



# Fatores Humanos e a Suportabilidade de Sistemas Complexos de Defesa

Matheus Henrique Silva Salmi<sup>1</sup>, Fernando Teixeira Mendes Abrahão<sup>1</sup>, Claudio Roberto Stacheira<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Goiás (UEG), Anápolis/GO – Brasil

**Resumo** — O sucesso de missões e a eficácia da suportabilidade de sistemas complexos de defesa dependem da identificação, planejamento e alocação de vários recursos ao longo do ciclo de vida do sistema. Sua maturidade tem maiores chances de ser atingida caso seja ponderada logo na fase de concepção desses sistemas. Um dos recursos mais importantes são os agentes humanos, já que eles estão presentes em todas as fases do ciclo de vida do sistema. Assim, entende-se que reconhecer e entender a interação de fatores humanos no contexto do ciclo de vida desses sistemas é de extrema importância, especialmente no atual momento brasileiro, diante da implantação de novos sistemas complexos, como o Embraer KC-390, pela Força Aérea Brasileira.

**Palavras-chave** — fatores humanos; sistemas complexos de defesa; suportabilidade de sistemas complexos.

## I. INTRODUÇÃO

A presença de agentes humanos permeia todo o ciclo de vida de sistemas complexos de defesa, estendendo-se desde a fase de concepção até a de descarte [1]. Desse modo, é natural a necessidade de identificar, planejar e alocar recursos humanos para cada fase do ciclo de vida [2].

Fatores humanos influenciam fortemente a capacidade de manutenção e suportabilidade de sistemas complexos de defesa e, devem, também, influenciar seu design.

Tanto as limitações naturais humanas quanto as de competências são fatores importantes no planejamento desses sistemas, uma vez que elas influenciam fatores como tamanho de equipe, recursos necessários para manutenção, o ambiente de suportabilidade de tais sistemas e até mesmo sua capacidade de completar missões [2].

## II. MÉTODO CIENTÍFICO

Método científico baseado em abordagem exploratória, utilizando literatura científica de referência sobre engenharia logística e o tema fatores humanos na suportabilidade de sistemas complexos de defesa. Foi utilizada técnica de revisão narrativa de literatura, contrastando seu conteúdo com as recomendações do documento SX000i, International Specification for Integrated Product Support (IPS), Issue 3.0.

## III. FATORES HUMANOS

### A. Aspectos limitantes de fatores humanos

Dentre os aspectos de limitações fundamentais estão: os ergonômicos, os fisiológicos, os ambientais, os legislativos e, por fim, os de capacitação:

1) Aspectos ergonômicos: pode-se citar todos aqueles essenciais para o contato humano, como por exemplo: dimensões mínimas de maçanetas, alavancas ou portas; iluminação necessária para realização de tarefas; e itens de acessibilidade, tais como, rampas de acesso e escadas. Ainda há os fatores mais específicos que abrangem o design dos equipamentos ou ferramentas, como suas dimensões, peso e a presença de barras de auxílio de carregamento.

2) Aspectos fisiológicos: possuem certa proximidade com os ergonômicos, mas, desta vez, orientam acerca das individualidades humanas. Eles tratam de diferenças corporais como altura, peso e, até mesmo, tamanho das mãos e extensão e grossura dos braços.

3) Aspectos ambientais: esses, por sua vez, são as condições do recinto que afetam, ou melhor, interferem, as atividades humanas, particularmente, condições de temperatura, ventilação, ruídos sonoros, presença de poluentes como poeira e fumaça etc.

4) Limitações legislativas: são o rol de regras específicas de países, como leis de segurança do trabalho, ou ainda, de organizações do setor aeronáutico, como os Regulamentos Brasileiros da Aviação Civil (RBAC), emitidos pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

5) Limitações de capacitação: são todos aqueles que envolvem habilidades e conhecimentos específicos para realização de determinada tarefa. Estão intrinsecamente vinculados com a instrução formal por meio de formação profissional, mas também, são influenciados pelo tempo de experiência profissional do agente.

### B. O ciclo de vida

O ciclo de vida de um sistema complexo pode ser definido em cinco fases, sendo: preparação, desenvolvimento, produção, operação e descarte [2]. A tabela seguinte exemplifica atividades relacionadas a fatores humanos necessárias nas fases do ciclo de vida.

| Fase do ciclo de vida | Atividades de Fatores Humanos  |
|-----------------------|--|
| Preparação            | 1) Definição de tamanho e perfil de equipe; recursos para operação e manutenção;<br>2) Identificação de limitações humanas com foco na execução de atividades operacionais e de manutenção.  |
| Desenvolvimento       | 1) Levantamento de requisitos humanos, em especial, os que relacionam limitações humanas nos aspectos fisiológicos;<br>2) Uso iterativo desses requisitos na elaboração do projeto do sistema.   |
| Produção              | 1) Revisão do projeto a fim de garantir que os protótipos, em manufatura, e o produto final cumpram os requisitos delineados nas fases anteriores.   |
| Operação e Suporte    | 1) Confirmação e eventual iteração nos requisitos de fatores humanos;<br>2) Execução das atividades planejadas de operação e suporte;<br>3) Alocação e utilização dos recursos planejados, humanos ou não, para as atividades de operação e suporte. |
| Descarte              | 1) Identificação dos recursos necessários para cumprir requisitos do processo de descarte;<br>2) Levantamento com foco em limitações humanas no aspecto fisiológico e preocupação com questões de saúde e segurança do agente humano.                |

## C. Os elementos IPS

Em adição às fases do ciclo de vida de sistemas complexos, há também os elementos do suporte integrado ao produto (IPS, no inglês). Sumariamente, esses doze elementos descrevem as atividades necessárias para se planejar a suportabilidade de um determinado sistema complexo [2]. Aliados às fases do ciclo de vida, há, então, um roteiro importante das atividades primordiais para desenvolver um sistema com foco em suportabilidade. A seguir, há uma breve descrição de cada um dos elementos IPS [2][3][4]:

1) Manutenção: envolve conceitos e requisitos de manutenção a fim de garantir alto grau de disponibilidade do sistema a um custo baixo.

2) Suporte de suprimentos: ações de gerenciamento com objetivo de adquirir e catalogar peças de reparo a fim de apoiar o mantenedor a um menor custo possível.

3) Mão de obra e pessoal: identifica, planeja e requisita o pessoal com habilidades necessárias para executar as atividades necessárias para garantir a disponibilidade do sistema para missões.

4) Treinamento: treinamento do pessoal para maximizar a eficácia da estratégia da frota de sistemas complexos.

5) Recursos computacionais: envolve máquinas, programas, documentação e pessoal necessário para manutenção desses recursos.

6) Dados técnicos: ações para identificar, adquirir ou desenvolver informações para operar, realizar manutenção e treinamento a fim de maximizar a eficácia, segurança e disponibilidade do sistema complexo.

7) Equipamentos de suporte: atividades de gestão para adquirir e dar suporte aos equipamentos necessários para suportabilidade do sistema complexo.

8) Instalações e infraestrutura: instalações que permitem treinamento de pessoal, execução de atividades de manutenção e armazenamento de peças de reposição a fim de atender o sistema complexo.

9) Embalagem, manuseio, armazenamento e transporte (PHS&T): ações relacionadas a embalagem, preservação, manuseio, armazenamento e transporte de itens e equipamentos.

10) Interface de projeto: participa da engenharia do projeto desde o início até o fim do ciclo de vida a fim de buscar maximizar a disponibilidade e suportabilidade do sistema.

11) Engenharia de sustentação: ações que visam garantir a operação e manutenção de um sistema complexo.

12) Gerenciamento de suporte ao produto: ações de planejamento de custo de alocação de recursos durante todo o ciclo de vida do sistema.

Considerando os elementos mencionados, é possível perceber que além de eles serem aplicados em todas as fases do ciclo de vida, os fatores humanos são intrínsecos e impactam cada um deles.

Como exemplo, é possível citar que as limitações de aspectos ergonômicos e fisiológicos impactam diretamente a fase de preparação, desenvolvimento e produção do ciclo de vida. Já as limitações de aspectos ambientais se relacionam com o elemento IPS "Instalações e Infraestrutura". Por outro lado, as de aspectos de competências estão pertinentes aos elementos IPS "Treinamento" e "Mão de Obra e Pessoal".

## III. O EMBRAER KC-390

Em meados de 2005, a Força Aérea Brasileira (FAB) deu início a um projeto ambicioso de criar uma nova aeronave militar do tipo cargueiro. Das várias qualidades da nova aeronave, vale ressaltar, em especial, seus aspectos tecnológicos. Há um software, desenvolvido pela própria Embraer, responsável por integrar os sistemas importantes da aeronave, como comandos de voo, aviônica e o computador de missão. Os programas utilizados auxiliam o piloto, reduzindo o trabalho manual e ampliando a eficiência da missão.

## IV. CONCLUSÃO

Os aspectos inovadores advindos com o novo avião cargueiro KC-390 podem demandar uma nova forma de realizar o planejamento logístico integrado.

Em vista disso, e considerando todo o exposto pela literatura referenciada, percebe-se a oportunidade de pesquisa e desenvolvimento de soluções para o seguinte problema: como adequar as capacidades profissionais, de agentes humanos, necessárias à suportabilidade do KC-390, em fase de operação, dadas suas inovações sistêmicas e tecnológicas?

## REFERÊNCIAS

1. AEROSPACE AND DEFENCE INDUSTRIES ASSOCIATION OF EUROPE (ASD); 3.0.pdf>. Acesso em 22 jun. 2022.
2. AEROSPACE AND DEFENCE INDUSTRIES ASSOCIATION OF EUROPE (ASD); 3.0.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2022.
3. ABRAHÃO, FTM et al. Development of the AeroLogLabTOOL. XIX Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística Marinha, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/spolm/sites/www.marinha.mil.br/spolm/files/DEVELOPMENT%20OF%20THE%20AEROLOGLABTOOL.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2022.
4. DEFENSE ACQUISITION UNIVERSITY. Integrated Product Support (IPS) Element Guidebook. 2022. Disponível em: <https://www.dau.edu/tools/t/Integrated-Product-Support-(IPS)-Element-Guidebook->. Acesso em: 23 jun. 2022.