

Proposta de *Framework* para o Desenvolvimento Integrado de Sistemas de Defesa de Alta Complexidade Tecnológica

Jefferson Santos de Oliveira¹, Ligia Maria Soto Urbina¹, Lucas Novelino Abdala¹

¹Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos/SP – Brasil

Resumo – A existência de uma estreita relação entre a indústria de defesa e os órgãos governamentais da defesa em torno do desenvolvimento de sistemas de defesa alta complexidade tecnológica requer o uso de metodologias que integrem os processos de desenvolvimento e os de produção do produto, que impactarão positivamente a execução dos programas de obtenção de defesa. O emprego da metodologia de desenvolvimento integrado de produtos e processos (IPPD) tem sido uma das soluções para esse contexto, pois com o aumento da complexidade tecnológica dos projetos, os quais executam diversas atividades simultâneas, passando por diversas iterações antes que a entrega de cada etapa seja finalizada, trouxe a necessidade de se aprimorar os métodos empregados. Com base na teoria do ciclo de vida e seu respectivo processo de gestão, desenvolvidos a partir da abordagem da engenharia de sistemas, é proposto um framework para a aplicação do conceito de IPPD e suas respectivas equipes técnicas para aprimorar a execução dos programas brasileiros de obtenção de sistemas de defesa de alta complexidade tecnológica.

Palavras-Chave – Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa, Desenvolvimento Integrado de Produtos, Obtenção de Defesa.

I. INTRODUÇÃO

O mercado de defesa difere do mercado tradicional em dois pontos bem marcantes. O primeiro é pelo fato de que o mercado militar possui praticamente somente um grande consumidor, que é o governo, fazendo-se assim um mercado quase monopsonístico [1]. O segundo advém do fato de que os clientes militares demandam por soluções tecnológicas exclusivas, fazendo com sejam projetadas e desenvolvidas de acordo com as diretrizes, especificações e padrões definidos pelos contratantes da defesa [2].

Isso faz com que a indústria de defesa desenvolva grande dependência dos gestores governamentais de defesa para manter a lucratividade e estabilidade financeira e conseguir a permanência no negócio [3], pois os financiamentos para investimentos em pesquisa, desenvolvimento, produção e a definição da agenda de inovação na área de defesa dependem destes gestores governamentais de defesa [1].

Por isso, os processos de obtenção de defesa devem contemplar uma adequada estratégia de desenvolvimento dos Sistemas de Defesa (SD), pois ela é crucial para se alcançar os objetivos operacionais e comerciais do setor de defesa [4][5], gerando uma relação tecnológica muito especializada e

fortemente valorizada na área de defesa em torno do SD desenvolvido [6].

Nessa estreita relação entre a indústria e os órgãos governamentais da defesa, a atividade de desenvolvimento de SD requer uma clara compreensão dos objetivos comuns. Uma forma de lidar com esse problema tem sido por meio do emprego de metodologias que integrem os processos de desenvolvimento de produto e seus processos de produção [7], proporcionando as condições necessárias para que se obtenha o resultado esperado pelos órgãos operacionais da Defesa [8].

A partir de um conjunto de processos baseados nos que já são empregados e consagrados nos setores industriais e na literatura, com as customizações inerentes ao setor de defesa dos países na fronteira tecnológica [9], a metodologia de Desenvolvimento Integrado de Produtos e Processos (IPPD) tem possibilitado a obtenção de produtos de qualidade [10]. Além do desenvolvimento, o IPPD também tem contribuído com a produção, o controle de custos, o gerenciamento da crescente complexidade do conhecimento e as atividades de pesquisa dos SD [11], auxiliando na revitalização do capital intelectual das empresas e no fortalecimento das suas capacidades tecnológica e industrial [4].

Para se alcançar os resultados com o IPPD, são organizadas equipes multifuncionais simultâneas [10], as Equipes de Desenvolvimento de Produtos Integrados (IPDT), que trabalharão em prol de objetivos comuns e da integração dos processos necessários para a efetiva obtenção e desenvolvimento de SD, que por sua vez demandam pela realização de uma grande quantidade de tarefas que são executadas no processo de gestão do ciclo de vida [12].

Nesse contexto, este trabalho propõe um framework baseado nas teorias do ciclo de vida e seu processo de gestão, direcionando-os para serem aplicados ao IPPD voltado ao desenvolvimento de SD. Aqui o IPPD é relacionado aos ciclos de vida que devem ser considerados pelas IPDT no processo de obtenção e desenvolvimento. Por fim é apresentado uma visão macro das equipes, e suas responsabilidades básicas, que deverão ser organizadas em um programa de obtenção de SD de alta complexidade tecnológica no contexto do Ministério da Defesa (MD) e das Forças Armadas (FA), para que sejam alcançados os resultados esperados com sucesso, visto que o Brasil ainda carece de avanços na gestão do desenvolvimento e produção de SD.

II. VISÃO GERAL DA GESTÃO DO CICLO DE VIDA

A. Ciclo de vida de sistemas

Um sistema, ao ser desenvolvido, passa a ser utilizado e por fim descartado quando não pode ser mais empregado com o propósito pelo qual foi criado [13]. Cercado de características intrínsecas, um sistema surge envolto de um

J. S. Oliveira, oliveira.jefferson@eb.mil.br; L. M. S. Urbina, ligiaurbina11@gmail.com; L. N. Abdala, lucas@ita.br .

Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

ciclo de vida que auxilia na orientação da sua organização e planejamento [14].

Segundo a ISO 15288:2015 [15], um sistema progride em seu ciclo de vida como resultado de ações executadas e gerenciadas por pessoas nas organizações, usando processos para execução dessas ações. Essa progressão acontece através da passagem do sistema pelas diversas fases do ciclo de vida no qual ele foi concebido, desenvolvido, utilizado, suportado e desativado [7].

No passado, a engenharia do ciclo de vida de sistemas já foi amplamente negligenciada, mas atualmente se tornou um ponto central no desenvolvimento de um sistema [2]. Para os SD, que são empregados por longos períodos levando-os a ter ciclos de vidas mais extensos do que sistemas civis similares, isso é muito importante porque as decisões iniciais têm forte impacto nos futuros orçamentos dos órgãos da Defesa [16].

Os ciclos de vida também têm sido utilizados para descrever um sistema conforme ele amadurece ao longo do tempo em relação ao seu funcionamento, orientando os profissionais envolvidos com a sustentação do valor entregue pelo sistema aos proprietários e/ou usuários durante esse amadurecimento [17].

Muitos *frameworks* de ciclos de vida têm sido propostos seja para a produção ou para a obtenção de sistemas, recebendo diversas nomenclaturas para referir-se ao ciclo de vida, tais como: ciclo de produção, processo de obtenção, ciclo de projeto e processo de implementação [18]. Com o objetivo de promover uma equalização nesse conceito de ciclo de vida, a ISO 15288:2015 [15], que é a norma de Engenharia de Sistemas que normatiza os processos do ciclo de vida de sistemas, estabelece um *framework* genérico para o ciclo de vida de sistemas composto por seis fases: conceitual, desenvolvimento, produção, utilização, suporte e descarte. Desta divisão do ciclo de vida em fases resulta o surgimento de pontos de transição, que ocorrem de uma fase para outra e são representados por marcos decisórios, que normalmente possuem critérios específicos que precisam ser satisfeitos antes de ser autorizado o prosseguimento para a fase subsequente [19].

No Quadro I, são exibidos os *frameworks* de ciclo de vida que são utilizados, ou normatizados, pela ISO 15288:2015 [15], OTAN, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro e Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD). Esses ciclos de vida apresentam uma disposição linear, serial, independente e não sobreposta das suas fases, que não mostra

que as atividades executadas nessas fases podem ser, na prática, interdependentes, sobrepostas e concorrentes, além de terem um comportamento incremental, iterativo e recursivo dos processos que ocorrem no ciclo de vida [7].

B. Gestão do ciclo de vida de sistemas

Em um projeto é impossível definir um escopo com riquezas de detalhes ou realizar as gestões da integração, da comunicação, entre outras, sem a gestão do ciclo de vida do produto. Por isso, a gestão do ciclo de vida tem ganhado destaque nos fóruns internacionais e sobretudo na prática do moderno gerenciamento de projetos de desenvolvimento. Essa gestão tem demonstrado ser uma das melhores formas de organizar os projetos, obrigando os responsáveis a gerenciar as suas principais restrições, durante o projeto, baseados no estágio de desenvolvimento do produto [20]. Uma das consequências dessa aceitação é que essa importância à gestão tem se traduzido na elaboração de normas por diversas organizações, que disseminam os conhecimentos e práticas da engenharia de sistemas, colaborando para o aprimoramento dos processos de gestão do ciclo de vida [17].

Segundo Sage e Rouse [18], a adoção do gerenciamento do ciclo de vida é uma estratégia diretamente relacionada com a essência da engenharia, que é a resolução de problemas, pois por meio dele é possível reduzir os desafios complexos das etapas do ciclo de vida em partes tratáveis, para ao final integrar os resultados de cada etapa para se obter o resultado esperado.

Estruch e Vila [21] definem que a gestão do ciclo de vida é uma abordagem integrada que inclui uma série de métodos, modelos e ferramentas para gerenciamento de informações e processos durante as diferentes etapas do ciclo de vida de um produto. A Fig. 1 apresenta as quatro funções principais existentes na arquitetura básica da gestão do ciclo de vida de um produto:

- Gestão de Dados: estrutura que fornece suporte para identificação, estruturação, classificação, modelagem, recuperação, disseminação, visualização e armazenamento de dados de produtos e processos;
- Gerenciamento do fluxo de trabalho: fornece o suporte para modelagem, estruturação, planejamento, operação e controle de processos formais ou semiformais, como processos de decisão, processos de revisão, processos de mudança ou processos de notificação;

QUADRO I – COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE CICLO DE VIDA DE SISTEMAS

Referência	Fases do Ciclo de Vida					
	Pré obtenção do sistema		Obtenção do sistema		Sustentabilidade	
ISO 15288:2015	Conceitual		Desenvolvimento	Produção	Utilização Suporte	Descarte
OTAN (AAP-20)	Pré concepção	Concepção	Desenvolvimento	Produção	Utilização Suporte	Aposentadoria
Ministério da Defesa	Planejamento Baseado em Capacidades (PBC)	Conceitual	Desenvolvimento	Produção	Operação/Apoio	Desativação
Exército Brasileiro	PBC	Concepção	Obtenção	Produção, operação e apoio		Desativação
DoD EUA	Análise da solução material	Maturação tecnológica e redução de riscos	Desenvolvimento da engenharia e fabricação	Produção e implementação	Operação e Suporte	

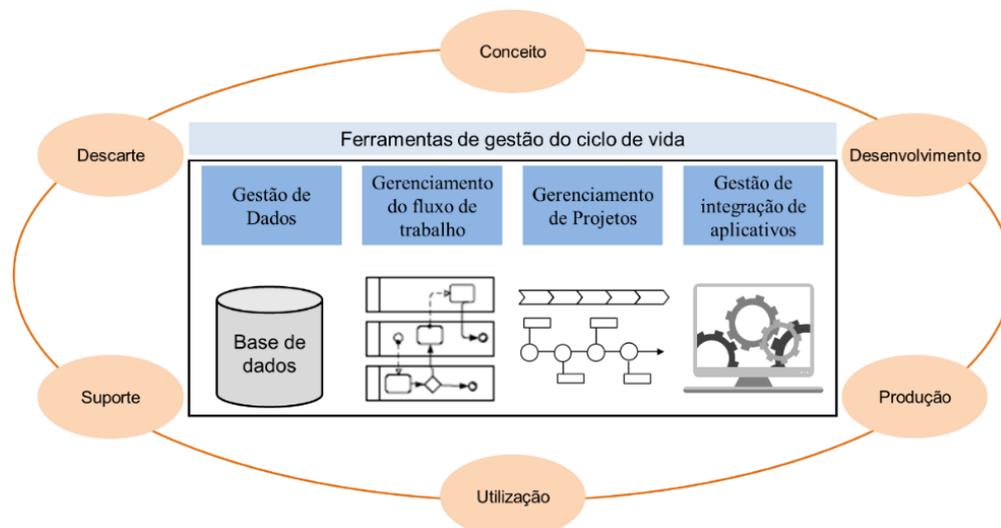


Fig. 1. Componentes básicos da gestão do ciclo de vida de produtos (adaptado de [21]).

- Gerenciamento de Projetos: fornece o suporte para planejar, gerenciar, monitorar e controlar todo o processo de desenvolvimento do projeto, desde a ideia inicial até a conclusão, permitindo que os gerentes de projeto controlem estruturas, cronogramas, custos e recursos do projeto; e
- Gestão de integração de aplicativos: estrutura que oferece suporte para definir e gerenciar os aplicativos utilizados na gestão do ciclo de vida. Como por exemplo CAD, CAM, CAE e DOORS, que são utilizados durante a etapa de desenvolvimento da gestão do ciclo de vida.

C. Desenvolvimento de sistemas

Devido à experiência de muitas décadas, Blanchard [2] indica que para um sistema funcionar adequadamente, ser eficaz e economicamente competitivo, os esforços não podem ser aplicados em grande parte após a sua existência, ou implementação, mas durante os estágios iniciais de projeto e desenvolvimento.

Durante o ciclo de vida do sistema, várias partes interessadas no sistema estarão envolvidas. Dentre elas estão os usuários, os responsáveis pelo projeto, os proprietários e operadores do sistema. Quanto aos responsáveis pela execução do projeto, que é uma equipe composta por profissionais especialistas em várias disciplinas, dentre eles destacam-se: o gerente de projeto, que é o grande coordenador desse grupo de profissionais; o especialista em engenharia de sistemas; os engenheiros de desenvolvimento de hardware e de software; e os especialistas em suporte logístico, entre outros [13] e [22].

Mesmo diante de amplo espectro de especialidades envolvidas na execução do projeto de um sistema, o gerente do projeto trabalha com a estreita colaboração do responsável pela área de engenharia de sistemas, pois este profissional normalmente atua como engenheiro líder garantindo a integridade e integração do sistema [22], abrangendo, deste modo, todos os esforços de engenharia do projeto [23].

Contudo, apesar das diversas áreas que apoiam a gerência do projeto, a engenharia de sistemas é a aquela que permeia todo o ciclo de vida, não se restringindo somente a uma única fase ou atividade. Isso significa que a engenharia de sistemas é empregada desde o momento em que a primeira ideia do sistema é concebida até que o sistema seja finalmente desativado [14]. Além disto, como a abordagem de engenharia de sistemas tem sido adotada para descrever os diversos modelos de ciclo de vida, o emprego dos seus conceitos, dentro

do escopo de um projeto, tende a se estender por toda a vida útil do sistema [23], sendo essa uma característica reconhecida tanto pelo setor privado quanto por órgãos governamentais [7].

No contexto de defesa, essa importância é acentuada pois permite visualizar, aproximadamente, o que é realizado na indústria civil e na de defesa, em relação ao desenvolvimento técnico de um sistema, visando atender às expectativas e requisitos do usuário [24], pois os SD tendem a ter um ciclo de vida mais longo comparado aos similares civis [16].

III. DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE SD

A. Framework de IPPD para SD

Uma das técnicas de gerenciamento utilizada para integrar o conjunto de atividades que estão envolvidas com o desenvolvimento de tecnologias de defesa é denominada, pelo DoD [9] como *Integrated Product and Process Development* (IPPD), em tradução livre, Desenvolvimento Integrado de Produtos e Processos. O IPPD integra diversas atividades da obtenção de SD, começando com a definição de requisitos, passando pela produção, implementação e suporte operacional para otimizar o design, a fabricação, os negócios e a capacidade de suporte de processos.

Como uma técnica de gestão multidisciplinar, o IPPD busca utilizar ferramentas de design como modelagem e simulação, equipes e melhores práticas comerciais para desenvolver produtos e seus processos relacionados simultaneamente [9]. Blanchard [2] destaca que o IPPD promove a comunicação e a integração das principais áreas funcionais, conforme elas se aplicam às várias fases da atividade de um programa de desenvolvimento de sistemas.

O IPPD modelado pelo DoD, que também é chamado de desenvolvimento integrado de produto (DIP), evoluiu a partir da engenharia simultânea; contudo, às vezes. O DIP pode ser compreendido como sendo um processo corporativo que visa criar, desenvolver e certificar novos produtos e serviços, alinhando o processo com o plano estratégico da empresa e integrando as áreas internas e externas envolvidas [25]. No entanto, o IPPD vai além do DIP, pois é um processo de engenharia de sistemas integrado que busca adotar as boas práticas de negócios e de tomada de decisões [9]. Assim, tem-se que o processo de desenvolvimento de SD, empregando o IPPD, faz uso de conceitos da engenharia simultânea, do

desenvolvimento integrado de produtos e da engenharia de sistemas [7][26][27].

Para melhor compreender o IPPD, nota-se que a engenharia simultânea (*concurrent engineering*), segundo o Instituto de Análise de Defesa dos EUA, pode ser considerada como sendo uma abordagem sistemática para o design integrado e simultâneo de produtos e processos relacionados, incluindo fabricação e suporte [26]. Sage [18] detalha que essa abordagem inicial, com foco em processo de projeto integrado, foi a visão original para iniciativas da engenharia simultânea focadas em produtos complexos. No entanto, a evolução da sua abordagem acabou por ampliar o escopo da engenharia simultânea, de modo que os desenvolvedores atualmente trabalham todos os elementos do ciclo de vida do produto, desde a concepção até o descarte, incluindo qualidade, custo, cronograma e requisitos do usuário [2][26].

A engenharia simultânea inovou no processo de desenvolvimento de produtos, ao permitir o aumento do grau de paralelismo entre as atividades de desenvolvimento, dando ênfase para que as tarefas de projeto e planejamento de processo fossem realizadas de forma simultânea [28]. Com isso, contribuiu para aumentar a qualidade e diminuir o tempo e os custos de desenvolvimento, resultando na evolução do processo de desenvolvimento sequencial para o desenvolvimento integrado de produtos [29].

Os conceitos da engenharia simultânea têm sido incorporados por diversas empresas em seus respectivos processos de *new product development* (NPD) [30]. O NPD, também tratado no Brasil como DIP, é definido como um rótulo dado ao conjunto de teorias e abordagens de gestão do desenvolvimento de produtos [29].

Para realizar essa junção de conceitos de gestão, desenvolvimento e integração de produtos, são utilizados os conceitos da engenharia de sistemas, que é uma abordagem de projeto *top-down* destinada a criar produtos, sistemas e estruturas que serão rentáveis e competitivos, também incorpora uma perspectiva de ciclo de vida [2]. Essa característica faz com que a engenharia de sistema seja empregada para auxiliar os gestores a determinarem uma estratégia apropriada para integrar as tarefas e as atividades que acontecem ao longo do ciclo de vida de um sistema [18].

Isso é feito com o objetivo de garantir que as respectivas saídas e entradas dos processos de desenvolvimento de um sistema estejam efetivamente integradas, criando um resultado

bem-sucedido na forma de uma solução, tendo ao final um sistema completo [31]. A engenharia de sistemas colabora para que esse resultado alcançado pois ela trabalha para que as disciplinas de engenharia responsáveis pelo projeto de elementos individuais do sistema sejam devidamente integradas [2]. Portanto, o emprego da engenharia de sistemas torna-se extremamente relevante para que se alcance o efetivo sucesso do design integrado de produto e processo dentro de um ambiente de engenharia simultânea [26].

Por exemplo, uma das vantagens de se utilizar os conceitos da engenharia de sistemas no desenvolvimento de SD é o de evitar que as diversas áreas funcionais do projeto (tais como testabilidade, confiabilidade, suportabilidade, etc.) sejam tratadas como áreas separadas dentro de um processo de obtenção [26]. Outro ponto a favor é que ela auxilia na organização das atividades de estruturação de um projeto de desenvolvimento de SD [22].

A partir desses conceitos, podemos presumir que o desenvolvimento de SD de alta complexidade tecnológica pode ser realizado utilizando o ciclo IPPD apoiado nos conceitos da engenharia simultânea, a estrutura de processos do desenvolvimento integrado de produtos e os processos integradores da engenharia de sistemas. Assim, temos que o processo de desenvolvimento de DS pode ser ilustrado no *framework* apresentado na Fig 2.

Neste modelo de IPPD para SD, estão contemplados os ciclos de vida de um órgão gestor de defesa, o ciclo IPPD do DoD e o ciclo de vida do desenvolvedor do SD. No topo está o ciclo de vida de desenvolvimento de SD pelo MD, exemplificado pelo ciclo adotado pelo Exército, que criará e fornecerá os requisitos, gerando a demanda por uma solução tecnológica e realizará o controle do processo de obtenção e desenvolvimento como contratante.

Ao centro, o ciclo IPPD do DoD [32], que será executado pelos IPDT compostos por profissionais do órgão gestor da obtenção e a empresa desenvolvedora do SD, que orquestrarão as necessidades da defesa com as possibilidades da empresa buscando a convergência tecnológica e econômica.

Os IPDT empregarão ferramentas e o processo de desenvolvimento da empresa em conformidade com o processo de desenvolvimento e de gestão do ciclo de vida do órgão de defesa, para interpretar os requisitos recebidos, adotando uma abordagem disciplinada definida contratualmente.

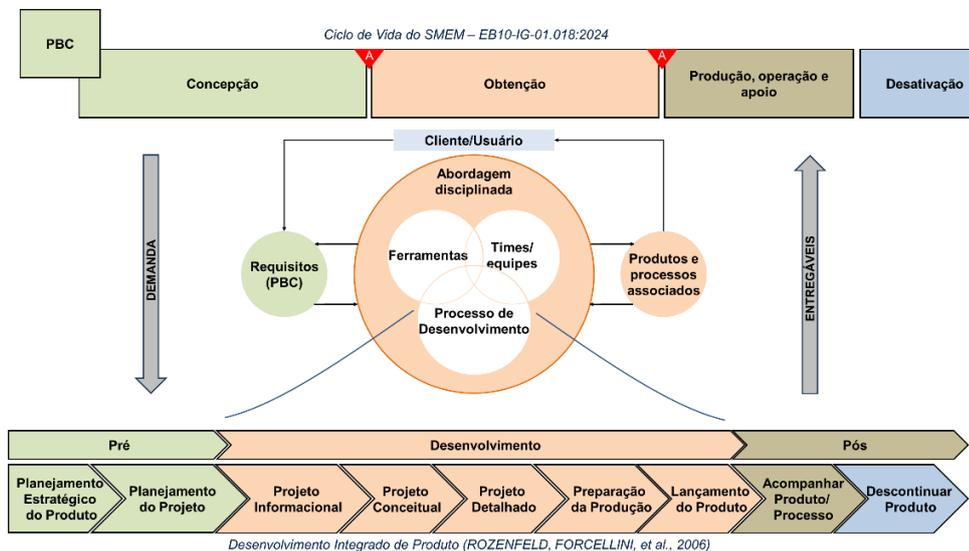


Fig. 2. Framework de IPPD para o processo de desenvolvimento de SD.

Na parte inferior está o processo genérico do DIP [29], representando um processo empregado por uma indústria de defesa desenvolvidora de SD de alta complexidade tecnológica, que implementará, como contratada, a demanda gerada e caracterizada na forma dos requisitos fornecidos, suprindo as IPDT com o pessoal técnico que irá produzir os entregáveis tecnológicos em resposta à demanda gerada.

Nessa forma em que é executado, o IPPD para SD é capaz de proporcionar o controle da evolução de um sistema integrado, buscando manter o equilíbrio entre os componentes do processo para satisfazer as necessidades do cliente\usuário e fornecendo os dados e produtos necessários para apoiar as decisões de gerenciamento do processo de obtenção de SD que, intrinsecamente, já faz parte do processo IPPD [32].

B. IPDT

Inerente ao conceito de IPPD está o estabelecimento de times/equipes, que são denominadas como *Integrated Product Development Teams* (IPDT), ou em tradução livre, Equipes de Desenvolvimento de Produtos Integrados. O IPDT é definido por Whalen [34] como um grupo multidisciplinar de pessoas que são coletivamente responsáveis pela entrega de um produto ou processo definido. Os IPDTs são equipes selecionadas e constituídas por indivíduos das disciplinas apropriadas, sendo estabelecidos para investigar um segmento específico de design, solucionar algum problema, atividades de design de grande impacto em uma medida de desempenho técnico de alta prioridade, entre outras atividades afins [2].

Os IPDTs, cujos tipos e principais áreas de atuação podem ser visualizados no Quadro II, deverão ser estabelecidos e definidos pelo gerente do programa ou pela autoridade competente da organização [2], e geralmente serão compostos por três tipos de equipes: Engenharia de Sistemas e Integração (SEIT), Integração de Produto (PIT) e Desenvolvimento de Produto (PDT) [34]. Essa composição é fruto da necessidade de se formar equipes multifuncionais de produtos/processos para todos os produtos e serviços que compõem o SD, com destaque para a equipe que coordenará as atividades de engenharia de sistemas e a integração, a SEIT, pois lidará com problemas de sistemas, equilibrará requisitos entre equipes de produtos e auxiliará na integração das equipes.

C. Aplicação do Framework do IPPD para SD nas FA

A participação dos membros das equipes de SEIT, PIT e PDT variará ao longo do ciclo de vida do sistema, à medida que o esforço transita do desenvolvimento de requisitos, que é

realizado a partir do Planejamento Baseado em Capacidades (PBC) (um processo de identificação da necessidade de forças, baseado na avaliação das necessidades de defesa do Estado e na seleção de capacidades para atender a esses requisitos [33]), para o projeto informacional, levando para o projeto conceitual, passando pelo projeto preliminar e pelo projeto detalhado, para fabricação, montagem e teste, entrega e suporte operacional [34]. A fase de descontinuação e de desativação do SD poderá ser conduzida sob responsabilidade exclusiva da FA detentora do SD, ou de empresa contratada para tal fim.

Assim, numa breve descrição, nesse processo de desenvolvimento de SD, o IPPD será executado tendo suas atividades focadas no cliente\usuário de forma a atender suas necessidades, tendo como ponto de partida para o início do processo o planejamento estratégico do MD ou da respectiva FA, no qual foi definido o PBC. Portanto, é importante que seja buscada a compreensão, com precisão, dos diversos níveis de necessidades para se obter requisitos realistas e viáveis, tecnicamente e economicamente, no início do processo.

No prosseguimento do processo de desenvolvimento de SD, esses requisitos serão subsídios para a fase de desenvolvimento do conceito, a qual irá considerar a arquitetura de todo o sistema, e múltiplas arquiteturas podem ser elaboradas como conceitos concorrentes para o sistema como um todo. Assim, a fase de projeto em nível de sistema torna-se crítica. Durante esta fase, o sistema é decomposto em subsistemas e estes em vários componentes. As equipes são designadas para desenvolver cada componente. Equipes de PIT e PDT recebem o desafio de integrar componentes nos subsistemas e estes no sistema geral [34].

Por isso, no processo é possível observar que deverá ocorrer um esforço de integração entre as equipes das FA e das empresas contratadas para realizar ou participar do desenvolvimento de SD. Basicamente, as equipes das FA serão designadas para participar ou conduzir um processo de obtenção, mas observando o preconizado nas respectivas normas internas referentes ao ciclo de vida.

Por outro lado, as equipes das empresas trabalharão de acordo com seu respectivo modelo de desenvolvimento de produto, mas também observarão as demandas contratuais quanto às normas do ciclo de vida da respectiva FA contratante. Nesse trabalho conjunto, as FA encarregar-se-ão de definir a estratégia de obtenção, mas contando com o auxílio do respectivo setor das empresas de defesas.

QUADRO II – TIPOS DE IPDT E PRINCIPAIS ÁREAS DE ATUAÇÃO

Hierarquia do sistema	Tipo de equipe e principais áreas de atuação
Interface externa e sistema	Equipe de Engenharia de Sistemas e Integração (SEIT) <ul style="list-style-type: none"> • Sistema e processos integrados • Questões externas e do programa • Problemas e integridade do sistema • Integração e auditorias das equipes
Elementos de nível superior	Equipes de Integração de Produtos (PITs) <ul style="list-style-type: none"> • Integração de hardware e software • Problemas e integridade dos entregáveis • Suporte a outras equipes (SEIT e PDTs)
Elementos de nível inferior	Equipes de Desenvolvimento de Produto (PDTs) <ul style="list-style-type: none"> • Hardware e software • Problemas e integridade do produto • Participantes principais (design e mfg.) • Suporte a outras equipes (SEIT e PITs)

(Fonte: adaptado de [7])

Assim, durante o processo de desenvolvimento, visto que a FA contratante é o cliente e o usuário do SD resultante, caberá às equipes da FA realizarem consideráveis intervenções durante a fase de obtenção. Para isso, irão atuar, basicamente, na função de gerenciamento e fiscalização de todo o processo [2]. Na outra parte de responsabilidades pelo desenvolvimento estão as equipes das empresas, que serão encarregadas de conduzir a parte técnica do projeto: desenvolvimento, integração, fabricação e implementação da solução contratada. Destaca-se que ambas as equipes participarão das principais atividades um do outro, seja como integrantes nas equipes ou na implementação e uso conjunto de ferramentas tecnológicas durante o desenvolvimento do SD [32].

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

Este estudo apresentou um *framework* de IPPD para o desenvolvimento integrado de SD, empregando a metodologia IPPD do DoD e dos seus IDPT. Com esse processo de desenvolvimento integrado busca-se desenvolver um conjunto de engrenagens que suavizem e facilitem a execução das atividades que surgem na estreita relação de dependência mútua que há entre a indústria de defesa e os órgãos da Defesa, tanto o MD quanto as FA, no processo de obtenção e desenvolvimento de SD. Assim, a partir dos conceitos de ciclo de vida e seus processos de gestão, dos conceitos de IPPD e das suas respectivas IPDT foi possível apresentar um *framework* aplicável ao desenvolvimento integrado de SD para os processos de obtenção de SD de alta complexidade tecnológica, no contexto do MD e das FA. Também pode ser ressaltado que, à medida em que os SD aumentam sua complexidade tecnológica mais relevante será o esforço de integração a ser realizado pelas IPDT, as quais deverão considerar as nuances dos ciclos de vida e de desenvolvimento de produto para que sejam alcançados os resultados esperados nessa metodologia de IPPD para SD. Os próximos passos para a continuidade dessa pesquisa será a realização de estudos de caso utilizando o *framework* apresentado como elemento comparativo das estruturas empregadas pelos programas estratégicos das FA, para analisar a pertinência do *framework* proposto e a forma como os programas de obtenção de SD de alta complexidade estão estruturados.

REFERÊNCIAS

- [1] P. J. DOMBROWSKI, E. GHOLZ, A. L. ROSS, Military transformation and the defense industry after next: the defense industrial implications of network-centric warfare. Newport, RI, Naval War College Press, 2003.
- [2] B. S. BLANCHARD, W. J. FABRYCKY, Systems Engineering and Analysis, 5. ed. Essex, UK, Pearson Prentice Hall, 2014.
- [3] S. VAJNA, "Products and Product Life Cycle in IDE". In: S. VAJNA, Eds., Integrated Design Engineering, Cham, CH, Springer International Publishing, 2020. p. 81–104.
- [4] C. LARMAN, V. R. BASILI, "Iterative and incremental development: A brief history", Computer, v. 36, n. 6, p. 47–56, 2003. DOI: 10.1109/MC.2003.1204375.
- [5] M. CANCIAN, "Acquisition reform: It's not as easy as it seems", Acquisition Review Quarterly, p. 189–198, julho, 1995.
- [6] F. MEUNIER, Dual Innovation Systems, London, UK, ISTE, 2020.
- [7] D. D. WALDEN, G. J. ROEDLER, K. J. FORSBURG, *et al.*, INCOSE Systems Engineering Handbook, 4. ed. San Diego, CA, John Wiley & Sons, 2015.
- [8] B. FERDOWSI, Product Development Strategies in Evolutionary Acquisition, p. 1–196. Cambridge, MA, Massachusetts Institute of Technology, 2003.
- [9] UNITED STATES. DEPARTMENT OF DEFENSE, Integrated Product and Process Development Handbook, Washington, DC, 1998.
- [10] C. L. ROE, "Test and Evaluation as an Integrated Process in IPPD Efforts", INCOSE International Symposium, v. 9, n. 1, p. 1550–1554, 1999. DOI: 10.1002/J.2334-5837.1999.TB00345.X.
- [11] P. BARBAROUX, Disruptive Technology and Defence Innovation Ecosystems. London, UK, ISTE, 2019.
- [12] UNITED STATES. DEPARTMENT OF DEFENSE, Systems Engineering Guidebook, Washington, DC, 2022.
- [13] I. FAULCONBRIDGE, M. J. RYAN, System Engineering Practices, Argos Press, 2018.
- [14] J. HOLT, Systems Engineering Demystified. Mumbai, IN, Packt Publishing, 2021.
- [15] ISO/IEC/IEEE 15288. System and software engineering - System life cycle processes. Geneve, CH, International Standards Organization, 2015.
- [16] H. BUCUR-MARCU, P. FLURI, T. TAGAREV, Defence Management: An Introduction, Geneva, CH, DCAF, 2009.
- [17] G. S. PARNELL, P. J. DRISCOLL, D. L. HENDERSON, Decision Making in Systems Engineering and Management, 2. ed., Hoboken, NJ, John Wiley & Sons, 2011.
- [18] A. P. SAGE, W. B. ROUSE, Handbook of Systems Engineering and Management, 2. ed., Hoboken, NJ, John Wiley & Sons, 2009.
- [19] ISO/IEC/IEEE 24748-1. Systems and software engineering - Life cycle management - Part 1: Guidelines for life cycle management, Geneve, CH, International Standards Organization, 2018.
- [20] D. R. VIEIRA, A. BOURAS, D. DEBAECKER, Gestão de projeto do produto. Rio de Janeiro RJ, Elsevier, 2013.
- [21] A. ESTRUCH, C. VILA, H. R. SILLER, *et al.*, "Enabling Innovative Concurrent Engineering and Collaborative Manufacturing in Extended Enterprises". Anais [...] Lisboa, PT, IEEE, 2008. p. 1–8.
- [22] H. EISNER, Essentials of project and systems engineering management, 2. ed., New York, NY, John Wiley & Sons, 2002.
- [23] B. BROWN, Introduction to Defense Acquisition Management. Fort Belvoir, VA, Defense Acquisition University, 2010.
- [24] J. P. T. MO, C. BIL, A. SINHA, Engineering systems acquisition and support. Cambridge, UK, Woodhead, 2015.
- [25] A. VARANDAS JÚNIOR, E. S. ZANCUL, P. A. C. MIGUEL, "New product development: examining its evolution and the introduction of environmental issues", Product: Management & Development, v. 15, n. 1, p. 8–19, 2017. DOI: 10.4322/pmd.2017.001.
- [26] R. I. WINNER, J. P. PENNELL, H. E. BERTRAND, *et al.*, The role of concurrent engineering in weapon system acquisition - IDA Report R-338, Alexandria, VA, Institute for Defence Analysis, 1988.
- [27] K. P. LASALA, "R&M in the integrated product development process (military systems)". Anais [...] Orlando, FL, IEEE, 1991, p. 551–558. DOI: 10.1109/ARMS.1991.154497.
- [28] R. D. S. BOLAÑOS, S. C. M. BARBALHO, "Exploring product complexity and prototype lead-times to predict new product development cycle-times", International Journal of Production Economics, v. 235, 2021. DOI: 10.1016/j.ijpe.2021.108077.
- [29] H. ROZENFELD, F. A. FORCELLINI, D. C. AMARAL, *et al.*, Gestão de desenvolvimento de produtos. São Paulo, SP, Saraiva, 2006.
- [30] P. J. COMONATION, D. R. UTLEY, R. L. ARMACOST, "Prioritizing components of concurrent engineering programs to support new product development", Systems Engineering, v. 2, n. 3, p. 129–186, 1999. DOI: 10.1002/(SICI)1520-6858(1999)2:3<168.
- [31] H. SILLITTO, J. MARTIN, R. GRIEGO, *et al.*, "Envisioning Systems Engineering as a Transdisciplinary Venture", INSIGHT, v. 21, n. 3, p. 52–61, 2018. DOI: 10.1002/INST.12212.
- [32] UNITED STATES. DEPARTMENT OF DEFENSE. DoD Guide to Integrated Product and Process Development, Washington, DC, 1996.
- [33] BRASIL. EXÉRCITO BRASILEIRO. Nota de Coordenação Doutrinária Nr 02/2014: Planejamento Baseado em Capacidades. Brasília, DF, 15 julho 2014.
- [34] J. WHALEN, R. B. WRAY, D. MCKINNEY, INCOSE Systems Engineering Handbook, 2. ed., Seattle, WA, INCOSE, 2004.