Tríplíce Hélice no âmbito do Exército Brasileiro, contribuindo assim para um maior envolvimento da comunidade científica nacional nos assuntos de Defesa. Adicionalmente, são apresentados alguns projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em andamento e alguns desafios no campo cibernético impostos pela Era do Conhecimento e pela 4^a Revolução Industrial.

Palavras-Chave—Inovação. Inteligência Tecnológica. Prospecção Tecnológica. Pesquisa e Desenvolvimento. Cibernética. Tríplíce Hélice.

I. INTRODUÇÃO

A Era do Conhecimento e da 4^a Revolução Industrial vem promovendo mudanças significativas em todos os ramos da sociedade [1,2]. Na Defesa, os reflexos são enormes. Eletrônica embarcada e componentes de *software* passam a assumir papel relevante nos artefatos e nos vetores aéreos, navais e terrestres (caças, fragatas e carros de combate, por exemplo). O advento da Internet das Coisas, das Cidades Inteligentes, dos Rádios Definidos por *Softwares* e Rádios Cognitivos e os avanços nas comunicações digitais em canais sem fio intensificam a interconectividade. As tecnologias críticas subjacentes a esses assuntos, quando aplicadas na área da Defesa, permitem às Forças Armadas desenvolverem o princípio de guerra centrada em rede, a adoção de sofisticados sistemas de comando e controle, bem como alcançar consciência situacional no Teatro de Operações em nível de detalhe jamais observado na história da humanidade. Destaca-se também que avanços em sensores, atuadores, processamento digital de sinais, materiais avançados, automação, comunicações sem fio, processadores digitais, processamento paralelo impulsionam o desenvolvimento de Sistemas Remotamente Pilotados (principalmente aéreos e terrestres).

A convergência digital de diversos campos do conhecimento humano, que vem contribuindo para a interconectividade e criando muitas oportunidades para as

profissões ligadas as áreas das comunicações, computação, eletrônica, dentre outras tantas, vem, ao mesmo tempo, estabelecendo enormes desafios para a segurança nacional.

Os avanços são, indubitavelmente, enormes, mas trazem grandes ameaças, particularmente para aqueles países que possuem baixa capacidade tecnológica acumulada em setores críticos, sendo capazes apenas de usar e operar as tecnologias advindas da Era do Conhecimento e da 4^a Revolução Industrial. Uma das facetas mais visíveis disso é a Guerra Cibernética, cujas vulnerabilidades tende a se intensificar com a interconectividade e a convergência digital.

Defesa Cibernética tem recebido enorme atenção em todo mundo. De acordo com o escritório de gestão de recursos dos Estados Unidos (OMB - Office of Management and Budget), em torno de 70 grandes agências federais americanas incluíram em seus planejamentos orçamentários recursos destinados à defesa cibernética. Para 2019, estima-se que o montante desses recursos gira em torno de 8,5 bilhões de dólares (<https://www.taxpayer.net/national-security/federal-funding-cybersecurity/>).

No entanto, as novas oportunidades e ameaças inerentes à Era do Conhecimento e da 4^a Revolução Industrial extrapolam o campo cibernético e motivam transformações organizacionais e doutrinárias nas Forças Armadas de vários países, inclusive no Brasil.

Este artigo visa discutir a importância da Era do Conhecimento e da 4^a Revolução Industrial no setor de Defesa, utilizando-se o Exército Brasileiro (EB) como estudo de caso. Abrange-se não apenas alguns projetos de P&D em andamento, mas também transformações organizacionais, particularmente no sentido de tentar envolver cada vez mais a comunidade científica nacional nos assuntos de Defesa. Nessa discussão, destaque especial é dado às áreas de comunicações, processamento digital de sinais, redes de comunicações e segurança da informação, tendo em vista o grande interesse das Forças Armadas em segurança da informação e modernos sistemas de comunicação. Além disso, fruto da necessidade do EB de se adequar à nova era do conhecimento, esta instituição vem passando por um profundo processo de transformação o qual pode fornecer valiosas reflexões e boas práticas para outras organizações civis e militares.

Na Seção II discute-se, sucintamente, o processo de transformação do Exército Brasileiro. Na Seção III apresenta-se, brevemente, a Agência de Gestão e Inovação Tecnológica do Exército (AGITEC), fruto do aludido processo de transformação na vertente de Ciência e Tecnologia. Alguns projetos e programas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em andamento do Exército, com forte componente na área de

J. F. Galdino é o chefe da Agência de Gestão e Inovação Tecnológica do Exército do Brasil (galdino.juraci@eb.mil.br).

comunicações e processamento digital de sinais são introduzidos na Seção IV. Na Seção V, são apresentados algumas tendências da 4ª Revolução Industrial, enfatizando, sobretudo, aspectos ligados a segurança nacional. Por fim, na Seção VI, são apresentadas as conclusões.

II. PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DO EB

Em decorrência de um amplo estudo realizado pelo Estado-Maior do Exército, o Exército Brasileiro iniciou um processo de transformação com o objetivo precípua de transmutar estruturas concebidas sob a égide da Era Industrial em uma organização típica da Era da Informação [3], preservando princípios e valores éticos e morais. Esse processo vai além de meras adaptações ou modernizações, em que, essencialmente, as missões e capacidades são mantidas, mas novas missões e capacidades deverão ser criadas, portanto, as mudanças são profundas, na medida em que se empreende um novo caminho [4].

O diagnóstico destacou a “precária mentalidade de inovação” como sendo uma das maiores deficiências dos recursos humanos do Exército [3]. Face à sua importância para o futuro da Instituição, defendeu-se a criação de uma estrutura específica para realizar a gestão da inovação, sobretudo, contribuindo para mudar características avessas ao comportamento inovador, como a intolerância ao erro [3].

Revelou também insuficiência, obsolescência e sucateamento dos equipamentos do Exército. Eles, em certa medida, foram desenvolvidos no contexto da Segunda Guerra Mundial e, portanto, para atender requisitos decorrentes de concepções doutrinárias e ameaças muito diversas das atuais. Assim, acarretando desmotivação, uso inadequado de estruturas e recursos humanos, prejuízos à capacidade de dissuasão. Um contrassenso com respeito aos dias atuais, pois “... hoje as mudanças são tão rápidas que a adaptação, modernização e transformação das forças armadas deverá ser uma atividade permanente” [4].

No aludido estudo, apontou-se aspectos comuns dos processos de transformação dos exércitos do Chile e da Espanha. Em que pese as disparidades fisiográficas, culturais, de objetivos e dos entornos estratégicos, algumas similaridades se sobressaem nesses processos. De um lado, promoveram o enxugamento de estruturas operacionais e a racionalização administrativa, resultando em notável redução de efetivos. De outro lado, priorizaram a adoção de equipamentos modernos e o desenvolvimento científico e tecnológico, intensificaram a interoperabilidade e a logística conjunta e integrada, tornando os exércitos mais eficientes, eficazes e capazes de enfrentar ameaças modernas, malgrado a redução supracitada. Tais aspectos foram considerados no processo de transformação do EB.

A tecnologia exerce um grande impacto na estratégia e tática, basta analisar ao longo da história o avanço dos artefatos militares quanto ao aumento da letalidade, alcance e

velocidade. Não por acaso, tanto a Política Nacional de Defesa quanto a Estratégia Nacional de Defesa [5] destacam a importância da Ciência e Tecnologia, bem como a necessidade do domínio de tecnologias sensíveis para o desenvolvimento e autonomia nacionais.

Nesse diapasão, o Exército Brasileiro vem passando por um processo de transformação, visando o desenvolvimento, de maneira autônoma, de capacidades militares terrestres para cumprir novas missões e desempenhar inovadoras funções operacionais no futuro. Para alcançar este objetivo, o Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação (SCT&I) é considerado elemento central, uma vez que é efetivamente capaz de orientar e impulsionar as áreas operacional, logística e administrativa do Exército Brasileiro.

Lastreiam o processo de transformação do EB ações agrupadas em sete vetores [3], sendo o intitulado “C&T e Modernização do Material” o de maior interesse deste trabalho. Nessa vertente ou vetor, destacam-se as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), inteligência e prospecção tecnológica (prospectiva), bem como mudanças organizacionais, inclusive com criação de novas estruturas e processos, destacando-se, em particular, a Agência de Gestão e Inovação Tecnológica do Exército Brasileiro (AGITEC).

Nesse mister, a AGITEC se insere no cerne do processo de transformação do Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação do Exército (SCTIEx). Em essência, ela visa lidar com áreas fulcrais da Era do Conhecimento e com modelos de inovação modernos, cujas implantações, em sua plenitude, representarão uma quebra de paradigma com relação ao modelo ainda vigente no SCTIEx, particularmente no que se refere às atividades de P&D.

Gestão do Conhecimento, Gestão da Propriedade Intelectual, Inteligência Tecnológica, Prospecção Tecnológica e Promoção da Cultura de Inovação são áreas complexas, multidisciplinares e abrangentes que passam a ganhar destaque peremptório com a criação da AGITEC. Nesse diapasão, destacam-se também os modelos de Inovação Aberta e Hélice Tríplice [6,7] que, propostos e discutidos há várias décadas, no âmbito mundial, são de difícil implantação, sobretudo na área da Defesa e Segurança Nacional, particularmente quando as estruturas políticas, econômicas e sociais desenvolveram ao longo de séculos uma cultura de pouca interdependência e cooperação entre os atores principais de um sistema nacional de inovação e, especialmente, quando o conceito de Soberania Nacional não figura no ideário popular como necessidade básica e premente.

Passar de um modelo de inovação tradicional, comumente denominado de Inovação Fechada, em que a participação da parcela civil da sociedade em atividades de P&D da Defesa se dá, principalmente, sob a forma de contratos para um modelo cooperativo de inovação em que os diversos atores (Forças Armadas, Universidades, Empresas tradicionais e *startups*, Investidores Anjos e Órgãos de Fomento) participam de um mesmo empreendimento e compartilham seus resultados, impõe sérios e instigantes desafios, como a gestão do sigilo, da propriedade intelectual,

inovações, além dos corriqueiros desafios de se criar inovação em área de alto valor agregado e de alto risco tecnológico, como geralmente é o caso da Defesa. A despeito desses desafios, a ruptura do modelo torna-se imperiosa, pois a ampliação da participação da sociedade brasileira em assuntos de Defesa, sobretudo em aqueles voltados às áreas de Ciência, Tecnologia e Inovação, é condição necessária para se atender as demandas de um país continente e rico, de forma autônoma e soberana.

III. UM BREVE HISTÓRICO DA AGITEC

O processo de criação da AGITEC decorre de ações que vem ocorrendo ao longo dos últimos anos no Brasil para impulsionar a inovação, tanto no âmbito interno do Exército, quanto externo, particularmente no campo da ciência e tecnologia [8].

A. Âmbito Externo

No contexto externo, um marco importante foi a Lei da Inovação (Lei nº 10.973/2004), que criou o Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT), previu mecanismos para maior comprometimento do setor acadêmico com a inovação e promoveu mecanismos para maior integração entre os setores de criação do conhecimento e o produtivo. Em particular, essa lei apresentou um rol de competências mínimas para os NIT e impactaram decisivamente na criação da AGITEC, tal como zelar pela manutenção da política institucional de estímulo à proteção das criações, licenciamento, inovação e outras formas de transferência de tecnologia.

Nesse diapasão, destaca-se a Emenda Constitucional nº 85, publicada em 26 de fevereiro de 2015, com a finalidade de atualizar o tratamento das atividades de Ciência, Tecnologia e Inovação, bem como a nova redação da Lei de Inovação, introduzida pela Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016.

A Lei nº 13.243 modificou 19 dos 29 artigos da Lei da Inovação, além de ter incluído outros 11 artigos na mesma lei, modificou ainda outras oito leis, a seguir listadas: Lei nº 6.815, de 1980 (Estatuto do Estrangeiro); Lei nº 8.010, de 1990 (Dispõe sobre importação de bens para pesquisa científica e tecnológica); Lei nº 8.032, de 1990 (Dispõe sobre impostos de importação); Lei nº 8.666, de 1993 (Institui normas para licitações e contratos); Lei nº 8.745, de 1993 (Dispõe sobre contratações temporárias); Lei nº 8.958, de 1994 (Dispõe sobre as fundações de apoio); Lei nº 12.462, de 2011 (Institui o regime diferenciado de contratações); e Lei nº 12.772, de 2012 (Dispõe sobre o magistério federal).

Uma alteração importante trazida pela Lei da Inovação foi a inclusão de quatro novas atribuições mínimas dos NIT, em especial a necessidade de se desenvolver estudos de prospecção tecnológica e de inteligência competitiva no campo da propriedade intelectual, de forma a orientar as ações de inovação da ICT.

B. Âmbito Interno

O Comandante do Exército, por meio da Portaria nº 907, de 23 de novembro de 2009, definiu o Departamento de Ciência e Tecnologia do Exército (DCT) “como a Instituição Científica e Tecnológica, no âmbito do Exército”, e determinou a criação do “Núcleo de Inovação Tecnológica daquele Departamento”, atribuindo competência ao DCT para “definir as organizações militares diretamente subordinadas que serão consideradas ICT”. Por fim, este primeiro ato normativo estabeleceu, ainda, que “a proteção dos direitos relativos à propriedade intelectual, no âmbito do Comando de Exército, seja requerida pelo DCT, por intermédio do NIT, nos termos da legislação em vigor”.

Ato contínuo, o Chefe do DCT baixou a Portaria nº 046-DCT, de 9 de dezembro de 2009 e a Portaria nº 11-DCT, de 29 de maio de 2012, definindo as Instituições Científicas e Tecnológicas, criando o “Núcleo de Inovação Tecnológica no âmbito do Departamento de Ciência e Tecnologia” e as denominadas “Seções de Inovação Tecnológica (SIT) as quais devem integrar o NIT/DCT e atuar sob sua subordinação técnica, submetendo-se à sua supervisão, coordenação e controle”. Dentre essas ICT destacam-se, o Centro Tecnológico do Exército (CTEx) e o Instituto Militar de Engenharia (IME).

Neste contexto de transformação, vislumbrou-se a criação do “Polo de Ciência e Tecnologia em Guaratiba (PCTEG)”, no Rio de Janeiro. Conforme previsto na Portaria nº 033-DCT, de 11 de setembro de 2012, o PCTEG, um projeto de grande vulto do Exército, pretendia a integração de instituições de Ensino Superior, como o IME; centros e institutos de PD&I, como o CTEx; e empresas incubadas, dentre outras organizações, na região de Guaratiba, bairro do Rio de Janeiro. Por falta de recursos financeiros, esse empreendimento não prosperou. Porém, outras ações previstas na aludida portaria se concretizaram, como, por exemplo, a criação da Agência de Gestão e Inovação (AGI) que, em 2015, conforme a Portaria nº 548, de 27 de maio de 2015, do Comandante do Exército, teve a sua nomenclatura alterada para AGITEC.

Em 31 de julho de 2017, o quadro de pessoal do Núcleo da AGITEC foi aprovado. Em 1º de janeiro de 2018, a Agência passou da situação de núcleo para a de Organização Militar Diretamente Subordinada (OMDS) do DCT devidamente ativada.

IV. ÁREAS DE CONHECIMENTO DA AGITEC

Como mencionado previamente, as áreas do conhecimento em que a AGITEC atua são Gestão do Conhecimento Científico e Tecnológico, Gestão da Propriedade Intelectual, Inteligência Tecnológica, Prospecção Tecnológica (prospectiva) e Promoção da Cultura da Inovação. Em proveito da clareza, essas áreas são aqui definidas e discutidas

sucintamente, visto as diversas definições encontradas em literaturas especializadas não serem de consenso.

A. Gestão do Conhecimento Científico e Tecnológico

A despeito do desenvolvimento das teorias e ferramentas de gestão (gestão de processos, projetos, qualidade etc.), certos problemas permanecem de difícil solução para as organizações, como, por exemplo [9]: desperdício de conhecimento pela perda de pessoal; retrabalhos por desconhecimento de ações similares dentro da instituição; o desperdício de recursos (humanos, financeiros, estruturais, tempo, dentre outros) em atividades que não agregam valor significativo à organização (ou seja, priorização equivocada de atividades); a grande quantidade de informações existente atualmente, bem como mecanismos de suporte à decisão que acabam por fornecer aos decisores visões parciais sobre questões críticas; e o uso inadequado das capacidades, habilidades e atitudes de cada colaborador ou funcionário (identificação e alocação da “pessoa certa” para a atividade).

Tais problemas são aguçados pelo atual momento histórico caracterizado não apenas pela velocidade de mudanças, instabilidade, complexidade, imprevisibilidade e simultaneidade de acontecimentos [10], mas também pelos intensos avanços tecnológicos e pela importância cada vez mais do conhecimento tácito em detrimento do explícito, conforme classificação estabelecida em [11].

O conhecimento tácito é aquele incorporado à experiência individual e envolve fatores intangíveis como, por exemplo, crenças pessoais, perspectivas, sistema de valor, *insights*, intuições, emoções, habilidades. Pode ser caracterizado como complexo, substancial, não passível de ensino, não articulado, não observável em uso e não documentado [12].

Já o conhecimento explícito é o que pode ser articulado na linguagem formal, inclusive em afirmações gramaticais, expressões matemáticas, especificações, manuais, dentre outros, facilmente transmitido, sistematizado e comunicado. Caracteriza-se por ser esquemático, passível de ensino, articulado, observável em uso e, tipicamente, documentado. Pode ser transmitido facilmente entre os indivíduos [12].

Assim, embora grande parte do intercâmbio de informações em uma organização ocorra na forma documental, há também uma grande troca de conhecimento informal ou tácito na interação entre as pessoas [13]. A interação entre conhecimentos tácitos e explícitos é a responsável pela geração de novos conhecimentos [14], fundamental à Inovação.

É nesse contexto que a Gestão do Conhecimento (GC) surge como ferramenta, utilizando seu caráter integrador e multidisciplinar para solução de diversos problemas institucionais. Embora ainda em fase de desenvolvimento, as metodologias de GC já são adotadas largamente pelo mundo, incluindo Forças Armadas das principais potências e do Brasil [15], e alguns benefícios em grandes corporações vem sendo reportados [16].

A Gestão do Conhecimento possui diversas vertentes como a Gestão de Competências e Talentos (gestão de conhecimentos tácitos) e o Repositório de Conhecimentos Explícitos Organizacionais (gestão de conhecimentos

explícitos), porém, na AGITEC, face à necessidade de priorizar assuntos com maior potencial de trazer benefícios à eficiência e à eficácia ao Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação do Exército, os esforços foram concentrados em apoio às atividades de P&D realizadas em proveito da Força Terrestre, visto que tais atividades são geralmente de longa duração e geram conhecimentos de elevado valor agregado e interesse institucional; a alta rotatividade de pessoal, em razão da realização de cursos e mesmo de movimentações, inerentes à carreira militar; e os conhecimentos criados ou armazenados são em boa parte tácitos (não registráveis em mídias), característica marcante da Era do Conhecimento.

B. Gestão da Propriedade Intelectual

O gênero propriedade intelectual se subdivide em propriedade industrial (patentes, marcas, desenhos industriais e indicações geográficas), direito autoral (obras artísticas, científicas e literárias e direitos conexos, bem como programas de computador) e direitos sui generis (cultivares, conhecimento tradicional e topografias de circuitos integrados).

Dentre as espécies de propriedade intelectual, são de maior utilidade pelo Setor de Defesa as patentes e marcas, regidas pela Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996, e o registros de *software*, regidos pela Lei nº 9.609, de 19 de fevereiro de 1998. São também protegidos os desenhos industriais, regidos pela Lei nº 9.279/1996, e as topografias de circuito integrado, regidas pela Lei nº 11.484, de 31 de maio de 2017.

Em especial, as patentes, na sua formulação clássica, são a exclusividade conferida pelo Estado, por tempo limitado, ao seu titular, como contrapartida à cessão dos conhecimentos essenciais do invento para a sociedade [17].

Conforme Silveira [18], o registro de *software*, “embora facultativo, tem a vantagem de fixar os dados do programa em determinada data e criar a presunção de sua titularidade.” Ressalta-se que essa proteção está inserida no ramo do direito autoral, conferindo proteção à literalidade do código-fonte.

Já os desenhos industriais, também no entendimento de Silveira [18], visam “simplesmente, complementar o quadro das criações no campo da indústria, sem entrar no mérito artístico ou técnico de tais produtos, casos em que, respectivamente a proteção decorreria da lei de direitos de autor” ou das patentes de invenção ou de modelo de utilidade. Além dos títulos concedidos pelo Estado (patentes e certificados de registro), existe ainda a possibilidade de realizar a proteção dos ativos intangíveis por intermédio de segredo industrial, que, apesar de não necessitar de custos para depósitos ou redações de pedidos de patentes no Brasil ou no exterior, deve sempre atender a alguns requisitos para que a informação seja considerada segredo industrial e protegida contra a concorrência desleal.

Além de realizar os trâmites administrativos burocráticos que envolvem o processo de proteção, a gestão da propriedade intelectual também tem por finalidade subsidiar os órgãos decisores indicando as tecnologias que devam ser protegidas e de qual forma, tendo em vista a estratégia da instituição e os custos envolvidos na proteção, dentre outros fatores que devem ser levados em consideração.

A proteção dos ativos intangíveis da propriedade intelectual é uma atividade complexa, que demanda conhecimentos técnicos e estratégicos para evitar que ocorra o desperdício de recursos, seja pela proteção excessiva ou pela falta de proteção. Não basta apenas saber redigir pedidos de patentes ou pedidos de registros, se não houver estudo prévio sobre a viabilidade e ou interesse da Força na proteção. De igual forma, mesmo com o estudo prévio embasado, se não houver o domínio das técnicas de redação, o pedido pode ser insuficiente ou inepto, o que pode inviabilizar a proteção ou gerar uma proteção “fraca”, que não resguarde os interesses da União.

A AGITEC, como integrante do NIT do EB, terá papel de execução, em alguns casos, e de assessoramento, em outros, nos assuntos de gestão da proteção; gestão do portfólio; negociação; e solução de litígios. A gestão da proteção compreende as atividades a serem realizadas para a obtenção dos títulos de propriedade intelectual e tem início com a comunicação de invenção realizada pela SIT das ICT em conjunto com os pesquisadores. Após a aludida comunicação, a AGITEC realiza a análise de conveniência de proteção da propriedade intelectual, empreendendo busca de anterioridade refinada, análise sobre o interesse da Força, a possibilidade de dualidade e indica o instrumento mais adequado para a proteção, se for o caso, como Sigilo, Segredo Industrial, Proteção por Interesse da Defesa, além de patente. Caso o DCT decida pela proteção do ativo intangível por meio de patente, a AGITEC elabora o pedido e o deposita no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI).

Após a solicitação da proteção, tem início as atividades para o licenciamento das tecnologias, se esse for o interesse da Força. A AGITEC se encarregará de realizar a difusão para fins de licenciamento não-exclusivo, nos termos da lei; realizará Oferta Pública, para as tecnologias que se pretenda licenciar de forma exclusiva nos termos da lei.

A AGITEC ainda se encarrega de realizar a valoração da tecnologia e assessora o DCT no processo de licenciamento da tecnologia, havendo empresas interessadas na comercialização dos ativos intangíveis. Por fim, a Agência também assessora o DCT em casos de litígios.

C. Inteligência Tecnológica e Prospecção Tecnológica

Na Ciência e Tecnologia, o objetivo da área de inteligência tecnológica é de identificar aspectos relevantes de cenários atuais, o estado da arte, possibilidades, gargalos e vulnerabilidades. Ao passo que a prospecção tecnológica visa vislumbrar prováveis cenários futuros e tendências com a finalidade de subsidiar processos decisórios e o estabelecimento e a definição de políticas e estratégias.

Entende-se por Inteligência Tecnológica um conjunto de procedimentos, ferramentas, técnicas e estudos que visam levantar informações e gerar conhecimento sobre áreas e linhas de pesquisa ligadas à Ciência, Tecnologia e Inovação, projetos de P&D, sistemas e produtos. O escopo de investigação dessa área do conhecimento pode ser bastante abrangente, como países e diversificados ambientes de inovação (parques, polos, distritos, arranjos produtivos locais e arenas abertas), mas podem ser mais focalizados como

universidades, centros de pesquisa, laboratórios, empresas incubadas, *startups* e, até mesmo, bem específicos, como engenheiros e pesquisadores que detêm expertises em áreas de interesse.

A Prospecção Tecnológica (prospectiva) atua nas mesmas áreas e linhas e utiliza como insumos os resultados obtidos no processo de Inteligência Tecnológica, além de outras fontes de informações como tendências e investimentos em P&D, porém diferencia-se desta quanto aos objetivos. Enquanto a Inteligência Tecnológica levanta informações sobre o estado da arte do assunto em análise, a Prospecção visa vislumbrar possíveis cenários futuros, com base em Fatos Portadores de Futuros, Tendências de Peso e emprego de diversas técnicas de projeções. Assim sendo, a partir do emprego de procedimentos, ferramentas, técnicas e estudos visa identificar tendências tecnológicas e suas utilizações em produtos e sistemas, projetando seus impactos no médio e longo prazos a fim de subsidiar a elaboração de cenários futuros (cenários probabilísticos) que possam impactar às Capacidades Militares Terrestres (CMT) e às Capacidades Operativas (CO).

Não existe uma teoria universal que embase estudos de prospecção tecnológica, encontrando-se na literatura especializada uma vasta gama de linhas de pensamento baseada em teorias e ferramentas de variados ramos da ciência, como, por exemplo: economia, sociologia, estatística, matemática etc. A combinação dessas ferramentas é particularmente útil para gerar resultados, em especial, aqueles com elementos contábeis [19].

Mannermaa [19], baseado nos conceitos do filósofo e sociólogo alemão Jurgen Habermas, dividiu os estudos de futuro em três categorias: hermenêuticos, técnicos e emancipatórios. Os estudos de futuros hermenêuticos são mais subjetivos e incluem o futurismo, ficção científica e o utopismo, raramente são utilizados por empresas e organizações e são mais comuns entre filósofos, pensadores e escritores [20].

O estudo de futuro técnico possui caráter preditivo e utiliza a extrapolação de tendências via modelos matemáticos para realizar previsões, baseando-se em dados conhecidos.

Tendo como principal objetivo gerar alternativas de futuro desejáveis e factíveis (pelo menos no sentido probabilístico), o estudo de futuro emancipatório articula ações no presente para atingir suas finalidades.

Os trabalhos de inteligência e prospecção tecnológicas realizados pela AGITEC adotam caráter técnico, mas se pretende que, com o amadurecimento desses processos, a Agência passe a realizar estudos de Futuro Emancipatório (Visão de Futuro).

Atualmente, a partir de técnicas de Inteligência e Prospecção Tecnológica, utilizando-se de diversos bancos de dados, como de patentes de publicações científicas, a Agência gera lista de tecnologias críticas, áreas tecnológicas e linhas de pesquisa de interesse do Exército Brasileiro, bem como realiza estudos de rotas tecnológicas (Roadmap).

D. Promoção da Cultura de Inovação

Conforme diagnóstico realizado pelo EME, uma das fraquezas identificadas no Exército Brasileiro para enfrentar os

novos desafios da Era do Conhecimento é a insuficiente cultura de inovação. O Exército possui uma cultura organizacional forte, culto as tradições históricas, rígidos valores e princípios éticos e morais, e baseia-se nos princípios de hierarquia e disciplina. Difunde-se a intolerância ao erro e a imperiosa necessidade de se seguir cadeia de comando. Inculcar e desenvolver a cultura de inovação no Exército Brasileiro é um dos grandes desafios do processo de transformação em curso. Uma das metas mais ambiciosas da AGITEC é justamente contribuir com essa mudança, mantendo inalterado os valores, princípios éticos e morais da instituição, sobretudo os pilares basilares de disciplina e hierarquia.

De fato, para que as áreas de conhecimento até agora citadas funcionem com eficiência e eficácia, é necessário que os profissionais que compõem a Força estejam motivados e possuam uma estrutura de apoio capaz de impulsionar uma cultura de inovação organizacional.

Alinhada com a missão da AGITEC de realizar a Gestão da Inovação Tecnológica, criando um ambiente favorável ao incremento das capacidades científico-tecnológicas e ao desenvolvimento de novos produtos e sistemas de Defesa para a Força Terrestre, a Agência atua no sentido de estimular o desenvolvimento de condições favoráveis à inovação no âmbito do Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação do Exército (SCTIEx) em ambientes interno e externo, por meio da criação de condições habilitadoras de inovação por intermédio de organização de Premiação de Inovação; apoio à organização de Competições de Inovação; proposta de Indicadores de Inovação; e apoio técnico à criação de redes e arenas abertas.

No tocante ao apoio técnico à criação de redes e arenas abertas, uma das atribuições da AGITEC é identificar potenciais tecnologias e produtos do Arranjo Produtivo Local que possam compor o Plano Estratégico do Exército (PEEx) relativos a projetos de P&D. Uma forma de identificar estas tecnologias é realizar arenas abertas de inovação em regiões estratégicas, onde, por exemplo, há potenciais parques industriais. A realização destas arenas atrai e identifica empresas e universidades que podem contribuir com o desenvolvimento de tecnologias duais.

Com relação à organização de premiação de inovação no âmbito do EB, pretende-se propor a realização de premiação que visa reconhecer esforços individuais e coletivos, colaborando assim com a difusão da cultura de inovação dentro da Força. Desta forma, a AGITEC deverá organizar eventos de premiação de atividades inovadoras no âmbito de todo o EB, visando valorizar profissionais e organizações militares comprometidas com a realização de atividades de inovação, bem como incentivar os esforços bem-sucedidos de inovação e gestão da inovação.

No caso do apoio à realização de competição de inovação, a Agência pretende propor a realização de competição de inovação para atores externos ao SCTIEx. A competição tem por objetivo motivar empresas e a comunidade acadêmica nacional a se envolverem em temas estratégicos do Exército Brasileiro. Desta forma, espera-se que sejam identificados grupos de pesquisa interessados em pesquisar assuntos voltados para a área de Defesa e em se integrar com

especialistas das ICT militares na busca de solução de problemas genuinamente nacionais, bem como colaborar com a inovação no setor e com a Base Industrial de Defesa. Pretende-se que esta competição seja realizada aos moldes de competições prévias realizadas pelo CTEx, em tecnologias de Rádio Definido por *Software* [21].

Por fim, no tocante à proposta e análise de Indicadores de Inovação, pretende-se estabelecer e avaliar um conjunto acessível, compreensível e gerenciável de indicadores de inovação, a fim de proporcionar ao DCT uma visão abrangente, profunda e eficiente do processo de gestão da inovação.

V. ALGUNS PROJETOS DE P&D EM ANDAMENTO

Nesta seção são apresentados, sucintamente, alguns projetos de P&D em execução no Exército Brasileiro com forte aplicação de processamento digital de sinais, redes e telecomunicações e com potencial para envolver diversos setores da sociedade em fases subsequentes de desenvolvimento.

A. Rádio Definido por Software

Iniciado em dezembro de 2012 e contando com a participação das três forças armadas na definição de requisitos, o programa Rádio Definido por *Software* de Defesa (RDS-Defesa) é estratégico para as comunicações táticas das Forças Armadas. Sua importância é fulcral em razão das evoluções tecnológicas em diversas áreas do conhecimento (eletrônica, materiais, processamento digital de sinais, computação, antenas, protocolos de comunicações etc) e as ameaças no campo cibernético que podem impactar os sistemas de comunicações táticas e estratégicas das Forças Armadas em um futuro próximo, quando tais sistemas estiverem baseados em rádios definidos por software e rádios cognitivos [22-24]. Além de sua importância no campo da guerra cibernética, o RDS-Defesa impacta diretamente em algumas Capacidades Militares Terrestres previstas no Catálogo de Capacidades do EB para o horizonte de 2035, tais como, Comando e Controle, Interoperabilidade e Superioridade de Informações, as quais dependem de meios de comunicações eficientes, sofisticados e seguros.

Composto por três ciclos de desenvolvimento, o programa prevê o desenvolvimento de rádios veiculadores, de porte e portáteis (a veicular, a *manpack* e a *handheld*). Atualmente, apenas os rádios veiculares estão sendo desenvolvidos. A P&D desse rádio marcou o início do programa em dezembro de 2012 e está previsto para ser concluído em dezembro de 2022 [25]. Este projeto vem sendo coordenado e gerenciado pelo Exército Brasileiro e executado por pesquisadores das forças armadas e civis de ICT e empresas, como CPqD e AEL.

Fruto dos avanços científicos e tecnológicos promovidos por essa iniciativa, o Brasil faz parte de um seleto grupo de quinze países que desenvolvem RDS, dentre eles os Estados Unidos da América (pioneiros), Reino Unido, Alemanha, França, Itália, Espanha e Israel [25].

Os objetivos do RDS-Defesa são promover a interoperabilidade nas comunicações táticas das Forças Armadas brasileiras; estabelecer laços institucionais entre Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT) civis e militares; atuar no espaço cibernético com liberdade de ação; fomentar a indústria nacional, particularmente a Base Industrial de Defesa; contribuir com a formação de pessoal altamente qualificado em áreas afins (elétrica, eletrônica, comunicações e computação) por meio de treinamentos de curtas duração, especialização, aperfeiçoamento e cursos de longa duração, como mestrado e doutorado; e criar condições para iniciar a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de rádios cognitivos, evolução do RDS. Além da grande importância para as comunicações militares e para a Defesa, o RDS possui grande potencial para aplicações nas áreas de segurança pública, comunicações satelitais e comunicações móveis.

Em relação à evolução tecnológica no setor e seus reflexos no campo de batalha, tem-se que, em um passado remoto, as funcionalidades dos rádios eram totalmente projetadas por componentes eletrônicos como. Já nas duas últimas décadas do século passado, surgiram os rádios configuráveis por *software*. No entanto, a despeito da flagrante evolução tecnológica introduzida, esta segunda geração de equipamentos rádio deixa de atender a diversos aspectos imprescindíveis para o judicioso emprego no campo de batalha, como a capacidade de atualização de acordo com as condicionantes operacionais, a garantia de provisão de mecanismos robustos de segurança e a possibilidade de reconfiguração para emprego em diferentes cenários de comunicações e com equipamentos de outros fabricantes em operações conjuntas e combinadas – este último, evocando o paradigma da interoperabilidade.

Com base nessas necessidades, nessa escala evolutiva, surgiu a posteriori o Rádio Definido por *Software* (RDS), no qual funcionalidades que anteriormente eram projetadas em hardware, passam a ser definidas via *software*. Em um RDS, o usuário não apenas tem a possibilidade de escolher formas de onda (padrões de comunicações), mas também de introduzir novas formas de onda no Teatro de Operação, conferindo vantagens em termos de capacidade de atualização, comando, controle, inteligência, segurança e interoperabilidade.

Cabe destacar que, embora as principais empresas internacionais que atuam no setor de rádios para comunicações estratégicas e táticas (e que mantêm importantes centros de P&D) já apresentem em seus portfólios equipamentos rádio que seguem o paradigma RDS, este assunto encontra-se em plena evolução. Muitas pesquisas aplicadas voltadas para essa área estão em andamento nas principais universidades, centros de pesquisas e Forças Armadas do mundo. Fruto desse esforço, muitas inovações vêm ocorrendo no setor em consequência dos enormes avanços em sistemas embarcados, conversão analógica digital, antenas, transmissão digital, processamento digital de sinais, arquitetura de software e na capacidade de processamento de dispositivos, tais como os Processadores de Uso Geral.

Em [25] são apresentadas as razões que levaram as Forças Armadas e, em especial, o Exército Brasileiro, a iniciar um sofisticado programa de P&D de rádios para as comunicações

táticas e as razões de ter sido adotado o paradigma de Rádios Definidos por *Software* para nortear esse desenvolvimento.

Nesse mesmo artigo são apresentadas as principais especificações, desafios e o estado atual de desenvolvimento do RDS-Defesa, bem como tentativas de envolver cada vez mais a comunidade científica nacional nesse empreendimento, com destaque para eventos ocorridos nas edições de 2015, 2016 e 2017 da Sociedade Brasileira de Telecomunicações, bem como a integração com a indústria e institutos de pesquisa.

Os principais temas de pesquisa nessa área são desenvolver formas de ondas (protocolos de comunicações), técnicas de segurança das comunicações e das transmissões, abrangendo aspectos ligados à guerra eletrônica e a guerra cibernética. Importantes também são as áreas de antenas bandas largas; sincronização de fase, portadora e relógio; *crosslayer*, transmissão adaptativa; e rádios cognitivos são alguns temas de grande importância para o programa.

B. Visão Noturna

Visa ao combatente a possibilidade de ver sem ser visto, transcendendo a capacidade de visão do ser humano por intermédio de tecnologias conhecidas como visão noturna. Alguns exemplos da importância operacional dessa capacidade são apresentados em [26]. Pela importância do assunto e alinhamento com as capacidades operacionais pretendidas para o Exército Brasileiro do Futuro, particularmente a capacidade militar terrestre de Superioridade no Enfrentamento [5], o Exército Brasileiro, por intermédio do Centro Tecnológico do Exército empreende projetos de Pesquisa e Desenvolvimento não apenas com o objetivo de desenvolver tecnologias no setor, mas de incrementar a capacidade tecnológica nacional em setor dual, buscando dessa forma envolver diversos setores da sociedade nacional nesse empreendimento.

Essa tecnologia tem importantes aplicações militares e civis. No viés militar, destaca-se que equipamentos de visão noturna podem ser empregados em sistemas de ampliação da capacidade visual para pilotos de aeronaves, viaturas blindadas e embarcações, bem como para o combatente, como supracitado, neste caso, restrições de dimensão, peso e consumo são importantes desafios. No civil, a gama de aplicações é muito vasta e bastante diversificada, como redução de atropelamentos de animais em deslocamento, sobretudo, noturnos em altas estradas; automação; e veículos inteligentes, apenas para citar dois casos importantes [29,30].

A visão noturna engloba um conjunto de técnicas e áreas de pesquisa capazes de gerar informação visual com base captação da radiação visível ou na faixa de infravermelho (está imperceptível ao olho humano) emitida ou refletida por seres vivos ou objetos inanimados. Existem basicamente dois tipos de tecnologias no setor: as baseadas na intensificação da luz residual e as quais se são desenvolvidas a partir da imagem térmica. Há, ainda, técnicas, mais sofisticadas e promissoras que empregam fusão de imagens, se valendo assim de esforços e resultados das duas áreas tecnológicas em comento [26].

Na intensificação da luz residual, cujos princípios de funcionamento são apresentados sucintamente em [26], busca-se intensificar a luz refletida por objetos. O estado da arte atual

dos equipamentos militares, permite uma intensificação da ordem de três mil vezes. Essa possibilidade, também é o principal problema dos atuais equipamentos que empregam essa tecnologia, uma vez que objetos que geram luz em uma intensidade razoável, tais como postes de iluminação pública ou faróis de automóveis, não podem ser identificados, ofuscam a visão do combatente e, em alguns casos, podem até danificar o equipamento.

O imageamento no infravermelho baseia-se no desenvolvimento de sensores capazes de detectar radiação eletromagnética, na faixa espectral do infravermelho, emitidas por objetos, mesmo sem a presença de luz residual, em função de sua temperatura. Ou seja, diferentemente da tecnologia descrita previamente, nesta é possível identificar objetos mesmo sob condições de luminosidade nula. Entretanto, com esta tecnologia não é possível distinguir informações de relevo do objeto, como na anterior

Como discutido em [26], o processo de fusão de imagens tem, portanto, a finalidade de conjugar as vantagens de ambas abordagens, gerando uma imagem única a partir de informações obtidas das diferentes faixas espectrais. Trata-se de área promissora e cujos maiores esforços de P&D se baseiam na área de processamento digital de imagens (fusão de imagens).

O Exército, por intermédio do CTE_x, vem empreendendo P&D de equipamentos de visão noturna empregando as tecnologias de intensificação da luz residual, imageamento térmico e fusão de imagens deste 2005. Nesse período obteve avanços no tocante a capacitação de recursos humanos, geração e difusão do conhecimento, geração de inovação, além do estabelecimento de diversas parcerias internacionais e nacionais. Em suma, contribuiu para aumentar a capacidade tecnológica instalada no Brasil. Para conhecer essas contribuições e trabalhos em andamento vide [26]. Apesar disso, ainda há muitos desafios a serem vencidos e o Brasil é dependente de detectores de infravermelho, uma tecnologia crítica e sensível, sobretudo para aplicações militares.

C. Radares

Sistemas radares emitem ondas eletromagnéticas com o objetivo de, a partir do sinal de eco – reflexões dessas ondas, detectar a presença de alvos aéreos, terrestres ou navais, bem como estimar as suas características cinéticas, importantes para aplicações militares, como o direcionamento de armas de defesa antiaérea e o controle de tráfego aéreo. Dos idos de 1887, primórdios da geração dos conhecimentos seminais, passando pela década de 1940, quando os primeiros equipamentos de sucesso surgiram, até os dias atuais, ocorreram enormes avanços no setor [27]. Apesar disso, ainda existem grandes desafios, muitas questões de pesquisa em aberto e diversas aplicações militares e civis ainda a serem exploradas.

Existem várias categorias de radares, sendo as classificações principais envolvendo o tipo de onda transmitida (pulsada ou contínua) e a faixa de operação da frequência da portadora da onda eletromagnética emitida. Neste caso, existem radares das mais diversificadas características e aplicações operando em bandas e sub-bandas espectrais específicas, nas faixas de HF,

VHF, UHF, SHF e EHF, conforme designações de organismos internacionais, como a International Telecommunications Union (ITU).

Uma classificação pouco difundida, mas fundamental para as aplicações militares, diz respeito ao tipo de sistema ao qual ele está integrado e as funções que desempenha em prol do aludido sistema. Nesse mister, conforme a doutrina militar brasileira, esses dispositivos se classificam como radares de vigilância, de busca, de rastreamento e de tiro.

Os radares de vigilância detectam e identificam qualquer incursão que ingresse no volume de responsabilidade de um determinado Centro de Controle. Os radares de busca são integrados a um sistema de armas. Assim, ele detecta e identifica qualquer incursão que ingresse no volume de responsabilidade de uma determinada Unidade de Tiro, propiciando apreensão de alvos com antecedência necessária ao disparo com precisão. Radares de rastreamento tem por principal funcionalidade estimar a trajetória de alvos previamente detectados, fornecendo as respectivas posições nas quais eles estarão depois de um determinado intervalo de tempo (ponto futuro). Radares de tiro integram-se a um sistema de armas, a fim de acompanhar precisamente um vetor hostil, fornecendo à Unidade de Tiro elementos precisos para o ataque à ameaça [28]. Cada um desses tipos de radares demandam específicas capacidades de detecção, estimação de trajetória e precisão.

Há muitos anos que o Exército Brasileiro vem realizando pesquisas básicas e aplicadas, bem como executando projetos de P&D na área de radares. O CTE_x, por exemplo, vem desenvolvendo tecnologias nessa área desde o início deste século, com os principais empreendimentos iniciados em 2006, época em que começou o desenvolvimento do primeiro radar com tecnologia nacional, intitulado SABER M60 (Sistema de Acompanhamento de alvos aéreos Baseados em Emissão de Radiofrequência M60). A partir do sucesso desse empreendimento, novos projetos foram iniciados, como o SABER M200 com maior alcance e tecnologia mais moderna, como arranjo de antenas e processamento distribuído, e o radar secundário SABER S200; posteriormente, iniciou-se o desenvolvimento do radar SENTIR M20 (Sentinela Radar M20), um radar de vigilância terrestre [27]. De fato, o que se iniciou com a P&D de um radar, tornou-se um programa de radares de grande sucesso, com produtos licenciados para empresas nacionais, as quais já venderam diversos radares nos mercados nacional e internacional. Mais informações dos radares supracitados, bem como uma breve história dos radares, seus princípios de funcionamento e classificações podem ser encontradas em [27].

Atualmente, técnicas de processamento digital de sinais são empregadas não apenas no processamento central do RADAR, mas também no controle do sistema, melhorias no uso do efeito doppler para detecção de pequenos movimentos, há muitas pesquisas nessas áreas. Utilização de arranjo de antenas; radares multifuncionais; novas técnicas para reconhecimento de alvos; pesquisa de novas formas de onda de transmissão e sistemas com processamento distribuído de alto desempenho são outras áreas importantes de pesquisa [27].

Os sistemas de radar são empregados no solo, no mar, no ar e no espaço para detectar, rastrear, identificar e classificar objetos, bem como estimar suas distâncias, direções e velocidades. Nas aplicações militares, eles operam em ambientes hostis nos quais são geradas interferências que dificultam suas tarefas e lidam com objetos cada vez mais difíceis de serem detectados (materiais absorventes, tecnologias furtivas). Pesquisas em diversos setores objetivam aumentar cada vez mais a eficiência desses dispositivos, apesar dos desafios naturais ou artificiais. As aplicações civis são as bastante diversificadas, como os radares meteorológicos, de controle de tráfego aéreo, de mapeamento, de uso rodoviário e de prospecção subterrânea.

VI. MODERNOS DESAFIOS NA ÁREA DE DEFESA

Os ataques cibernéticos são uma realidade mundial e vem crescendo com o tempo. Em 2015 a média mundial cresceu 38% e a nacional 274% em relação à de 2014, porém, EUA e China concentram, conjuntamente, 66% dos ataques mundiais.

Alguns ataques cibernéticos entraram para a História, dentre eles destacam-se aqueles impetrados contra a Sony Pictures em 2015, causando um prejuízo de aproximadamente 200 milhões de dólares; a italiana Hacking Team, vazando mais de 400 GB de arquivos importantes de diversos países, tais como, Coreia do Sul, Alemanha, Emirados Árabes e Estados Unidos (FBI e DoD); a Ashley Madison e os arquivos na nuvem da Apple (iCloud) com o vazamento de fatos, imagens e informações pessoais constrangedoras. Destacam-se ainda diversos casos de ataques a carros inteligentes, os quais podem ser utilizados como uma ferramenta de terrorismo. Vem se tornando comum também os ataques que usam vírus de resgate, que inutilizam sistemas e dados até que seja paga uma quantia em dinheiro, geralmente entre US\$ 300 e US\$ 600 em Bitcoins. O mais recente Ciberataque atingiu diversos países no dia 12 de maio de 2017 foi sem precedentes e atingiu quase uma centena de países.

O livro “A Quarta Revolução Industrial”, aponta 21 tecnologias revolucionárias que provocarão transformações sem precedentes na história da humanidade, particularmente no tocante à amplitude e velocidade dessas transformações. Essas tecnologias, em geral, favorecem monitoramento, sensoriamento, automação, e interconectividade entre pessoas e coisas de diversas naturezas, mas apresentam como desvantagens a perda de privacidade e a vulnerabilidade cibernética. Na introdução do livro, Klaus Schwab [2] comenta que ainda não entendemos a profundidade das mudanças provocadas pelos avanços em curso e as possibilidades “ilimitadas de bilhões de pessoas conectadas por dispositivos móveis”. Ressalta ainda que as “mudanças são tão profundas que, na perspectiva da história humana, nunca houve um momento tão promissor e perigoso”. As possibilidades são enormes, mas os perigos que a convergência das novas tecnologias que se inserem no bojo da 4ª Revolução Industrial são inimagináveis.

Dentre as tecnologias, aquelas que despontam como as que oferecem maiores vulnerabilidades cibernéticas são as

seguintes: internet das coisas; casa conectada; cidades conectadas, carros sem motoristas e robótica.

Além dessas tendências que impactam a sociedade de um modo geral, duas afetam particularmente a esfera militar: a primeira delas o aumento progressivo e incessante de eletrônica embarcada e de tecnologia da informação e comunicação nos artefatos e sistemas bélicos, de um modo geral; a outra é a evolução tecnológica no campo das comunicações militares, essa até mais preocupante do que a primeira, diante dos avanços doutrinários no sentido de se realizar cada vez mais operações em rede e a necessidade e a importância de se obter consciência situacional no Teatro de Operações.

Conforme discutido em [25], diversos documentos que expressam o pensamento político e estratégico das Forças Armadas do Brasil, tais como a Estratégia Nacional de Defesa, o Livro Branco de Defesa Nacional e o Catálogo de Capacidades do Exército - (EB20-C-07.001), evidenciam a necessidade do provimento de meios de comunicações táticas sofisticados. Em particular, Comando e Controle, Interoperabilidade e Superioridade de Informações são algumas das Capacidades Militares Terrestres previstas no Catálogo de Capacidades do EB que dependem fundamentalmente de meios de comunicações táticas eficientes, sofisticados e seguros. Na realidade esse pensamento nacional reflete uma tendência mundial.

A trajetória tecnológica na área de comunicações sem fio é marcada pela tendência da supremacia das técnicas de transmissão digital perante os mecanismos de transmissão analógica; pela supremacia do *software* embarcado, realizando tarefas que outrora eram realizadas por *hardware*; pelas possibilidades de formação de sofisticadas redes de comunicações; e pelo aumento de autonomia. Conforme apontado em [25], as novas tecnologias de rádio tendem a sofrer ataques cibernéticos que são muito mais nefastos do que os ataques provenientes das técnicas de guerra eletrônica, pois aqueles podem tornar indisponível todo um sistema de C4ISR (*Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance*), bem como pode tornar vulnerável a própria segurança física dos vetores aéreos, navais e terrestres. Conforme apontado em [25] os futuros sistemas de comando que serão baseados nessas novas tecnologias, como, por exemplo, os rádios definidos por *softwares* e rádios cognitivos poderão sofrer ataques de negação de serviço, ataques que assumem controle do rádio, bem como aqueles que acessam e modificam os dados registrados nos rádios.

A guerra cibernética já é uma das mais graves ameaças do nosso tempo, porém ela se tornará cada vez perigosa com os avanços tecnológicos em curso. Segundo Schwab [2]:

O ciberespaço tem se tornado um teatro de operações semelhante ao que o solo, o mar e o ar foram no passado. Posso afirmar com segurança que enquanto qualquer conflito futuro entre agentes razoavelmente avançados poderá ou não ocorrer no mundo físico, ele provavelmente incluirá uma ciberdimensão, simplesmente porque nenhum adversário moderno resistira à tentação de perturbar, confundir ou destruir os sensores, as comunicações e a capacidade de decisão de seu inimigo. Isso não só irá diminuir o limiar da guerra, mas também irá embarcar a

distinção entre guerra e paz, porque quaisquer redes ou dispositivos conectados, tanto os sistemas militares de infraestrutura, quanto os civis – tais como fonte de energia, redes de eletricidade, saúde ou controles de tráfego ou abastecimento de água – podem ser hackeados e atacados.

A guerra cibernética já é uma das mais graves ameaças da atualidade, porém ela se tornará cada vez perigosa com os avanços tecnológicos em curso. A guerra cibernética tem potencial para impactar de forma marcante todas as expressões do Poder Nacional. Pode-se comprometer o sistema financeiro, os serviços públicos, a indústria, comércio, pesquisa e desenvolvimento, o sistema político-eleitoral, como ocorreu recentemente nos EUA, e o poder militar de um país.

No Brasil as iniciativas para estruturar o setor Cibernético iniciaram em 2008 e estão em andamento.

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reflexos da Era do Conhecimento e da 4ª Revolução Industrial no Exército Brasileiro foram apresentados. Discutiuse, sucintamente, o processo de transformação do Exército e, em particular, ações que vem sendo realizadas no campo científico-tecnológico. Destaque especial foi dado a criação da AGITEC.

Como mostrado neste trabalho, as áreas de competência da Agência se inserem no cerne da Era do Conhecimento. Adicionalmente, a AGITEC vem contribuindo para que seja adotado no âmbito do Exército Brasileiro modelos de gestão modernos, tais como Inovação Aberta e Hélice Tríplice e, poderá exercer um importante papel, subsidiando o escalão superior, no sentido de envolver cada vez mais a comunidade científica nacional nos assuntos de defesa, particularmente em temas duais.

Nesse sentido, a Agência realizará estudos de inteligência tecnológica e de prospecção tecnológica para elencar as tecnologias críticas e que devem ser desenvolvidas para que as capacidades militares pretendidas no médio e longo prazos sejam obtidas autonomamente. Tais estudos poderão auxiliar ao Exército Brasileiro a priorizar os temas de pesquisa e de P&D, otimizando os recursos humanos e financeiros. Adicionalmente, estudos de inteligência poderão indicar especialistas, grupos de pesquisa, universidades, ICT, *startup* e empresas que possam colaborar com projetos de pesquisa básica e aplicada, e de P&D.

Adicionalmente, a Agência poderá assumir papel importante na gestão da propriedade intelectual do Exército, dinamizando os processos de proteção de ativos e de licenciamento de tecnologias desenvolvidas com a participação da Força Terrestre.

Por fim, a Agência poderá promover eventos, competições, premiações para difundir a cultura de inovação no Exército, bem como, para envolver, cada vez mais pesquisadores civis em temas de interesse do Exército Brasileiro. Isso, por exemplo, pode ser feito mediante a inclusão de competições em simpósios nacionais, como já ocorreu em 2016 e 2017 nas edições do Simpósio Brasileiro de Telecomunicações.

O artigo, em sua segunda parte, apresentou sucintamente alguns projetos de pesquisa e desenvolvimento com forte componente das áreas de comunicações, computação, processamento digital de sinais e segurança da informação. Especial ênfase foi dedicada aos desdobramentos à segurança nacional de tecnologias decorrentes da 4ª Revolução Tecnológica.

Destacou-se que os artefatos e os vetores aéreos, navais e terrestres, bem como os produtos e sistemas de interesse da Defesa possuem cada vez mais componentes de *software*, criando assim enormes possibilidades para a comunidade nacional de pesquisadores.

O Brasil, por possui uma boa capacidade tecnológica acumulada na área de desenvolvimento de *software* e soluções digitais, possui um elevado potencial para o desenvolvimento de tecnologias duais que atendam aos requisitos essenciais tanto do mercado civil quanto de produtos de defesa, como os RDS, radares e optrônicos, aqui apresentados, mas em diversas áreas de interesse e que não foram aqui exploradas por questões de espaço, como simuladores de carros de combates, de helicópteros, sistemas de comando e controle, como o C2 em Combate, rádio cognitivo etc.

O conhecimento acumulado em organizações diversas, como universidades, centros de pesquisa, e pequenas e médias empresas poderá impulsionar iniciativas baseadas no modelo de inovação aberta e de Tríplice Hélice. Portanto, esta é uma área tecnológica que ao receber adequada atenção de órgãos de Defesa e instituições de fomento à pesquisa básica e aplicada, tem condições de posicionar o Brasil próximo a outros países de referência no tema, diminuindo assim o hiato tecnológico no setor, mormente na área de Defesa.

AGRADECIMENTOS

Aos integrantes da Agência de Gestão e Inovação Tecnológica do Exército Brasileiro pelas informações que serviram de base para a elaboração deste artigo, agradeço especialmente ao Tenente Coronel Leonado e aos majores Adalberto, Ricardo Wagner, Marinho e Elson.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Castells, *A Sociedade em Rede*, Paz & Terra, 19ª Ed., 2009.
- [2] K. Schwab, *A Quarta Revolução Industrial*, Edipro, 2016.
- [3] BRASIL. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. O Processo de Transformação do Exército, 3ª Ed., 2010.
- [4] J. G. COVARRUBIAS, Os três pilares de uma transformação militar, *Military Review*, Nov-Dec, 2007, 16-24.
- [5] BRASIL. MINISTÉRIO DA DEFESA, Política Nacional de Defesa & Estratégia Nacional de Defesa, 2012.
- [6] H. CHESBROUGH. *Inovação Aberta: como criar e lucrar com a tecnologia*. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- [7] H. ETZKOWITZ, H. “Reconstrução criativa: hélice tripla e inovação regional”. Rio de Janeiro: **Inteligência Empresarial/Crie/Coppe/UFRJ**, n. 23, 2005.
- [8] F. V. FERREIRA, et al. “Criação da Agência de Inovação do Exército Brasileiro: Breve Histórico, Seus Processos e Perspectivas”, *RMCT*, Vol. 34, Nr. 1, 2017, 60-68.
- [9] SOCIEDADE BRASILEIRA DA GESTÃO DO CONHECIMENTO (SBGC), 2016, “Construindo a Estratégia de Gestão do Conhecimento”.

- Capacitação fornecida pela Sociedade Brasileira de Gestão do Conhecimento – SBGC, em 20 e 21 de outubro de 2016.
- [10] H. M. M. LASTRES, et al., 2002, “Desafios e Oportunidades da Era do Conhecimento”, São Paulo em Perspectiva, v. 16, no. 3.
- [11] I. NONAKA, H. TAKEUCHI, *Criação de conhecimento na empresa. Como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação*. 3 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- [12] R. R. BEHR, S. P. NASCIMENTO, “A gestão do conhecimento como técnica de controle: uma abordagem crítica da conversão do conhecimento tácito em explícito”, Cadernos EBAPE, v.6, n. 1, pp.1-10.
- [13] A. C. O. BARROSO, E. B. P. GOMES, “Tentando entender a gestão do conhecimento”, Revista de Administração Pública, v.33, n.2, pp. 147-70.
- [14] K. SVEIBY, *A nova riqueza das organizações: gerenciando e avaliando patrimônios de conhecimento*. Rio de Janeiro: Campus, 1998
- [15] T. E. A. VILLELA, I. F. C. MACHADO, Knowledge management inside Brazilian Army (in a triple helix context). Trabalho de Conclusão de Curso, CISB Executive Innovation Management Course, Brasília, DF, Brasil.
- [16] J. R. S. SANTIAGO Jr. *Gestão do Conhecimento: A Chave para o sucesso Empresarial*. São Paulo: Novatec Editora, 22p.
- [17] D. B. BARBOSA, *Uma introdução à propriedade intelectual*. 2ª ed. Lumen Juris: Rio de Janeiro, 2010.
- [18] N. SILVEIRA, *Propriedade Intelectual*. 4ª ed. Revisada e ampliada. Barueri: Manole, 2011.
- [19] M. MANNERMAA, “Futures research and social decision making: Alternative futures as a case study”. *Futures*, 18(5):658-670, outubro 1986.
- [20] J. E. FREITAS, O sistema de inovação no setor de defesa no Brasil: proposta de uma metodologia de análise prospectiva e seus possíveis cenários. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília/ Escola de Administração, 2013. 335 p. Orientador: Luiz Guilherme de Oliveira.
- [21] J. F. GALDINO, et al. Competição de Inovação do SBrT 2017-Equalização Adaptativa e Decodificação de Viterbi para transmissão HF Ionosférica visando aplicação no Programa RDS-Defesa. Disponível em: <http://www.sbrt.org.br/sbrt2017/files/receptor/SBrT2017_receptor_inst rucoes.pdf>. Acesso em: 3 de maio de 2018.
- [22] F. A. B. SILVA, D. F. C. MOURA, J. F. GALDINO, “Classes of Attacks for Tactical Software Defined Radios”, *International Journal of Embedded and Real-Time Communication Systems* 2012, 3, 57.
- [23] D. F. C. MOURA,; F. A. B. SILVA, J. F. GALDINO, Case Studies of Attacks over Adaptive Modulation Based Tactical Software Defined Radios; *Journal of Computer Networks and Communications* 2012.
- [24] F. A. B. SILVA, D. F. C. MOURA, J. F. GALDINO, Security Issues in Tactical Software-Defined Radios: Analysis of Attacks and Case Studies. In: Seppo Virtanen. (Org.). *Advancing Embedded Systems and Real-Time Communications with Emerging Technologies*. 1ed. Hershey, PA: IGI Global, 2014, p. 22-53.
- [25] H. V. PRADO FILHO, J. F. GALDINO, D. F. C. MOURA. “Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos de Defesa: Reflexões e Fatos sobre o Projeto Rádio Definido por Software do Ministério da Defesa à luz do Modelo de Inovação em Tríplex Hélice”. Rio de Janeiro: RMCT, vol. 34, n. 1, 2017, pg. 6-19.
- [26] M. S. B. DE CASTRO, et al, “Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias de Visão Noturna no Exército Brasileiro”. *Cad. CPqD Tecnologia*, Campinas, v. 10, núm. esp., p. 41-48, nov. 2014.
- [27] J. A. N. DA SILVA, et al, “Uma visão geral sobre os radares desenvolvidos pelo Exército Brasileiro”, *Cad. CPqD Tecnologia*, Campinas, v. 10, núm. esp., p. 27-40, nov. 2014.
- [28] BRASIL. ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO. *Manual de Campanha C44-1 – Emprego da Artilharia Antiaérea*. 2012.
- [29] E. J. R. O'MALLEY, M GLAVIN, “Detection of pedestrians in far-infrared automotive night vision using region-growing and clothing distortion compensation”, *Infrared Physics & Technology*, 2010, Elsevier.
- [30] O. STEINVALL, et al, “Overview of range gated imaging at FOF”, *Proc. SPIE 6542, Tecnologia de Infravermelhos e Aplicações XXXIII*.