

ENGENHARIA DE SISTEMAS DE SISTEMAS APLICADA À PROSPECÇÃO DOS REQUISITOS LOGÍSTICOS E INDUSTRIAIS DO SISTEMA DE ARMAS MA- NUAL PARA AS VIATURAS DA FAMÍLIA GUARANI

Rubem Cruz de Aragão

Diretoria de Fabricação

Av Presidente Vargas, 25, 7º andar – Centro/RJ

aragao.rubem@eb.mil.br

Danielle Souza Bonifácio

Diretoria de Fabricação

Av Presidente Vargas, 25, 7º andar – Centro/RJ

danibonifacio@gmail.com

Cicero R Garcez

Instituto Militar de Engenharia

Praça Gen Tibúrcio, 80 – Urca/RJ

garcez@ime.eb.br

RESUMO

Requisitos Logísticos e Industriais são parte do conjunto de requisitos necessários para a obtenção de qualquer produto. Sua abordagem por meio da Engenharia de Sistemas permite aos usuários uma visão sistêmica, sinérgica e empática do programa em que o sistema em estudo está inserido. Neste trabalho, foram realizados estudos de prospecção dos requisitos Logísticos e Industriais de um Sistema de Armas Manual (SAM), sistema esse integrante da Nova Família de Blindados Sob Rodas GUARANI (NFBR GUARANI), mediante o uso de Diagramas SysML/UML e INCOSE.

Palavra-chave: Requisitos Logísticos 1; Requisitos Industriais 2; Engenharia de Sistemas 3; Sistema de Armas Manual 4; Guarani 5.

ABSTRACT

Logistic and Industrial Requirements are part of the set of requirements required to obtain any product. Its approach through Systems Engineering allows users a systemic, synergistic and empathic view of the program in which the system under study is inserted. In this work, studies were carried out to prospect the Logistic and Industrial requirements of a Manual Weapons System (SAM), a system that is part of the New GUARANI Wheeled Armor Family (NFBR GUARANI), using SysML / UML and INCOSE Diagrams.

Keywords: Logistic Requirements 1; Industrial Requirements 2; Systems Engineering 3; Manual Weapon System 4; Guarani 5.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por objetivo a Prospecção dos Requisitos Logísticos e Industriais (RLI) do Sistema de Armas Manual (SAM) do Programa Estratégico do Exército GUARANI para fabricação no Arsenal de Guerra do Rio (AGR), sob a ótica da Engenharia de Sistema de Sistemas (ESS).

Para a elaboração deste trabalho foi necessário realizar uma análise do contexto do Programa Guarani, buscando dados e informações relevantes sobre os requisitos dos *stakeholders*, sua análise, bem como a dos requisitos operacionais do SAM e os consequentes requisitos logísticos e industriais.

Na sequência, foi feita uma revisão da metodologia da ESS com o intuito de familiarizar-se com suas ferramentas e identificar que tipos de diagramas poderiam ser aderentes com as demandas do Programa Guarani, de modo geral e ao SAM, de modo específico.

No decorrer dos estudos em comento, foram percebidas o quão valioso é a ESS no sentido de revelar muitas lacunas do Programa Guarani e que poderiam ser evitadas se sua metodologia tivesse sido aplicada desde o início.

É bastante encorajador para a ESS ter sua metodologia utilizada pela maior potência militar da atualidade. Os Estados Unidos da América (EUA), por meio do seu Departamento de Defesa (*Department of Defense – DoD*), elaborou o *Defense Acquisition Guidebook (DAG)*, em que delineia todo o processo de aquisições de Produtos de Defesa (PRODE) Norte-americanos, utilizando a Engenharia de Sistemas como ferramenta base, dedicando o Capítulo 3 inteiramente a ele.

Apenas como exemplo da importância dada à ESS, todo o programa de desenvolvimento de algum PRODE deve obedecer ao preconizado no DAG e, particularmente, elaborar o *System Engineering Plan (SEP)*, ou Plano de Engenharia de Sistema. Esse documento obriga o Gerente do Programa a conduzir todas as fases do Programa de acordo com os princípios e as ferramentas da ESS.

Essa referência permitiu identificar diversas lacunas no Programa Guarani que serão expostas no decorrer deste trabalho.

2. DIAGRAMAS APLICADOS AOS REQUISITOS LOGÍSTICOS E INDUSTRIAIS

O desenvolvimento deste trabalho foi feito em duas etapas: criação dos diagramas de contexto e criação dos diagramas domínio.

Os diagramas de contexto usados neste trabalho são: SIMILAR, EAP, Diagrama de blocos e GANTT. E os diagramas de domínio utilizados foram os diagramas de requisitos para os requisitos logísticos e para os requisitos industriais.

2.1. DIAGRAMAS DE CONTEXTO

O Diagrama SIMILAR, promovido pelo INCOSE mostra as etapas de apresentação do problema, investigação de alternativas, modelagem do sistema, integração, iniciação do sistema, avaliação do desempenho e reavaliação ligada à todas as etapas.

A etapa de apresentação do problema foi definida pela da Demanda da Diretoria de Fabricação como sendo a necessidade de se obter os requisitos logísticos industriais para um Sistema de Armas Manual para as viaturas desenvolvidas.

A investigação das alternativas foi dividida em duas partes: forma de obtenção e modelo de proteção balística. A forma de obtenção baseou-se nas escolhas dentre as opções de obtenção do Sistemas de Armas, a saber: nacionalização, aquisição e fabricação. Para este

estudo, optou-se pela forma de obtenção como sendo a fabricação pelo AGR já que esta é a opção de maior valor agregado para os estudos de requisitos logísticos industriais. As alternativas para o modelo de proteção foram: proteção frontal, proteção frontal e lateral e proteção frontal, lateral e superior. Optou-se pela proteção completa, qual seja, proteção frontal, lateral e superior.

A modelagem do sistema consistiu em se obter os desdobramentos dos requisitos. A EAP e os diagramas de domínios foram os resultados desta etapa.

As demais etapas do diagrama só se permitem a realização após execução a materialização do objeto estudado. A proposta de fabricação pelo AGR é apenas uma expectativa que não será viabilizada no corrente ano. Sendo assim, as etapas de integração e implementação ficam prejudicadas já que não se possui o objeto de estudo de forma concreta.

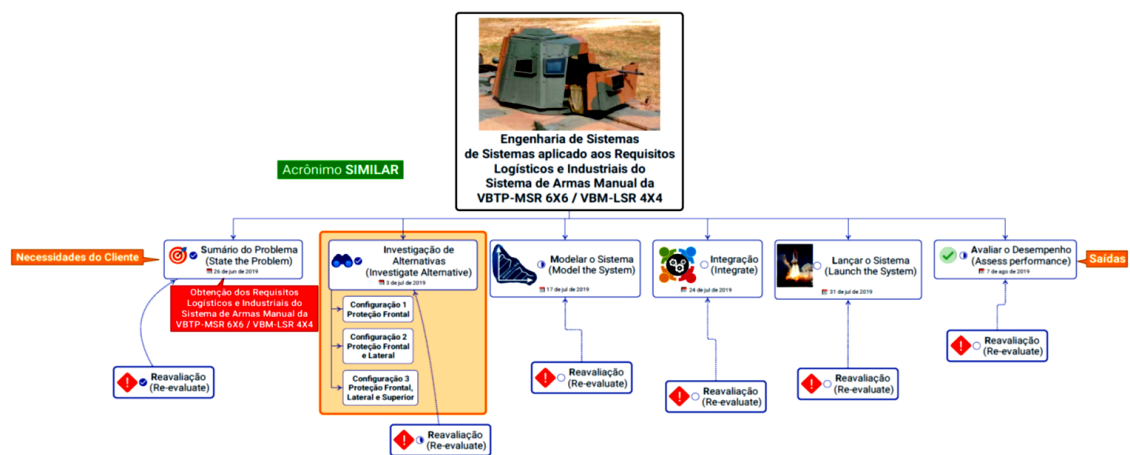
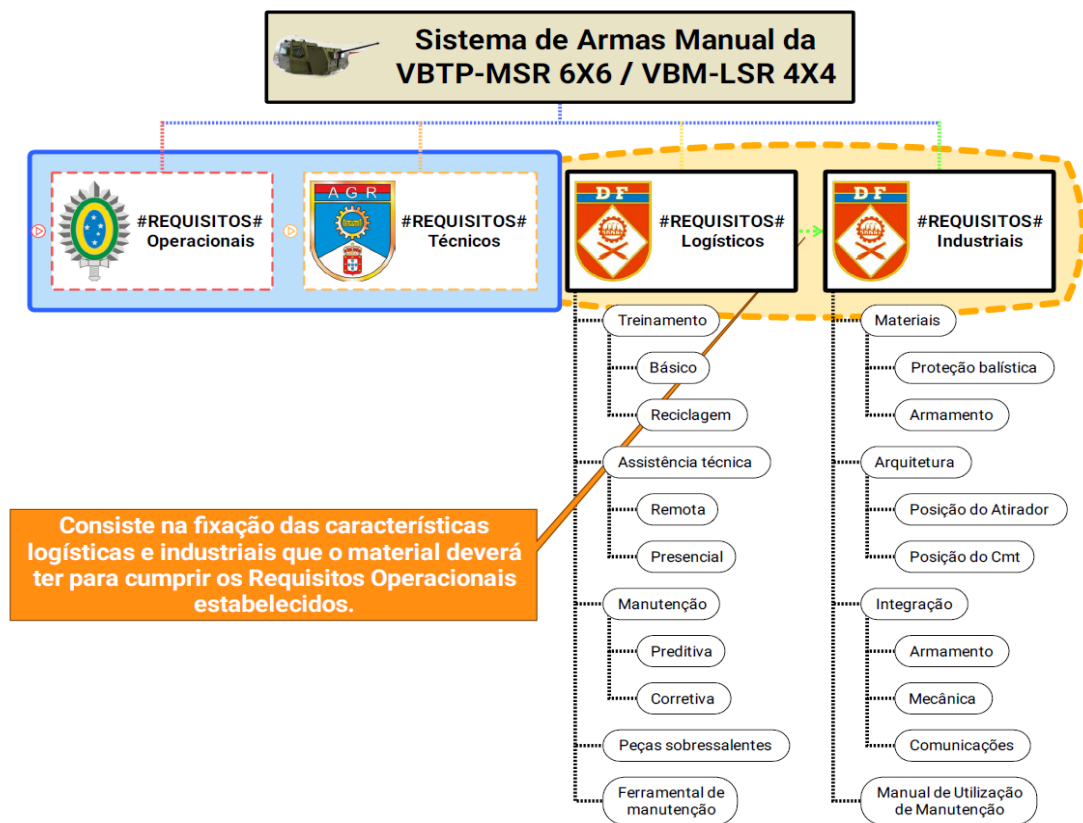


Diagrama SIMILAR

A EAP do trabalho mostra os grandes grupos de atividades e conhecimentos a serem inseridos na definição dos requisitos logísticos e industriais, de forma interligada e hierárquica dentro de cada categoria. A figura abaixo mostra como ficou a EAP para este trabalho.



EAP para os Requisitos Logísticos e Industriais

O modelo de diagrama de blocos utilizado mostra as ligações do objeto de estudo com os *stakeholders* e ainda como funciona o fluxo de informações e quais as entregas entre eles. A figura abaixo mostra o objeto de estudo – Sistemas de Armas Manual – no centro do diagrama. Ele recebe do Escritórios de Projetos do Exército (EPEX) a definição dos requisitos operacionais e Técnicos já elencando. O Arsenal de Guerra do Rio (AGR) incorpora dados e informações ao projeto e a Diretoria de Fabricação realiza a orientação do trabalho. A saída (ou entrega) desse sistema são exatamente os Requisitos Logísticos Industriais para fabricação do Sistema de Armas Manual pelo AGR.

O diagrama de GANTT utilizado contribui para o acompanhamento da execução do trabalho e a divisão de tarefas do grupo de estudo. Cada etapa é demarcada por período de tempo e responsável, assim é possível acompanhar a progressividade de andamento de cada etapa. A mostra o diagrama na etapa intermediária do trabalho.

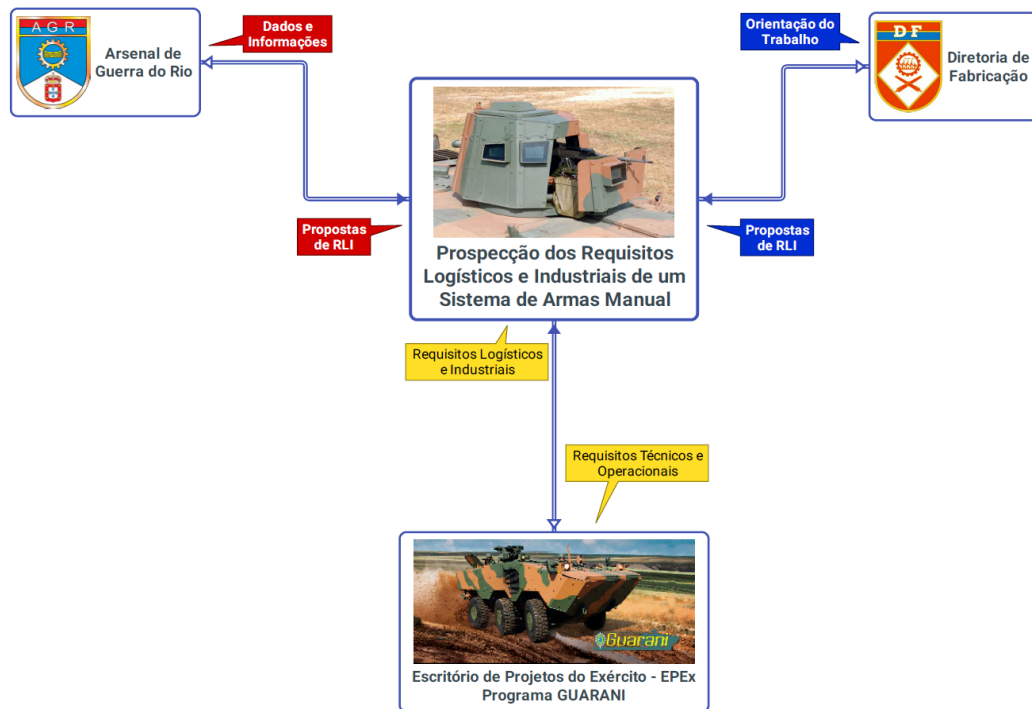


Diagrama de Blocos

O diagrama de GANTT utilizado contribui para o acompanhamento da execução do trabalho e a divisão de tarefas do grupo de estudo. Cada etapa é demarcada por período de tempo e responsável, assim é possível acompanhar a progressividade de andamento de cada etapa. A figura abaixo mostra o diagrama na etapa intermediária do trabalho.

Cronograma de Trabalho para a Obtenção dos RLI do Sistema de Armas Manual do Programa GUARANI

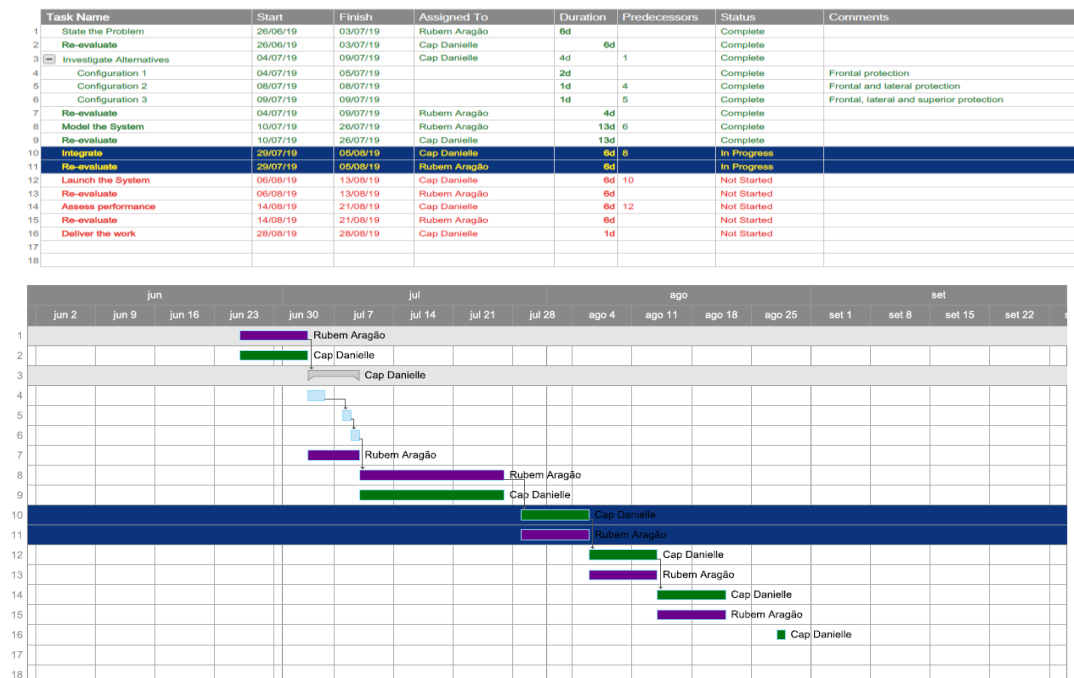


Diagrama de GANTT

O Diagrama de GANTT foi dividido em duas partes devido à sua extensão horizontal. Esta extensão é o retrato do calendário de execução da atividade.

2.2. DIAGRAMAS DE DOMÍNIO

Os diagramas de domínio utilizados foram os Diagramas de Requisitos do SysML, na sua forma padrão e na sua forma tabular.

Há uma sequência de confecção de requisitos dada pela seguinte ordem: operacionais, técnicos, logísticos e industriais. Não há uma hierarquia entre eles, apenas uma ordem de surgimento, já que os requisitos técnicos, logísticos e industriais advêm dos requisitos operacionais.

Para o Sistema de Armas Manual, os requisitos operacionais foram definidos no rol de requisitos operacionais da viatura. A Tabela **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra os requisitos operacionais do Sistema de Armas Manual.

Tabela **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

ID	REQUISITO OPERACIONAL
ROA 46-1	Possuir torre com movimento horizontal com acionamento assistido de $n \times 360^\circ$ (trezentos e sessenta graus), guarnecida por dois homens (comandante e atirador), com mecanismo de segurança em caso de falha do mesmo.
ROA 46-2	
ROA 49	Possuir na torre, como armamento secundário, uma metralhadora 7,62x51mm (sete vírgula sessenta e dois por cinquenta e um milímetros) coaxial.
ROD 7	Possuir na torre, como armamento secundário, uma metralhadora 7,62x51mm (sete vírgula sessenta e dois por cinquenta e um milímetros) para o comandante do carro.
ROD 15-1	Possuir, na torre, periscópios de visão diurna para o comandante da viatura e para o atirador.
ROD 15-2	

Destes requisitos operacionais foram obtidos a listagem geral de requisitos logísticos e requisitos industriais. A Tabela **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra o elenco de requisitos e o detalhamento de cada grupo.

Tabela **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Requisitos logísticos	Treinamento	Básico	Na indústria, para qualquer projeto vendido é necessário que haja a previsão de treinamento da equipe usuária e de manutenção. Há sempre a previsão de treinamentos iniciais para apresentação do novo projeto, como treinamento de reciclagem para eliminação de vícios de uso.
		Reciclagem	
	Assistência Técnica	Remota	A parte de assistência técnica é fundamental no pós-venda de um projeto novo. A assistência remota é usada inicialmente para se entender a dificuldade do detentor do projeto. A dificuldade pode ser de uso ou de manutenção. Entendida esta dificuldade ela pode ser resolvida por um simples contato telefônico, de vídeo ou até mesmo por interferência remota de rede. Caso não seja possível resolver o problema por nenhum dos meios remotamente, aciona-se a assistência técnica presencial. A assistência técnica remota é sempre a mais indicada devido ao baixo custo desembolsado.
		Presencial	
	Manutenção	Preditiva	A manutenção de qualquer equipamento mecânico se dá de forma preditiva, quando há o planejamento para a troca periódica de peças e revisão do funcionamento, ou então de forma corretiva que pode ocorrer por mau uso do equipamento, falta de manutenção preditiva ou então por defeito de fabricação. Ambas as manutenções devem estar previstas durante a vida útil do equipamento.
		Corretiva	
	Peças sobressalentes	-	As peças sobressalentes são os materiais indispensáveis

			para a manutenção e utilização pelo usuário final. Todo equipamento deve fornecer a lista de peças sobressalentes e sua forma de substituição.
	Ferramental de manutenção	-	Cada equipamento possui sua arquitetura própria, sendo assim, os ferramentais de mercado podem não ser suficientes para que haja a intervenção adequada no equipamento. A empresa fabricante deve fornecer, juntamente com as peças sobressalentes, todos os ferramentais não comerciais necessários para uma intervenção no equipamento.
Requisitos Industriais	Materiais	Proteção Balística	A fabricação deste MEM é iniciada a partir dos requisitos operacionais definidos primariamente. A definição dos materiais a serem obtidos na indústria para alcance do que é pedido nos requisitos operacionais é o primeiro passo para o início da fabricação.
		Armamento	
	Arquitetura	Posição do atirador	Conforme imposição dos requisitos operacionais, há a necessidade de prever local para o atirador e o comandante da viatura dentro do sistema de armas manual.
		Posição do Comandante	
	Integração	Armamento	Como trata-se de uma plataforma única, os sistemas nela empregados precisam-se comunicar-se perfeitamente.
		Mecânica	
		Comunicações	
	Manual de Utilização e Manutenção	-	Este item é indispensável ao final da fabricação do equipamento. Já que este documento é o que ficará registrado todos os dados do equipamento, a forma de manutenção e a forma de utilização.

Os requisitos logísticos na sua forma tabular estão representados pela Tabela Requisitos Logísticos do Sistemas de Armas Manual.

Tabela Requisitos Logísticos do Sistemas de Armas Manual

ID	REQUISITO LOGÍSTICO	DESCRIÇÃO	REQUISITO DERIVADO	DERIVADO DE REQUISITO	CONTENÇÃO REQUISITO
Log01	Treinamento Básico	O AGR deve prover treinamento básico inicial de operação e manutenção	Log02		
Log02	Treinamento Reciclagem	O AGR deve prover treinamento de reciclagem de operação e manutenção		Log01	
Log03	Assistência Técnica Remota	O AGR deve prestar Assistência Técnica Remota quando acionado pelo usuário	Log04	Log01	Log01
Log04	Assistência Técnica Presencial	O AGR deve prestar Assistência Técnica Presencial quando a assistência remota não for suficiente		Log03	
Log05	Peças Sobressalentes	O AGR deve garantir o fornecimento de peças por no mínimo 10 anos	Log07; Log08		
Log06	Ferramental de Manutenção	O AGR deve fornecer 1 kit ferramental de manutenção para cada SAM	Log07; Log08		
Log07	Manutenção Preditiva	O AGR deve ser manter um programa de manutenção preditiva do sistema			Log05; Log06
Log08	Manutenção Corretiva	O AGR deve ser manter equipe pronta para realização de manutenção corretiva, quando acionado			Log05; Log06

Da mesma forma, os requisitos industriais foram obtidos tendo como partida os requisitos operacionais definidos e são representados de forma tabular pela Tabela. **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

TabelaErro! Fonte de referência não encontrada..

ID	REQUISITO INDUSTRIAL	DESCRIÇÃO	REQUISITO DERIVADO	DERIVADO DE REQUISITO	CONTENÇÃO REQUISITO
Ind01	Materiais: proteção balística	O AGR deve construir o SAM com proteção balística para .50 e 7,62			
Ind02	Materiais: armamento	O AGR deve construir o SAM com local para armamento fixo	Ind01		
Ind03	Arquitetura: posição do atirador	O AGR deve desenhar o o SAM de modo a permitir um homem de estatura média de 180cm como atirador	Ind04		Ind04
Ind04	Arquitetura: Posição do Cmt	O AGR deve desenhar o SAM de modo a permitir um homem de estatura média de 180cm como Cmt na cabine com o atirador		Ind03	Ind03
Ind05	Integração: Armamento	O AGR deve realizar a integração do armamento com a arquitetura do SAM			Ind06; Ind07
Ind06	Integração: Mecânica	O AGR deve realizar a integração mecânica da torre à plataforma e do armamento ao SAM			Ind05; Ind07
Ind07	Integração: Comunicações	O AGR deve ser manter um sistema de comunicação entre o atirador, Cmt e motorista			Ind05; Ind06
Ind08	Incorporação de periscópio	O AGR deve ser posicionar um periscópio de visão diurna para o atirador e o Cmt			
Ind09	Manual do Usuário e de Manutenções	O AGR deve fornecer o manual do usuário e de manutenções para cada SAM fabricado			Ind01 a Ind08

A forma tabular é uma das formas de apresentação dos requisitos. Foi escolhida para confecção primeiramente devido à sua facilidade de visualização macro das sintaxes dos requisitos e a ligação entre eles. Porém, as representações dos requisitos também foram feitas através da forma padrão, através do diagrama de requisitos mostrados nas figuras abaixo.

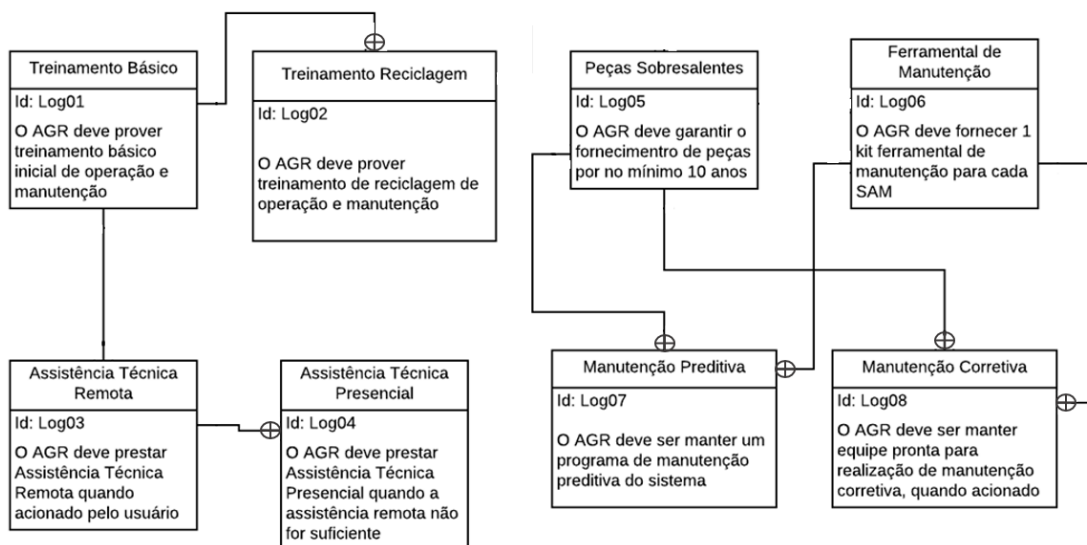


Diagrama de Requisitos Logísticos do Sistema de Armas Manual

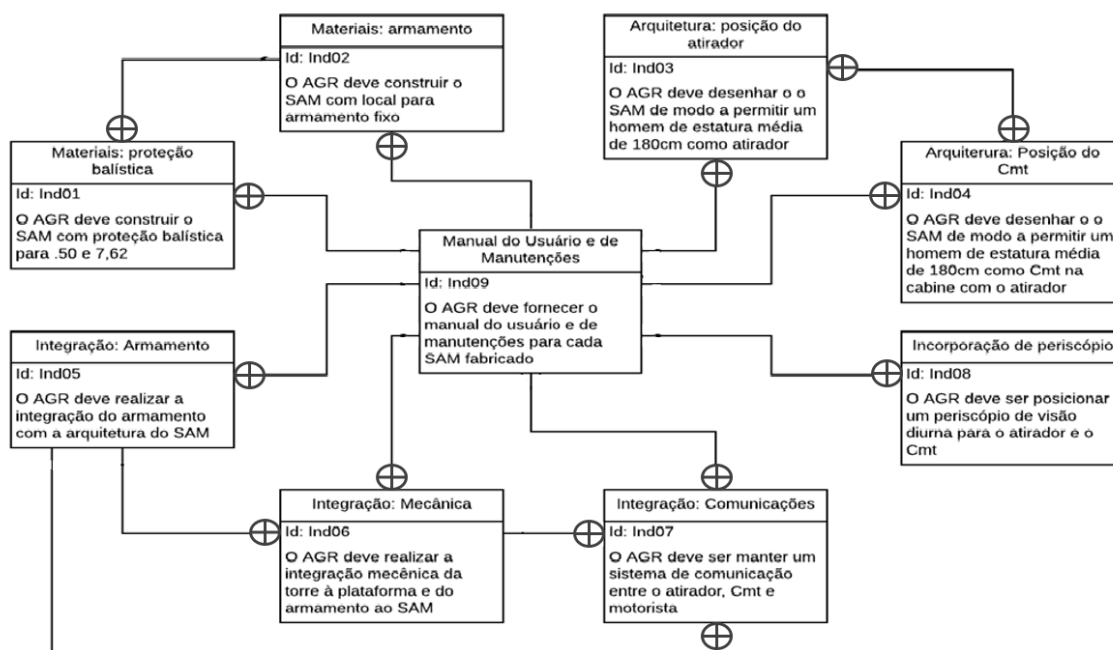


Diagrama de Requisitos Industriais do Sistema de Armas Manual

3. CONCLUSÃO

A ESS se mostrou uma ferramenta extremamente apropriada e que já deveria estar em uso no âmbito do Exército Brasileiro, especialmente nos seus processos de aquisições de sistemas complexos, como no caso do Programa GUARANI. Seu estudo permitiu observar lacunas relevantes como a aquisição em separado de sistemas como os de Comando e Controle e o Sistema de Armas Manual; a aquisição de 03 (três) sistemas distintos de armas (automatizado

e manual), o que pode ser considerado como um fator de dificuldade logística; a ausência de gestão de riscos, o que pode ser visto como uma dificuldade significativa na gestão do Programa pelo Gerente do Programa, uma vez que todo o sistema é afetado direta ou indiretamente como no caso da forte restrição orçamentária que ensejou severas alterações no escopo do Programa.

A visão sistêmica proporcionada pela ESS garante ao Gerente do Programa e aos Stakeholders uma possibilidade de alcançar sucesso superior a outras metodologias e precisa, salvo melhor juízo, ser introduzida nos programas de aquisições da Força, nos programas e projetos de desenvolvimento de PRODE, nos processos de aquisições, nos sistemas de fabricação e mesmo em sistemas de garantia da qualidade.

Este trabalho mostrou de forma preliminar como a ESS pode ser usada para a definição dos requisitos logísticos industriais para a definição de requisitos para SMEM. Apesar da abordagem ter sido de forma prospectiva, já é possível utilizar estes grandes temas para os trabalhos em andamento da Diretoria de Fabricação.

O processo de sete tarefas proposto pelo INCOSE, definido inicialmente, é uma excelente representação da engenharia de sistemas como é atualmente praticada e deve servir para evitar a maioria dos problemas que têm atormentado o desenvolvimento de sistemas grandes e complexos no passado.

- Entenda todo o problema antes de tentar resolvê-lo;
- Traduzir o problema em requisitos mensuráveis;
- Examine todas as alternativas viáveis antes de selecionar uma solução;
- Certificar-se de considerar o ciclo de vida total do sistema. O conceito do nascimento até a morte se estende à manutenção, substituição e descomissionamento. Se isso não for considerado nas outras tarefas, os principais custos do ciclo de vida podem ser ignorados;
- Certificar-se de testar o sistema total antes de entregá-lo;
- Documente tudo.

No entanto, para avançar como uma disciplina e como uma profissão, a engenharia de sistemas deve crescer da minimização de problemas para a otimização do projeto pela integração dessas tarefas em uma teoria mais unificada. Elementos dessa teoria incluem o gerenciamento quantitativo de riscos, o projeto baseado em decisões e o gerenciamento de modelos matemáticos multidimensionais. À medida que o campo avança nessas e em direções similares, ganhará respeito adicional pela indústria, governo e academia.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] JUSTO, Andreia Silva. In: **EAP (Estrutura Analítica do Projeto): o que é, como fazer e qual a diferença entre EAP e Cronograma**. 11 dez. 2018. Disponível em: <https://www.euax.com.br/2018/12/eap-estrutura-analitica-projeto/>. Acesso em: 22 ago. 2019.

- [2] LEÃO, Thiago. In: NOMUS (Rio de Janeiro). **Gráfico de Gantt: o que é, como funciona e como montar o seu**. Rio de Janeiro: 13 jun. 2019. Disponível em: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/grafico-de-gantt/>. Acesso em: 19 ago. 2019.

- [3] DIAGRAMA de bloco. 6 ago. 2016. Disponível em: https://www.conhecimentogeral.inf.br/diagrama_de_bloco/. Acesso em: 23 ago. 2019.

- [4] GOVERNO EUA (Virginia). Defense Acquisition University. **DEFENSE ACQUISITION GUIDEBOOK**. 2. 25 set. 2017. Disponível em: <https://www.dau.edu/>. Acesso em: 12 ago. 2019.

- [5] SMARTSHEET: Plataforma de execução de trabalhos baseada em nuvem. Versão 1.3.9. Bellevue, Washington: Mark Mader, 2005. Disponível em: <https://app.smartsheet.com/new>. Acesso em: 7 ago. 2019.

- [6] LUCIDCHART: Todd McKinnon, Disponível em: <https://www.lucidchart.com/pages/home?noHomepageRedirect=true>. Acesso em: 7 ago. 2019.

- [7] SIMPLEMIND. Disponível em: <https://simplemind.eu/>. Acesso em: 14 ago. 2019.

- [8] INCOSE. SysML Modeling Language, 2006.

- [9] SysML Open Source Project. SysML open source - Project index page.