

ANDRÉ LUÍS DE ALMEIDA CÔRTEZ

**UMA ABORDAGEM PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE
INFORMAÇÃO PARA PROJETO, IMPLANTAÇÃO E GERÊNCIA DE CADEIAS
LOGÍSTICAS DE MANUTENÇÃO DE SISTEMAS TÉCNICOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Produção. Área de Concentração: Sistemas, Apoio à Decisão e Logística.

Orientador: Prof. Eduardo Siqueira Brick, Ph.D.

Niterói
2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ANDRÉ LUÍS DE ALMEIDA CÔRTEZ

**UMA ABORDAGEM PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE
INFORMAÇÃO PARA PROJETO, IMPLANTAÇÃO E GERÊNCIA DE CADEIAS
LOGÍSTICAS DE MANUTENÇÃO DE SISTEMAS TÉCNICOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Produção. Área de Concentração: Sistemas, Apoio à Decisão e Logística.

Aprovada em 19 de dezembro de 2006.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Eduardo Siqueira Brick, Ph.D. – Orientador
Universidade Federal Fluminense

Prof. Heitor Luiz Murat de Meirelles Quintella, D.Sc.
Universidade Federal Fluminense

Prof. Júlio César da Silva Neves, D.Sc.
Instituto Militar de Engenharia

Niterói
2006

AGRADECIMENTOS

Ao professor Eduardo Siqueira Brick pela orientação, incentivo e incansável dedicação durante todo o tempo que trabalhamos juntos.

A minha querida esposa pelo seu amor, compreensão e paciência durante esse período de estudos e trabalho, pelo apoio incondicional e incentivo para permanecer firme nesta jornada.

A meus pais que com seu amor souberam me educar para ser um homem de bem, o que me permitiu ter alcançado este privilégio de poder cursar um mestrado.

A meus irmãos que com sua amizade me ajudaram dando incentivo e algumas vezes me ensinando em algumas disciplinas.

Ao CMG Mendes Pereira pelas conversas que sugeriram idéias para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho objetiva sugerir uma abordagem para o desenvolvimento de sistemas de informação para o projeto, a implantação e a gerência de cadeias logísticas de sistemas técnicos. Aborda, como está estruturada a cadeia logística de sistemas técnicos e como a mesma funciona. Contem um levantamento de diversos padrões internacionais que norteiam o desenvolvimento de sistemas de informação para gerência de produtos (*Product Data Managment* – PDM), mostrando a tendência atual de sistemas que “conversem entre si” para permitir uma maior interoperabilidade entre as bases de dados dos diversos utilizadores de sistemas técnicos de um mesmo ramo de atividade. Utiliza o processo de análise de apoio logístico como uma fonte para sugerir os dados que devem estar contidos nestes sistemas de informação. Com base neste conjunto de dados foi desenvolvida uma modelagem preliminar de um sistema de informação em UML que visa demonstrar como poderia ser desenvolvido o sistema de informação.

Palavras-chaves: logística, sistemas de informação, manutenção.

ABSTRACT

This work aim is to suggest an approach for the development of information systems for the project, deployment and management of maintenance logistics chains. It describes how a technical system logistic chain is structured and works. It contains a survey of several international standards that supports the development of Product Data Managment (PDM) information systems, showing the actual trend of systems that talk to each other in order to allow a better interoperability among of databases of technical systems belonging to the same field of actinty. It uses the logistic support analysis process as a source to suggest the data that must be contained in the information system. Based on this data a preliminary conceptual model was developed using UML, showing how this approach can be used for the development of an information system.

Key words: logistics, information systems, maintenance.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 FORMULAÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA	16
1.2 OBJETIVO	16
1.3 DELIMITAÇÃO	16
1.4 RELEVÂNCIA DO ESTUDO	17
1.5 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO	18
2. CONCEITOS BÁSICOS SOBRE ENGENHARIA DE SISTEMAS TÉCNICOS	19
2.1 ENGENHARIA DE SISTEMAS	19
2.2 FALHAS	28
2.3 LOGÍSTICA	29
2.4 MANUTENÇÃO	32
2.5 MÉTRICAS DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA TÉCNICO E SEU SISTEMA DE APOIO	32
2.5.1 Confiabilidade	33
2.5.2 Manutenibilidade	36
2.5.3 Disponibilidade	39
2.5.4 Apoiabilidade	41
2.6 CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA LOGÍSTICA DE MANUTENÇÃO	42
2.7 APOIO LOGÍSTICO INTEGRADO (<i>Integrated Logistics Support – ILS</i>)	47
2.8 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO (REFERENCIAL TEÓRICO SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO)	49
3. METODOLOGIA	57
3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS DADOS NECESSÁRIOS PARA SE DESENVOLVER UM PROGRAMA DE ANÁLISE DE APOIO LOGÍSTICO	58
3.2 INFRA-ESTRUTURA DE APOIO LOGÍSTICO E DE MANUTENÇÃO (CADEIA LOGÍSTICA DE MANUTENÇÃO) DA MB E DE SUAS AERONAVES	58
3.3 MODELAGEM DAS TRANSAÇÕES TÍPICAS QUE OCORREM NA CADEIA LOGÍSTICA DE MANUTENÇÃO	59
3.4 PADRÕES PARA TROCA DE INFORMAÇÕES LOGÍSTICAS E DE MANUTENÇÃO	59
3.5 MODELAGEM PRELIMINAR DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA PROJETO, IMPLANTAÇÃO E GERÊNCIA DE CADEIAS LOGÍSTICAS DE MANUTENÇÃO	59
4. O PROCESSO DE ANÁLISE DE APOIO LOGÍSTICO	61
4.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROGRAMA – SEÇÃO DE TAREFAS 100	64
4.1.1 Estratégia inicial de análise de apoio logístico – Tarefa 101	64
4.1.2 Plano de análise de AAL – Tarefa 102	65
4.1.3 Revisões do programa e do projeto – Tarefa 103	65
4.2 DEFINIÇÃO DOS SISTEMAS DE MISSÃO E DE APOIO – SEÇÃO DE TAREFAS 200	65
4.2.1 Estudo de uso – TAREFA 201	66
4.2.2 Padronização do sistema de apoio e do hardware e software de missão – Tarefa 202	66
4.2.3 Análise comparativa – Tarefa 203	66

4.2.4 Oportunidades tecnológicas – Tarefa 204	67
4.2.5 Fatores de projeto relacionados à apoiabilidade – Tarefa 205.....	67
4.3 PREPARAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS – SEÇÃO DE TAREFAS 300	68
4.3.1 Identificação de requisitos funcionais – Tarefa 301	68
4.3.2 Alternativas do sistema de apoio – Tarefa 302	70
4.3.3 Avaliação de alternativas e análises de compromisso – Tarefa 303.....	70
4.4 DETERMINAÇÃO DOS REQUISITOS DE RECURSOS DE APOIO LOGÍSTICO – SEÇÃO DE TAREFAS 400	71
4.4.1 Análise de tarefas – Tarefa 401	71
4.5 DADOS LOGÍSTICOS NECESSÁRIOS AO PROCESSO DE AAL.....	75
4.5.1 Análise de modos de falha, efeitos e criticalidade (FMECA - <i>Failure Modes, Effects and Criticality Analysis</i>)	77
4.5.2 Análise de manutenção centrada em confiabilidade (RCM – <i>Reliability-Centered Maintenance analysis</i>).....	77
4.5.3 Análise de tarefas de manutenção (MTA – <i>Maintenance Task Analysis</i>)	78
4.5.4 Análise de nível de reparo (LORA – <i>Level-of-Repair Analysis</i>)	78
4.5.5 Análise de custo de ciclo de vida (LCCA – <i>Life-Cycle Cost Analysis</i>)	78
5. DESCRIÇÃO DA CADEIA LOGÍSTICA DE MANUTENÇÃO DA MB.....	80
5.1 CADEIA LOGÍSTICA DE MANUTENÇÃO DE AERONAVES.....	83
5.1.1 Execução das ações de manutenção pelos esquadrões	83
5.1.2 Execução das ações de manutenção pela BAeNSPA	89
5.1.3 Gerência de suprimentos para a execução das ações de manutenção	90
6. TRANSAÇÕES TÍPICAS DA CADEIA LOGÍSTICA DE MANUTENÇÃO	92
7. PADRÕES PARA TROCA DE INFORMAÇÕES SOBRE SISTEMAS TÉCNICOS (PRINCIPAIS E CAPACITADORES).....	105
7.1 LOGISTIC SUPPORT ANALYSIS RECORD (LSAR)	105
7.1.1 Estrutura do LSAR	107
7.2 PADRÕES ISO	111
7.2.1 A linguagem <i>EXPRESS</i>	118
7.2.2 AP239 – <i>Product Life Cycle Support (PLCS)</i>	118
7.3 PADRÕES GEIA (Government Electronics & Information Technology Association)...	121
7.4 SPEC2000 (“SPEC2000”, 2002).....	122
7.5 OFFSHORE RELIABILITY DATA (“OREDA,” 2005).....	124
8. MODELAGEM CONCEITUAL DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES	125
9. CONCLUSÃO.....	138
9.1 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	139
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140
11. APÊNDICES	143

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de vida de um sistema	20
Figura 2: Os inter-relacionamentos das fases do ciclo de vida no desenvolvimento do sistema.....	21
Figura 3: Produto Finais e Capacitadores.....	22
Figura 4: Conceito de blocos de construção.....	23
Figura 5: Níveis de indentação funcional do sistema	24
Figura 6: Decomposição de um sistema técnico	25
Figura 7: Decomposição do <i>hardware</i> de um sistema técnico utilizando os conceitos de LRU e SRU.....	28
Figura 8: Tempo inoperante de manutenção	38
Figura 9: Cadeia logística de manutenção	44
Figura 10: Fluxos dentro da cadeia logística de manutenção.....	46
Figura 11: Forma de representação de uma Classe em UML.....	52
Figura 12: Representação de Generalização em UML	53
Figura 13: Representação de Associação em UML.....	53
Figura 14: Representação de uma Classe de Associação	54
Figura 15: Representação de Agregação em UML	55
Figura 16: Exemplo de Diagrama de Classes.....	56
Figura 17: Sistemas e fases do ciclo de vida considerados	57
Figura 18: Objetivo da análise de apoio logístico	63
Figura 19: Processo de análise de tarefas	73
Figura 20: Panorama do processo de análise de apoio logístico	76
Figura 21: Fluxograma das ações de manutenção em um Esquadrão de aeronaves da MB (a)	88
Figura 21: Fluxograma das ações de manutenção em um Esquadrão de aeronaves da MB (b)	89
Figura 22: Transações no nível organizacional de manutenção	93
Figura 23: Transações no nível intermediário de manutenção	97
Figura 24: Transações no nível industrial ou <i>depot</i> de manutenção.....	101
Figura 25: Relacionamento entre tabelas do LSAR	109
Figura 26: Princípio do Padrão ISO 10303	114
Figura 27: Modelo de troca de dados para navios	117
Figura 28: Modelo de troca de dados do AP239	120
Figura 29: Modelo de classes para recursos	127
Figura 30: Modelo de classes para atividades	130
Figura 31: Modelo de classes para órgãos.....	131
Figura 32: Modelo de classes para modos de falha	132
Figura 33: Modelo de classes para atividades sobre sistemas	134

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Desdobramento do <i>hardware</i> sistema em níveis	26
Tabela 2: Classificação das partes	27
Tabela 3: Subdisciplinas da Logística	30
Tabela 4: Níveis de Manutenção	43
Tabela 5: Seções de tarefas do processo de AAL.....	63
Tabela 6: Tarefas do processo de AAL	64
Tabela 7: Subtarefas da tarefa 301 do processo de AAL	68
Tabela 8: Escalões de manutenção da MB	82
Tabela 9: Analogia entre Níveis de Manutenção e Escalões de manutenção da MB.....	82
Tabela 10: Conceitos utilizados no processo de manutenção de aeronaves da MB.....	84
Tabela 11: Dados a serem coletados nas Transações no Nível Organizacional de Manutenção.....	93
Tabela 12: Dados a serem coletados nas Transações no Nível Intermediário de Manutenção	98
Tabela 13: Dados a serem coletados nas Transações no Nível <i>Depot</i> ou Industrial de Manutenção	102
Tabela 14: Tabelas por áreas funcionais do LSAR	108
Tabela 15: Estrutura das tabelas do LSAR.....	110
Tabela 16: Principais contribuintes de negócios do AP239	119
Tabela 17: Padrões GEIA	121
Tabela 18: Capítulos do SPEC2000	123
Tabela 19: Relacionamento do Modelo de Classes para recursos com o processo de AAL ..	128
Tabela 20: Relacionamento do Modelo de Classes para Modos de Falha com o processo de AAL	132
Tabela 21: Relacionamento do Modelo de Classes para atividades sobre sistemas com o processo de AAL	134
Tabela 22: Relacionamento da Classe linha de vida de sistema com as transações típicas da Cadeia Logística de Manutenção.....	137

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 01: Função de confiabilidade	34
Equação 02: Função de distribuição acumulada de tempo para falha.....	34
Equação 03: Função densidade de probabilidade.....	35
Equação 04: Probabilidade de um sistema falhar entre dois instantes de tempo t_1 e t_2	35
Equação 05: Função taxa de falha	35
Equação 06: Derivar a função de confiabilidade da função taxa de falha.....	36
Equação 07: Tempo médio até falha	36
Equação 08: Função de distribuição acumulada de tempo para reparo.....	38
Equação 09: <i>Mean time to repair – MTTR</i>	39
Equação 10: Disponibilidade.....	39
Equação 11: Disponibilidade inerente	40
Equação 12: Disponibilidade alcançada	40
Equação 13: Tempo médio entre ações de manutenção	40
Equação 14: Tempo inoperante médio do sistema	40
Equação 15: Disponibilidade operacional	41
Equação 16: Tempo médio para restaurar	41
Equação 17: Função densidade de probabilidade de TTS	42
Equação 18: Valor esperado do tempo para apoiar	42

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AAL	Análise de Apoio Logístico
ALI	Apoio Logístico Integrado
ANV	Aeronave
AP	<i>Application Protocol</i>
ATA	<i>Air Transport Association</i>
BAeNSPA	Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia
CAD	<i>Computer-aided design</i>
CAE	<i>Computer-aided engineering</i>
CAM	<i>Computer-aided manufacturing</i>
CCIM	Centro de Controle de Inventário da Marinha
CLM	<i>Council of Logistics Management</i>
CNE	Comissões Navais no Exterior
COMRJ	Centro de Obtenção da Marinha no Rio de Janeiro
DAbM	Diretoria de Abastecimento da Marinha
DAerM	Diretoria de Aeronáutica da Marinha
DDL	<i>Data Definition Language</i>
DE	Diretoria Especializada
DepNavSPA	Depósito Naval de São Pedro da Aldeia
DEX	<i>Data Exchange Specifications</i>
DGMM	Diretoria-Geral da Marinha
DISPON	<i>Disponibilidade</i>
DOD	<i>Department of Defense</i>
DSMC	<i>Defense Systems Management College</i>
EDM	<i>Enterprise Data Management</i>
EIA	<i>Electronic Industries Alliance</i>
f.d.p.	Função Densidade de Probabilidade
FCR	Folha de Controle de Restrições
FMECA	<i>Failure Mode, Effects and Criticality Analysis</i>
FRV	Folha Registro de Vôo
GEIA	<i>Government Electronics & Information Technology Association</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>

IIDEAS	<i>Integration of Industrial Data for Exchange, Access, and Sharing</i>
ILS	<i>Integrated Logistics Support</i>
INCOSE	<i>International Council on Systems Engineering</i>
ISM	Item Significativo para Manutenção
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
LCCA	<i>Life-Cycle Cost Analysis</i>
LORA	<i>Level-of-Repair Analysis</i>
LRU	<i>Line Replaceable Unit</i>
LSAR	<i>Logistic Support Analysis Record</i>
MANDATE	<i>Industrial manufacturing management data</i>
MB	Marinha do Brasil
MDT	<i>Maintenance delay time</i>
MPMT	<i>Mean preventive maintenance time</i>
MTA	<i>Maintenance Task Analysis</i>
MTBM	<i>Mean time between maintenance</i>
MTR	<i>Mean time to restore</i>
MTTF	<i>Mean time to failure</i>
MTTR	<i>Mean time to repair</i>
MTTS	<i>Mean time to support</i>
NCAAL	Número de Controle de Análise de Apoio Logístico
NFF	<i>No Fault Found</i>
NRTS	<i>Non Repairable This Site</i>
O/S	Ordem de Serviço de Manutenção
OM	Organização Militar
OMPS	Organização Militar Prestadora de Serviço
OREDA	<i>Offshore Reliability Data</i>
P/N	<i>Part Number</i>
PBL	<i>Performance Based Logistics</i>
PDM	<i>Product Data Management</i>
PIM	Pedido Interno de Material
PIT	Papeleta de Informação Técnica
PLCS	<i>Product Life Cycle Support</i>
PLIB	<i>Parts library</i>

PLN	Divisão de Planejamento e Controle
PPU	Paio de Pronto Uso
PROGEM	Programa Geral de Manutenção
PS	Pedido de Serviço
RCM	<i>Reliability-Centered Maintenance</i>
RIP	<i>Repair in Place</i>
RMC	Requisição de Material para Consumo
S/N	<i>Serial Number</i>
SAbM	Sistema de Abastecimento da Marinha
SDT	<i>Supply delay time</i>
SGM	Secretaria-Geral da Marinha
SINGRA	Sistema de Informações Gerenciais de Abastecimento
SMP	Sistema de Manutenção Planejada
SOS	Solicitação de Ordem de Serviço
SPOLM	Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha
SRU	<i>Shop Replaceable Unit</i>
STEP	<i>Standard for the Exchange of Product model data</i>
TLSS	<i>Through Life Support Standard</i>
TTS	<i>Time to support</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

1. INTRODUÇÃO

As Forças Armadas necessitam de meios para cumprir sua missão constitucional. Esses meios são sistemas técnicos, geralmente complexos (aviões, navios, radares, veículos blindados etc.) e são utilizados para satisfazer determinadas necessidades operacionais identificadas pelas Forças, provendo-lhes uma determinada capacidade. Essas necessidades operacionais são resultantes de estudos que identificam as possíveis ameaças e os cenários onde as Forças poderão ter que atuar.

Porém, ao longo do tempo, os sistemas em uso podem não satisfazer às novas necessidades operacionais atuais, ou se tornarem demasiadamente onerosos para operar, pois o custo de mantê-los em operação pode crescer desproporcionalmente aos recursos disponíveis.

Existem algumas maneiras destas necessidades operacionais serem atendidas:

- Modificação de um sistema existente.
- Aquisição de um sistema já existente no mercado.
- Projeto e desenvolvimento de um novo sistema.

A partir desta necessidade operacional, tem início, então, o processo de engenharia de sistemas que, segundo o INCOSE (2004, p. 16), “é uma abordagem iterativa para gerência técnica, aquisição e suprimento, projeto de sistema, realização de produto, e avaliação técnica em cada nível do sistema, começando no topo (o nível sistema) e propagando esses processos por uma série de passos que eventualmente vão conduzir à solução do sistema preferida”.

Associado ao processo de engenharia de sistemas do sistema principal (ou de missão principal) está o processo de engenharia dos sistemas capacitadores, que permitirão o desenvolvimento, a fabricação, a operação, o apoio, e o descarte do sistema principal.

Dentre os sistemas enunciados acima, este trabalho dará ênfase ao sistema principal e ao seu sistema de apoio, este último também recebendo a denominação de cadeia logística de manutenção.

Existem métodos e ferramentas de análise para auxiliar o processo de engenharia de sistemas. Estes necessitam de uma grande quantidade de informações para que possam ser utilizados. Entre as fontes de informações possíveis, podem-se utilizar aquelas acumuladas ao longo do período de operação de outro sistema técnico semelhante, existente no inventário da Organização.

Segundo Blanchard (2004, p. 280) “no projeto e desenvolvimento de novos sistemas (ou a reengenharia de sistemas existentes), o projetista é altamente dependente do acesso a dados de campo e de um entendimento do que aconteceu no passado”.

Segundo Jones (1989, p. 18), “o melhor ponto de partida para identificar os fatores dirigentes de custos é a experiência passada. Se o sistema que está sendo projetado substituirá um existente, então o local lógico para procurar os fatores dirigentes de custos do novo sistema é descobrir aqueles do existente”.

No âmbito do Ministério da Defesa do Brasil já se verificam iniciativas no sentido de se coletar e analisar dados dos sistemas técnicos em operação, podendo-se citar o Sistema de Apoio à Decisão Logística da Marinha do Brasil (SPOLM, 2004), cujo propósito é “gerar informações logísticas acerca do aprestamento dos meios, a fim de subsidiar o processo de identificação das ações corretivas e de prioridades necessárias ao sistema de apoio logístico”. No passado também houve iniciativas com objetivo semelhante, como é o caso do sistema DISPON (MINISTÉRIO DA MARINHA, 1984).

É importante, também, ressaltar que o processo de engenharia de sistemas é bastante complexo, devendo levar em conta as varias etapas do ciclo de vida dos sistemas técnicos e seus sistemas capacitadores, bem como os diversos atores que estão envolvidos com a sua especificação, desenvolvimento, construção, operação, manutenção, atualização e desativação. Existe, portanto, um grande problema de interface entre as diversas etapas do processo e entre os diversos atores envolvidos. Ou seja, um grande problema de comunicação entre entidades e integração de atividades, que só pode ser resolvido se existir uma linguagem comum e, também, a disponibilidade de dados que possam ser reutilizados em todas as etapas do processo.

Dessa forma, esse trabalho pretendeu propor uma abordagem para a definição, a coleta, a análise e armazenamento de informações durante as etapas do ciclo de vida de sistemas técnicos, visando a disponibilizar o seu uso para auxiliar na gerência daqueles que já

se encontram em operação, bem como no processo de aquisição, modificação ou projeto e desenvolvimento de futuros sistemas técnicos e seus sistemas capacitadores.

1.1 FORMULAÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

Conforme foi mencionado anteriormente, o processo de engenharia de sistemas é complexo e não existe uma metodologia estruturada e padronizada para a coleta, a análise e armazenamento de informações durante as etapas do ciclo de vida de sistemas técnicos que possibilitem a utilização dos métodos e ferramentas de análise que auxiliam no processo de engenharia de sistemas.

Assim sendo, existe uma real necessidade para uma sistematização, padronização e disponibilização de dados que permitam a integração das atividades relacionadas aos sistemas técnicos ao longo de todas as etapas de seu ciclo de vida: da concepção à desativação.

1.2 OBJETIVO

O objetivo deste estudo é propor uma abordagem para o desenvolvimento de um sistema de informação para auxiliar no processo de engenharia de sistemas técnicos, visando à integração de todas as atividades a eles relacionadas durante as fases de seu ciclo de vida.

Essa abordagem consistirá em:

1. identificar possíveis fontes de dados;
2. identificar dados candidatos a serem considerados no desenvolvimento de um sistema de informações com o fim pretendido;
3. identificar normas e padrões aplicados a sistemas técnicos que podem ser usados; e
4. modelagem conceitual preliminar do sistema de informações sugerido.

1.3 DELIMITAÇÃO

Em virtude da complexidade e amplitude do processo de engenharia de sistemas e da maior facilidade de levantamento de dados, foi dada ênfase ao sistema de missão principal e ao seu sistema de apoio, ao qual foi dada a denominação de cadeia logística de manutenção de sistemas técnicos.

Pelo mesmo motivo (complexidade e abrangência do problema mais geral), este trabalho, também, não especifica um sistema de informação, apenas indica um possível

caminho para o seu desenvolvimento, seguindo os padrões internacionais existentes para o desenvolvimento de tais sistemas voltados para a gerência de dados de produtos.

1.4 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

A metodologia proposta neste trabalho poderá auxiliar a preencher uma lacuna existente no setor de Logística do Ministério da Defesa, no que se refere a uma base de dados integrada que contenha informações relativas aos sistemas técnicos em operação nas Forças Armadas brasileiras.

Além disso, o estudo chama a atenção para o fato de que o desenvolvimento de sistemas de informação para gerência de dados de produto deverá respeitar a tendência atual de uso de padrões internacionais abertos e de uso generalizado pela indústria.

Essa base de dados integrada poderá ser utilizada pelas Forças para auxiliar na gerência do ciclo de vida dos sistemas em operação e no processo de engenharia de sistemas de futuros sistemas.

Entre as diversas aplicações deste sistema de informações, pode-se citar alguns exemplos:

- a) estabelecimento de níveis de estoque para sobressalentes;
- b) cálculo do custo de ciclo de vida dos sistemas técnicos em operação e os futuros;
- c) identificação de áreas para modificações técnicas e reprojeção de engenharia;
- d) estabelecimento do nível adequado de programas de manutenção preventiva.
- e) determinação da melhor alternativa de projeto e desenvolvimento ou aquisição de sistema técnico, sob o ponto de vista da apoiabilidade;
- f) projeto e implementação da cadeia logística de manutenção para um novo sistema técnico que está sendo projetado e desenvolvido, ou adquirido, por uma Força Armada brasileira;
- g) avaliação da cadeia logística de manutenção quanto à eficiência e eficácia ao longo do ciclo de vida deste novo sistema técnico;
- h) gerenciamento da cadeia logística de manutenção, orientando as ações corretivas visando maximizar a disponibilidade e minimizar o custo total do ciclo de vida do sistema técnico; e
- i) avaliação e gerenciamento das estruturas de manutenção já estabelecidas para os sistemas técnicos existentes no acervo das Forças Armadas brasileiras.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

Este trabalho é dividido em 8 capítulos.

No capítulo 1 são apresentados o problema que desencadeou o estudo e sua contextualização, o objetivo desta pesquisa, suas delimitações e relevância.

No capítulo 2 são apresentados e revisados os conceitos básicos relacionados ao apoio logístico e à manutenção de sistemas técnicos.

No capítulo 3 é descrita a metodologia utilizada para se chegar ao objetivo desta pesquisa.

No capítulo 4 são detalhados os procedimentos para a condução de uma análise de apoio logístico para um sistema técnico que está sendo projetado e desenvolvido, ou adquirido, com o intuito de se verificar qual o conjunto de informações necessárias para realizar com êxito tal tarefa.

No capítulo 5 é descrita, em maior profundidade, a cadeia logística de manutenção de aeronaves da Marinha do Brasil, de modo a se realizar um mapeamento de todas as atividades e processos que se realizam ao longo da mesma. Esse mapeamento permitiu uma visão total da cadeia e, conseqüentemente, vislumbrar-se a maneira pela qual poderão ser registrados os dados básicos.

No capítulo 6 são descritas as transações típicas que ocorrem na cadeia logística de manutenção.

No capítulo 7 são estudados alguns padrões para registro e troca de informações logísticas e de manutenção existentes na atualidade. Essa pesquisa vai complementar o levantamento realizado no capítulo anterior, pois, uma vez determinadas as informações necessárias, há de ser verificar como registrá-las e trocá-las de maneira padronizada, eficiente e útil.

No capítulo 8 é proposta uma modelagem conceitual preliminar de um sistema de informação para projeto, implantação e gerência de cadeias logísticas de manutenção utilizando a UML (*Unified Modeling Language*).

Ao final, encontra-se uma conclusão que sumariza os resultados alcançados com este trabalho, suas limitações e as propostas de futuras pesquisas acerca do assunto abordado.

2. CONCEITOS BÁSICOS SOBRE ENGENHARIA DE SISTEMAS TÉCNICOS

Para iniciar o estudo detalhado do problema que será abordado neste trabalho, é necessário enunciar alguns conceitos associados ao mesmo. O encadeamento lógico desses conceitos permitirá o entendimento do resultado que se desejou alcançar com o desenvolvimento da dissertação.

2.1 ENGENHARIA DE SISTEMAS

Como o trabalho aborda sistemas técnicos, torna-se necessário discorrer um pouco sobre a Engenharia de Sistemas, para que fique claro como ocorre o processo de desenvolvimento de um sistema e de sua cadeia logística de manutenção.

Segundo o INCOSE (2004, p. 12) a Engenharia de Sistemas é uma abordagem interdisciplinar e significa possibilitar a realização de sistemas bem-sucedidos.

É importante notar que a preocupação com o apoio ao sistema que está sendo desenvolvido deve estar presente nas fases iniciais do ciclo de vida do sistema, como pode ser visto no item 10 da figura a seguir.

NECESSIDADE	FASE 0	FASE I	FASE II	FASE III	DESCARTE
	EXPLORAÇÃO DE CONCEITO	DEFINIÇÃO DO PROGRAMA E REDUÇÃO DE RISCO	DESENVOLVIMENTO DE ENGENHARIA E FABRICAÇÃO	PRODUÇÃO, ENTRADA EM SERVIÇO/DISTRIBUIÇÃO & APOIO OPERACIONAL	
	1. Análise do sistema 2. Definição do programa 3. Projetos conceituais 4. Avaliação de tecnologia e risco 5. Custo preliminar, cronograma e desempenho do conceito recomendado	6. Atualização do projeto conceitual 7. Análise de Compromisso de subsistemas 8. Projeto preliminar 9. Protótipo, teste e avaliação 10. Integração de considerações de fabricação e apoiabilidade ao esforço de projeto	11. Projeto detalhado 12. Desenvolvimento 13. Gerência de Risco 14. Teste e avaliação do desenvolvimento 15. Integração de sistema, teste e avaliação 16. Verificação do processo de fabricação	17. Verificação da taxa de fabricação 18. Teste e avaliação operacional 19. Distribuição 20. Apoio operacional e atualização 21. Retirada de serviço 22. Planejamento de substituição	

Figura 1: Ciclo de vida de um sistema
 Fonte: Adaptada de INCOSE (2004, p. 18).

Segundo Blanchard (2004, p. 15) a logística, vista por uma perspectiva de sistema total, inclui atividades ao longo de cada fase do ciclo de vida do sistema. Conforme os elementos principais do sistema estão sendo desenvolvidos, deve ser dada consideração para garantir que as características apropriadas de confiabilidade, manutenibilidade, apoiabilidade, producibilidade e descartabilidade sejam incluídas no projeto. Isso, por sua vez, conduz ao projeto da capacidade de produção, da infra-estrutura de apoio e manutenção e de reciclagem de material e descarte.

A figura a seguir ilustra essa idéia:

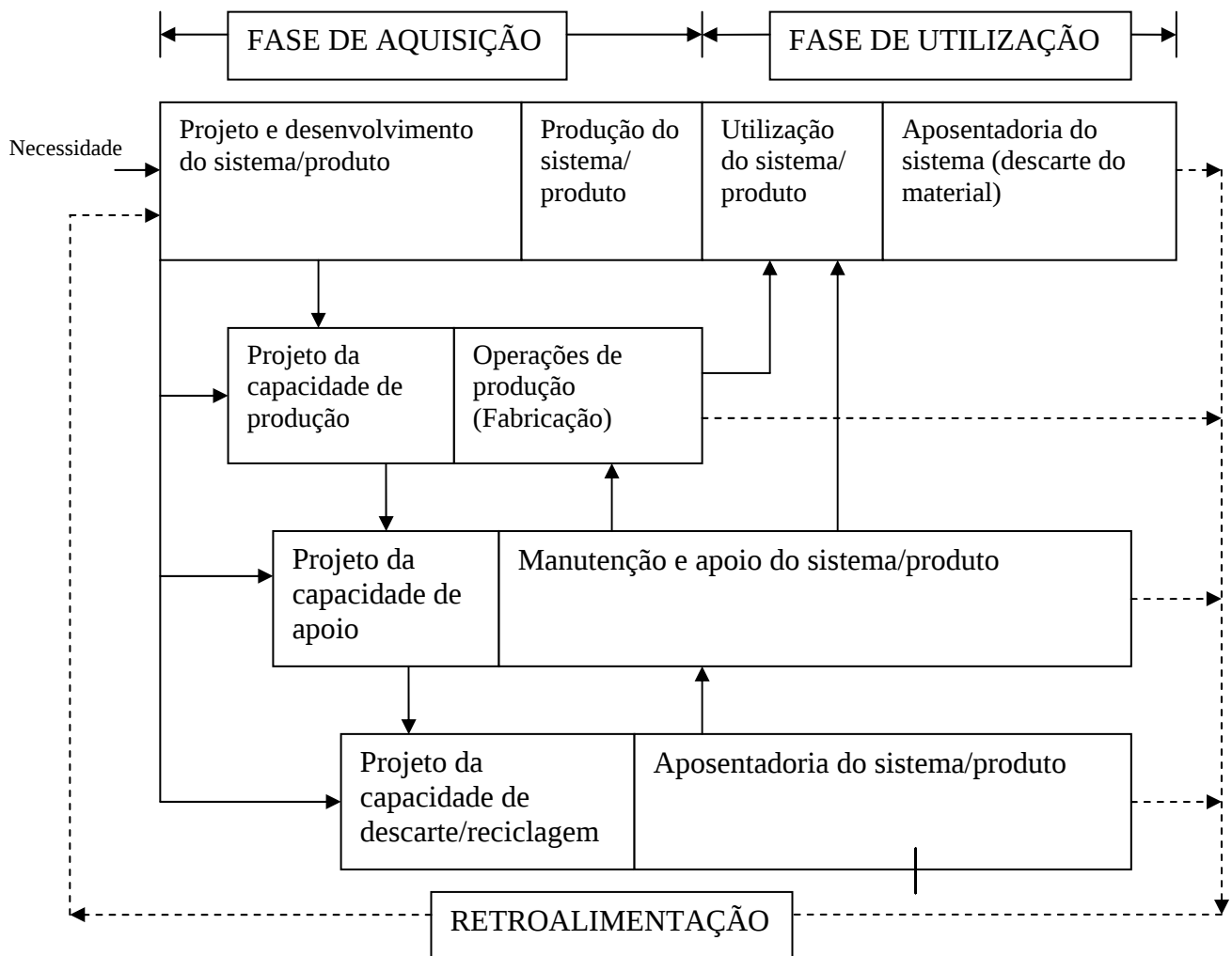


Figura 2: Os inter-relacionamentos das fases do ciclo de vida no desenvolvimento do sistema

Fonte: Adaptada de Blanchard (2004, p. 16).

2.1 SISTEMAS TÉCNICOS

Segundo o INCOSE (2004, p. 11), Sistema é “um conjunto integrado de elementos que realiza um objetivo definido. Esses elementos incluem produtos (*hardware*, *software*, *firmware*), processos, pessoas, informação, técnicas, instalações, serviços e outros elementos de apoio”.

O padrão EIA-632 (*Processes for Engineering a System*) estabelece que o sistema consiste, não somente, do “produto de operações” (que é utilizado pelo consumidor), mas também dos produtos capacitadores, associados com aquele produto de operações. O produto de operações consiste de um ou mais produtos finais (assim chamados porque estes são os elementos do sistema que acabam nas mãos do usuário final). Os processos associados são executados utilizando produtos capacitadores que “capacitam” os produtos finais a serem postos, mantidos e retirados de serviço. Além disso, os produtos finais incluem mais do que apenas o *hardware* e o *software* envolvidos. Incluem, também, pessoal, instalações, dados, materiais, serviços e técnicas (MARTIN, 2003, p. 5).

A figura abaixo ilustra este conceito:

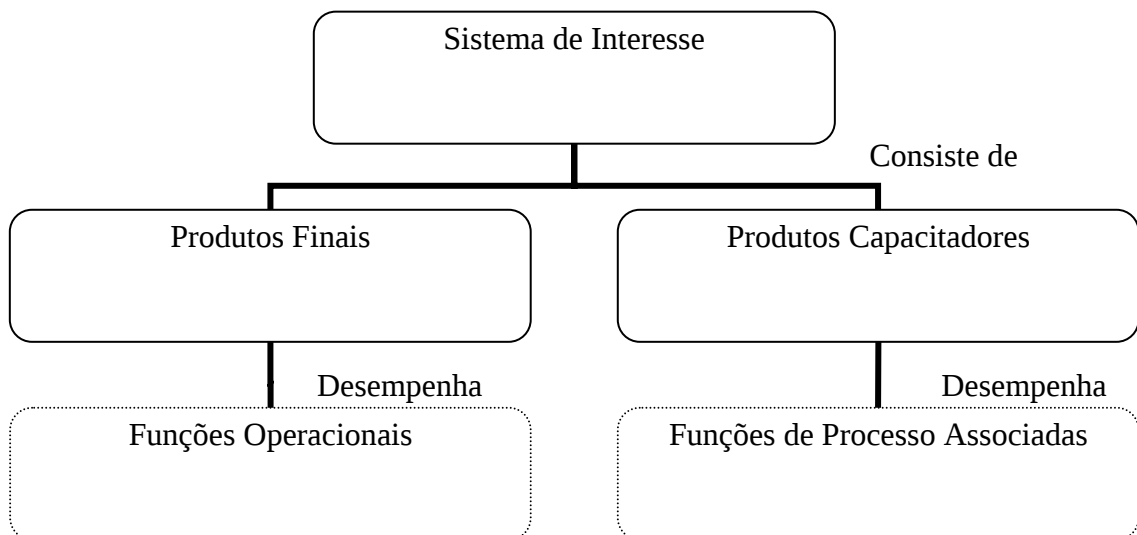


Figura 3: Produto Finais e Capacitadores

Fonte: Adaptada de Martin (2003, p. 6)

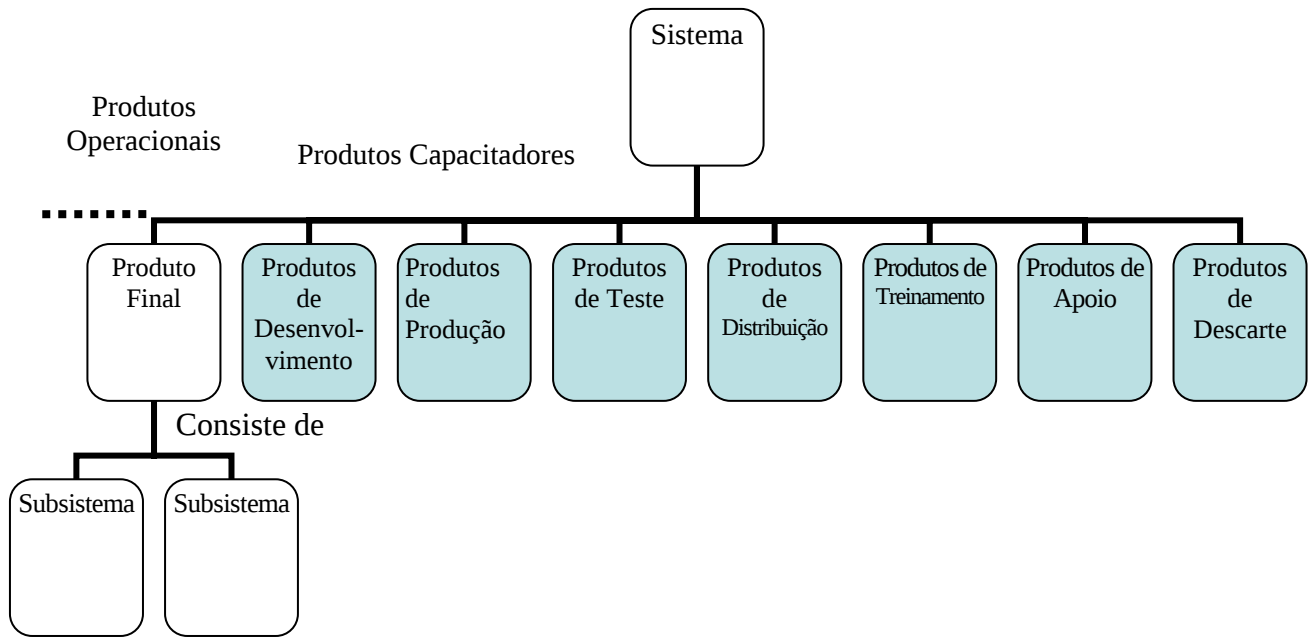


Figura 4: Conceito de blocos de construção

Fonte: Adaptada de Martin (2003, p. 7).

Para fins dessa dissertação, um sistema técnico é um dispositivo manufaturado complexo, utilizado na implementação de processos produtivos. São exemplos de sistemas técnicos: aeronaves, navios, viaturas, computadores, sensores, transmissores, receptores, geradores, motores, compressores etc.

Durante o processo de engenharia de um sistema técnico é realizada uma atividade chamada de Análise Funcional, cujo objetivo é decompor o mesmo em funções, a partir de seus requisitos operacionais. Essa decomposição é realizada em uma estrutura hierárquica, partindo do nível mais elevado, que é o do sistema, para os níveis mais baixos, que são os subsistemas. Esta estrutura pode ter tantos níveis quantos forem necessários para descrever interfaces funcionais e identificar recursos ou componentes do sistema.

Normalmente é utilizada uma ferramenta gráfica, chamada diagrama de blocos funcionais, para representar a análise funcional e facilitar a visualização e compreensão, como ilustrado na figura abaixo:

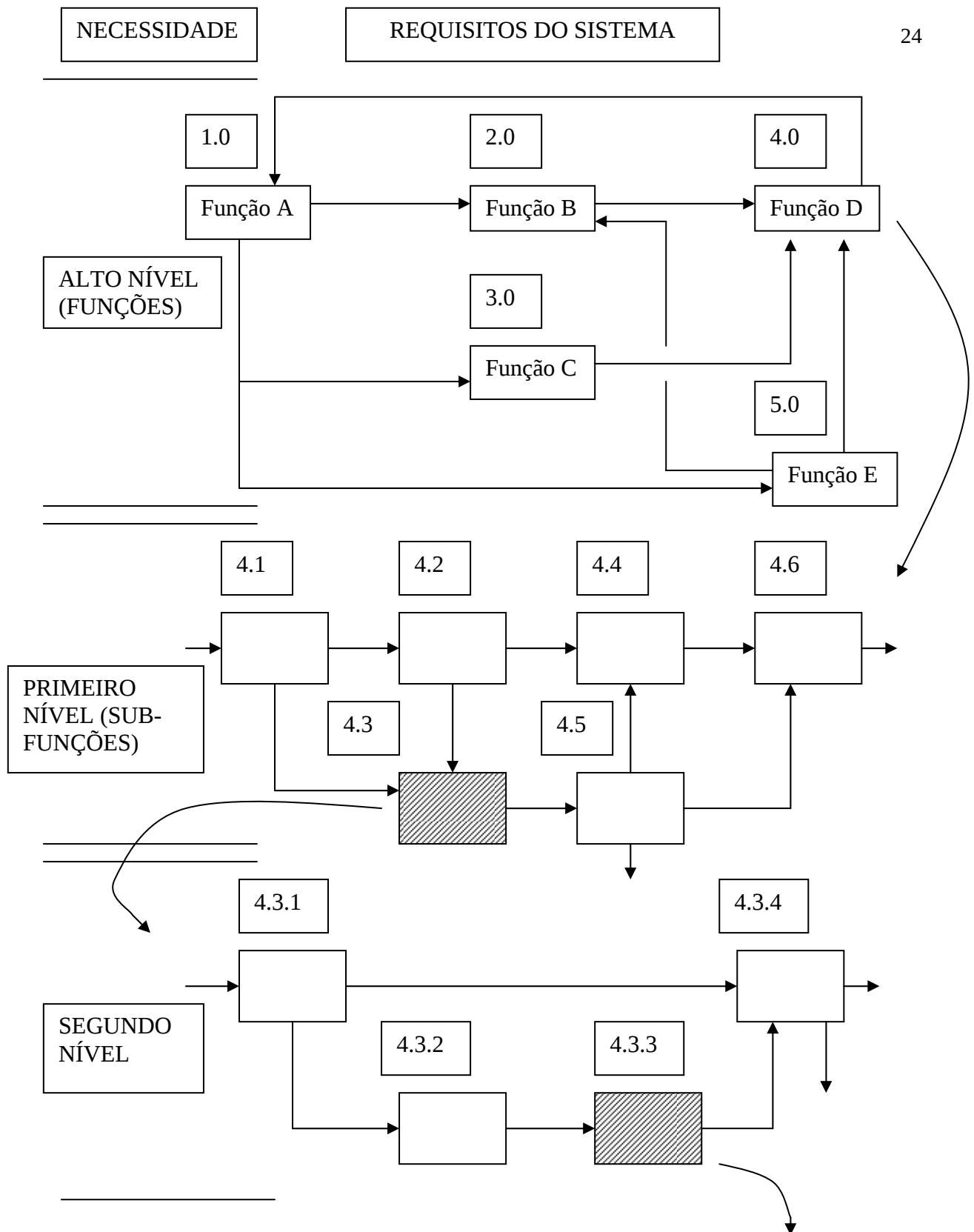


Figura 5: Níveis de indentação funcional do sistema

Fonte: Adaptada de Blanchard (2004, p. 151).

Após essa etapa, é realizada a alocação funcional, que é a determinação dos recursos que serão utilizados para desempenhar cada função na estrutura montada durante a análise funcional, ou seja, quais os *hardware*, instalações, *software*, qualificações e demais partes nos diversos níveis de indentação.

A figura abaixo ilustra a estrutura de desdobramento de um sistema técnico:

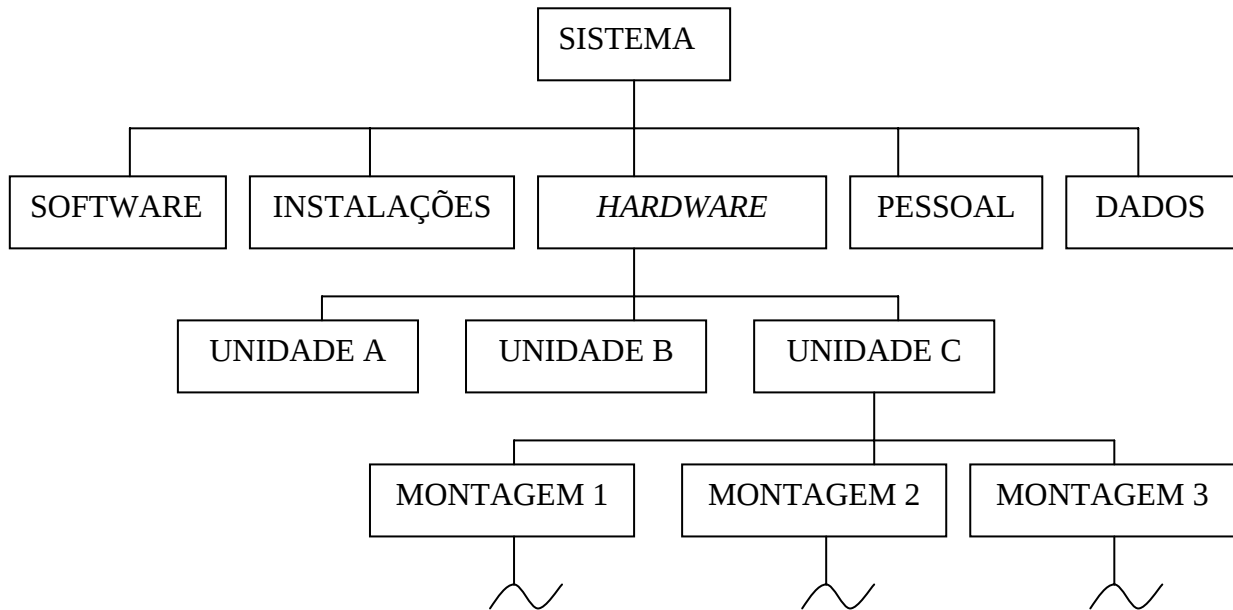


Figura 6: Decomposição de um sistema técnico

Fonte: Adaptada de Blanchard (2004, p. 163).

Com o objetivo de ilustrar o desdobramento do *hardware* do sistema em níveis, seguem-se as definições estabelecidas pelo Department of Defense (1998, p. 1):

Tabela 1: Desdobramento do *hardware* do sistema em níveis

NÍVEL	DEFINIÇÃO
Sistema	Nível maior de hierarquia de equipamentos. É capaz de executar uma missão operacional completa. Ex.: aeronave, navio, caminhão.
Subsistema	Uma grande divisão de um item complexo. Executa uma grande função dentro do sistema. Ex.: subsistema radar, subsistema de propulsão.
Conjunto	Combinação de unidades e grupos capaz de executar uma função operacional independente. Ex: radar, radio-transmissor.
Grupo	Executa funções complexas, mas não é capaz de executar uma operação independente. Só existe em sistemas muito complexos. Ex.: grupo motor-gerador.
Unidade	É o menor nível de equipamento que é capaz de operar normalmente, de forma independente em mais de uma aplicação. Executa uma função específica. Ex.: motor elétrico, unidade de disco rígido, transmissão de um veículo.
Montagem	Combinação de submontagens e partes que podem executar uma função específica, de forma independente. Ex.: fonte de alimentação, cartão de circuito impresso, bomba de combustível. Um item pode ser classificado como montagem em uma aplicação e submontagem em outra (existe alguma subjetividade).
Submontagem	Combinação de duas ou mais partes que pode ser desmontada. Menor nível de um equipamento em que ações de manutenção com substituição de partes pode ser feita. Uma submontagem não é capaz de executar uma função específica, de forma independente. Ex.: cartão de circuito impresso.
Parte	Componente elementar de um equipamento, que não pode ser desmontado sem ser destruído. Ex.: parafuso, porca, resistor, transistor, microcircuito. Partes são normalmente descartadas quando falham.

Alguns autores consideram que os itens que compõem o *hardware* de um sistema técnico podem ser divididos em duas categorias principais:

- Itens consumíveis; e
- Itens reparáveis.

De acordo com Hamaoka (1999, p. 21) “Itens consumíveis são aqueles que são descartados por ocasião da necessidade de substituição (programada ou não) e cujos estoques são recompletados por meio de aquisição de novos lotes”.

De acordo com Blanchard e Fabrycky¹ (apud HAMAOKA, 1999, p. 23) e Valadares² (apud HAMAOKA, 1999, p. 23), itens reparáveis são aqueles que:

1. São tecnicamente capazes de serem recuperados por técnicas de reparo ou substituição de componentes;
2. Possuem custo razoavelmente elevado, justificando o investimento necessário à sua recuperação.

Segundo Jones (1995, p. 9.1), pode-se dividir os itens que dão suporte às ações de manutenção de sistemas técnicos em três categorias:

Tabela 2: Classificação das partes

CATEGORIA	DEFINIÇÃO
<i>Spare parts</i>	Itens que são reparáveis.
<i>Repair parts</i>	Itens que não são reparáveis e são descartados quando falham.
<i>Consumable parts</i>	Itens que são consumidos quando usados, tais como gaxetas ou adesivos.

Além destas classificações, pode-se identificar na literatura (SHERBROOKE, 2004) duas denominações para os itens reparáveis, que são mais úteis para analisar os processos que ocorrem na Cadeia Logística de Manutenção. As denominações são: LRU (*line replaceable unit*) e SRU (*shop replaceable unit*).

Os LRU são aqueles itens que podem ser substituídos no sítio operacional onde está instalado o sistema técnico, que corresponde ao nível de manutenção organizacional, como será visto mais adiante na descrição da Cadeia Logística de Manutenção.

¹ BLANCHARD, B. S. e FABRYCKY, W. J. **Systems Engineering and Analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1990.

² VALADARES, C. A. **Manutenção**. Apostila, Instituto de Logística da Aeronáutica, Guarulhos, 1998.

Os SRU são aqueles itens que só podem ser substituídos em instalações de manutenção com maior capacidade, tanto em termos de equipamentos como de pessoal habilitado, ou seja, nos demais níveis da Cadeia Logística de Manutenção, que não o organizacional.

Exemplifica-se abaixo a decomposição do *hardware* de um sistema técnico, utilizando-se os conceitos de LRU e SRU descritos acima:

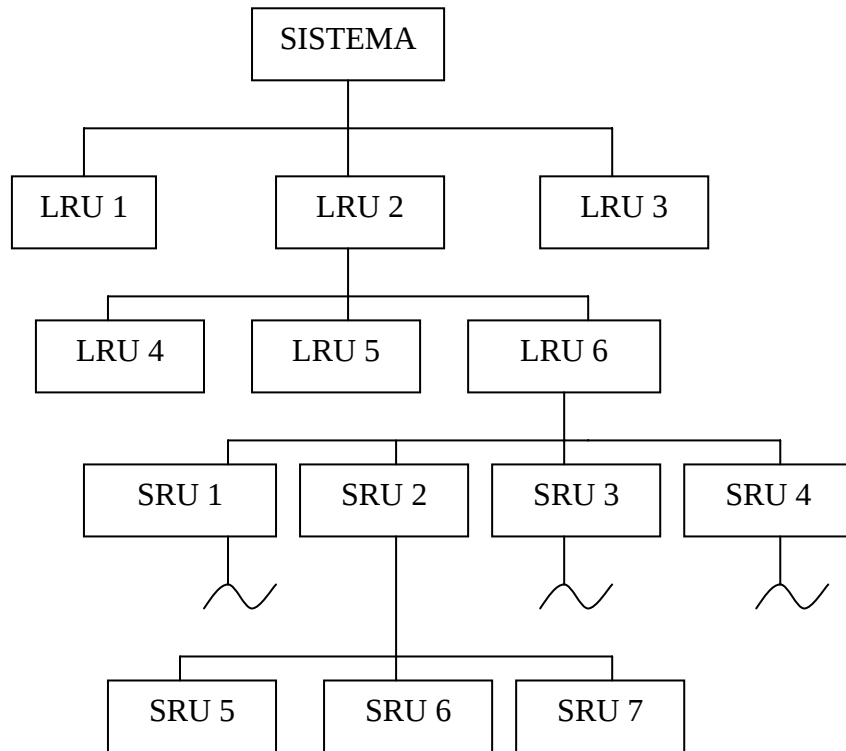


Figura 7: Decomposição do *hardware* de um sistema técnico utilizando os conceitos de LRU e SRU

2.2 FALHAS

Os sistemas técnicos são projetados para cumprirem determinada missão/função, atendendo a determinados requisitos operacionais. Seria ideal que o sistema permanecesse operacional durante toda a sua vida projetada, porém, isso não se verifica, pois o mesmo é:

[...] submetido a processos de corrosão, abrasão, acúmulo de deformações, distorções, superaquecimento, fadiga, difusão de um material no outro etc. Frequentemente ocorre uma sobreposição destes processos causando mudanças na condição do produto com conseqüente mudança em suas características básicas ou de desempenho. O desvio das características de um produto de seu valor nominal aceitável é considerado uma falha (BONDARCZUCK, 2005, p. 36).

Pode-se, então, definir falha como “o evento, ou estado inoperante, no qual qualquer item ou parte de um item não desempenha, ou não desempenharia como especificado previamente” (DEPARTMENT OF DEFENSE, 1981, p. 3).

As falhas podem restringir a capacidade de operação do sistema, ou mesmo impedi-la, conforme o tipo e gravidade da mesma.

Assim, para que um sistema técnico permaneça operacional a maior parte do tempo, durante a sua vida útil, é necessário impedir ou minimizar a ocorrência de falhas. Para atingir esse objetivo é que se estrutura uma Cadeia Logística de Manutenção.

Então, a tarefa de se estabelecer uma Cadeia Logística de Manutenção se inicia com estudo das características de desempenho do sistema relacionadas às falhas, pois são essas características que vão orientar o seu projeto. As medidas destas características serão descritas mais adiante.

2.3 LOGÍSTICA

De acordo com Russel (2000, p. 16),

O termo “Logística” entrou na terminologia militar na Europa do século XVIII. O *marechal des logis* era o oficial administrativo responsável por acampar e alojar as tropas. À medida que a guerra se tornou mais avançada, com uma variedade crescente de armas e munições, os deveres do *marechal des logis* foram expandidos para incluir a estocagem de depósitos de suprimentos.

Em seu artigo o autor comenta que a logística como conceito e prática evoluiu ao longo dos tempos e é uma disciplina que é agora praticada de maneiras e em contextos diferentes. Com base nesta visão, o autor sugere dividir a logística em 4 subdisciplinas, conforme a tabela a seguir:

Tabela 3: Subdisciplinas da Logística

SUBDISCIPLINA	DEFINIÇÃO
LOGÍSTICA MILITAR OU DE ENGENHARIA	O projeto de apoiabilidade para sistemas de armas e outros bens capitais, avaliação de requisitos técnicos para treinamento e manutenção, computação dos requisitos de apoio pós-venda, e integração de todos os aspectos de apoio para a capacidade operacional de forças militares e seus equipamentos.
LOGÍSTICA EMPRESARIAL	O planejamento e a gerência de fontes de suprimento, inventários, transporte, redes de distribuição, e informação de apoio e atividades relacionadas para satisfazer requisitos de cliente.
LOGÍSTICA DE EVENTO	A rede de atividades que reúne os recursos requeridos para um evento ocorrer. A logística de evento é caracterizada pela distribuição de recursos (logística para frente) e retirada de recursos (logística reversa) de acordo com o programa do evento, planejamento de contingência significativo e a presença poderosa da função logística na equipe de gerência de eventos.
LOGÍSTICA DE PROCESSO	A aquisição, programação e gerência de recursos humanos e materiais para apoiar um serviço. Logística de processo tipicamente envolve o emprego coordenado de instalações, bens capitais, e pessoal para criar a estrutura para um processo ocorrer.

Os conceitos de logística militar, ou de engenharia e de logística empresarial serão analisados mais detalhadamente neste trabalho, por estarem associados mais diretamente ao seu objetivo.

Segundo a Doutrina de Logística Militar, “Logística Militar é o conjunto de atividades relativas à previsão e à provisão de recursos humanos, materiais e animais, quando aplicável,

e dos serviços necessários à execução das missões das Forças Armadas” (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2002, p. 10).

Já no setor comercial, pode-se definir logística como “a parte do processo da cadeia de suprimento que planeja, implementa e controla o fluxo para frente e reverso e a armazenagem eficiente e eficaz de bens, serviços e informações correlatas entre o ponto de origem e o ponto de consumo, com o objetivo de atender os requisitos dos clientes” (CLM – *Council of Logistics Management*, apud BLANCHARD, 2004, p. 4).

Como pode se verificar nas definições acima, no setor comercial a logística está orientada para as atividades de compra, fluxo de material, estocagem, distribuição de produtos e serviço ao cliente. Mais recentemente, os conceitos e princípios de gerenciamento da cadeia de suprimento foram incorporados, o que adicionou ênfase em tecnologia da informação e gerenciamento financeiro.

Por outro lado, a logística no setor de defesa é orientada segundo uma abordagem de custo total de ciclo de vida de sistemas. Nessa abordagem, além das atividades geralmente associadas à logística comercial, adicionam-se as atividades de projeto do produto ou sistema e as de apoio e manutenção, ao longo do ciclo de vida do sistema. Essa perspectiva da logística considera a infra-estrutura de apoio logístico e de manutenção como sendo parte do sistema e, como tal, deve ser projetada juntamente com este para que o mesmo apresente uma boa relação custo-eficácia. Embora originada no setor de defesa, essa abordagem é de emprego geral e já vem sendo adotada no ambiente civil.

Porém, para se atingir o objetivo da logística “é necessário considerar todo o espectro de atividades nessa área, incluindo ambas as abordagens do setor comercial e de defesa”. (BLANCHARD, 2004, p. 10)

As atividades que se processam para apoiar a operação de um sistema podem ser medidas. O objetivo de medi-las é permitir avaliar o desempenho do sistema de apoio logístico. É, então, que surge o conceito de logística baseada em desempenho (*Performance Based Logistics* – PBL).

Logística Baseada em Desempenho (*Performance Based Logistics* – PBL) é a estratégia de apoio ao produto do Departamento de Defesa dos EUA preferida para melhorar a prontidão de sistemas de armas pela aquisição de um nível desejado de desempenho operacional, aproveitando-se de cadeias logísticas integradas e parcerias público/privadas. A pedra fundamental da PBL é aquisição do sustento de sistemas de armas e equipamento como um pacote integrado e acessível baseada em conseguir medidas de saída tais como disponibilidade do sistema de armas, ao invés de focar em medidas de entrada separadas, tais como partes, treinamento, manutenção e serviços técnicos (PBL Toolkit).

2.4 MANUTENÇÃO

De acordo com Bondarczuk (2005, p. 37),

O conjunto das atividades desempenhadas para um produto ser restaurado ao estado de funcionamento, ou para promover sua permanência no estado de funcionamento, é chamado de manutenção. As atividades de manutenção não podem ser realizadas sem os recursos apropriados, tais como peças sobressalentes, pessoal qualificado, ferramentas, manuais, instalações adequadas, softwares etc. Estes são os Recursos de Suporte à Manutenção.

Segundo Ebeling (2005, p. 189), “pode-se distinguir dois tipos gerais de manutenção: manutenção proativa e reativa”.

Manutenção reativa é executada em resposta ao tempo inoperante não-planejado do sistema, geralmente como resultado de uma falha, seja ela inerente ou externa, por exemplo, induzida pelo operador.

A manutenção proativa pode ser preventiva ou preditiva.

Manutenção preventiva é o tempo inoperante planejado, geralmente periódico, no qual um conjunto bem definido de tarefas, tais como inspeção e reparo, substituição, limpeza, lubrificação, ajuste, ou alinhamento são realizadas.

Manutenção preditiva estima, através de ferramentas de diagnóstico ou medidas, quando uma parte está próxima de uma falha, ou deve ser reparada ou trocada, por isso eliminando uma presumível ação de manutenção não programada e mais custosa. Ela deve ser realizada somente quando, e até o momento que, a relação custo-benefício seja favorável.

Para que as atividades de manutenção possam ser executadas, é necessária a existência de uma infra-estrutura de apoio logístico e manutenção que contenha os elementos de suporte acima mencionados, chamada, neste trabalho, de Cadeia Logística de Manutenção, que será descrita adiante.

2.5 MÉTRICAS DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA TÉCNICO E SEU SISTEMA DE APOIO

Nesta seção serão descritos alguns conceitos que exprimem as características dos sistemas técnicos, relacionadas à sua habilidade para se manter operacional, incluindo-se os aspectos intrínsecos de projeto, bem como os fatores externos, relacionados ao sistema de

apoio logístico e manutenção. Essas medidas são: confiabilidade, manutenibilidade, disponibilidade e apoioabilidade.

2.5.1 Confiabilidade

Uma das maneiras de se medir o desempenho de um sistema é através do estudo de sua confiabilidade. Pode-se defini-la como “a probabilidade que um componente, ou sistema, desempenhará uma função requerida por um dado período de tempo, quando usado sob condições operacionais estabelecidas” (EBELING, 2005, p. 5).

A confiabilidade não deve ser confundida com a qualidade do sistema. A qualidade é um conceito qualitativo amplo que mede a capacidade de um sistema, ou produto, em atender os requisitos de seus usuários. A confiabilidade pode ser considerada como um atributo de qualidade do sistema ou produto, no que se refere ao tempo de operação do mesmo sem apresentar falhas.

Para que possa ser tratada/analisaada quantitativamente é necessário utilizar uma medida. A medida comumente utilizada é o tempo de operação do sistema sem apresentar falha, representado pela variável T.

É impossível estabelecer, deterministicamente, o tempo T que levará até um dado sistema apresentar uma falha, pois o comportamento no tempo, de suas cópias individuais, é diferente. Esta variabilidade deve-se a diversos fatores que podem ser inerentes, ambientais e operacionais.

Segundo Bondarczuk (2005, p. 40)

os fatores inerentes estão relacionados às condições da matéria prima, empacotamento, transporte e armazenamento de cada cópia antes do início de operação. Os fatores ambientais são as influências da temperatura, umidade, poluição do ar, poeira, radiação, vibração etc. Os fatores operacionais levam em conta o carregamento, o número de ciclos de operação, intensidade de uso, formação dos operadores, uso inadequado e condições de armazenamento.

Dessa forma, é necessário utilizar-se uma abordagem probabilística quando se estuda a confiabilidade de sistemas.

Existem modelos matemáticos que descrevem a confiabilidade. Para tal, esses modelos geralmente utilizam quatro funções de probabilidade relacionadas:

- Função de confiabilidade;
- Função de distribuição acumulada de tempo para falha;

- Função densidade de probabilidade de tempo para falha;
- Função de taxa de falha.

Segundo Ebeling (2005, p. 23) “cada uma dessas funções pode ser usada para computar confiabilidades, mas elas oferecem 4 perspectivas diferentes. A especificação de qualquer uma delas irá caracterizar unicamente e completamente o processo de falha”.

Serão descritas abaixo cada uma das funções acima mencionadas.

a) FUNÇÃO DE CONFIABILIDADE

Conforme definido anteriormente, a confiabilidade é definida como a probabilidade de um sistema, ou componente, operar sem falhar durante um período de tempo t . Seja a variável aleatória T o tempo até a falha do sistema, sendo $T \geq 0$.

A expressão abaixo expressa a função de confiabilidade:

$$R(t) = \Pr \{T > t\} \quad \text{Equação 01}$$

onde:

$$R(t) \geq 0$$

$$R(0) = 1$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} R(t) = 0$$

Assim, para um dado valor de t , $R(t)$ é a probabilidade de que o tempo até falha é maior do que t .

b) FUNÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO ACUMULADA DE TEMPO PARA FALHA

Da definição acima exposta, pode-se calcular também a probabilidade de que um sistema irá falhar antes de um determinado tempo t .

A expressão abaixo ilustra esta função:

$$\Pr \{T \leq t\} = F(t) = 1 - R(t) \quad \text{Equação 02}$$

onde:

$$F(0) = 0$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} F(t) = 1$$

Define-se $F(t)$ como função de distribuição acumulada.

c) FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DE TEMPO PARA FALHA

A função densidade de probabilidade (f.d.p.) tem a notação de $f(t)$, sendo definida da seguinte maneira:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{R(t)}{dt} \quad \text{Equação 03}$$

Segundo Bussab e Morettin (2004, p. 165) “a f.d.p. é um indicador da concentração de ‘massa’ (probabilidade) nos possíveis valores de X . Convém ressaltar, ainda, que $f(x)$ não representa a probabilidade de ocorrência de algum evento. A área sob a curva entre dois pontos é que irá fornecer a probabilidade”.

Assim, para determinar-se a probabilidade de um sistema falhar entre dois instantes de tempo t_1 e t_2 é necessário calcular a área sob a curva $f(t)$ entre os pontos t_1 e t_2 . Pode-se efetuar este cálculo utilizando-se as outras duas funções definidas anteriormente, como segue:

$$\Pr \{t_1 \leq T \leq t_2\} = \int_{t_1}^{t_2} f(t)dt = F(t_2) - F(t_1) = R(t_1) - R(t_2) \quad \text{Equação 04}$$

d) FUNÇÃO TAXA DE FALHA

A função taxa de falha, ou taxa de falha instantânea, em um determinado instante de tempo t multiplicado por dt , fornece a probabilidade condicional de ocorrer uma falha no intervalo $(t, t + dt)$, sabendo-se que não ocorreu nenhuma falha até este instante t . Ela é definida da seguinte maneira:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad \text{Equação 05}$$

A função $\lambda(t)$ pode ser constante, crescente ou decrescente. Então, as taxas de falhas poderão ser constantes, crescentes ou decrescentes, conforme a função $\lambda(t)$ que as caracterize.

Pode-se derivar a função de confiabilidade, da função taxa de falha, através da seguinte relação:

$$R(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t') dt' \right] \quad \text{Equação 06}$$

Após terem sido definidas as funções que caracterizam a confiabilidade de um sistema, será apresentado agora outro parâmetro muito utilizado para caracterizá-la, o tempo médio até falha (*mean time to failure – MTTF*).

O tempo médio até falha é definido como o valor esperado da variável aleatória T, conforme a expressão abaixo:

$$MTTF = E(T) = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad \text{Equação 07}$$

O MTTF também pode ser calculado pela expressão $\int_0^{\infty} R(t) dt$.

2.5.2 Manutenibilidade

Outra medida de desempenho de um sistema é a capacidade de ser reparado quando apresentar uma falha. Essa capacidade recebe o nome de manutenibilidade, que pode ser definida como “a probabilidade de que um componente, ou sistema, que falhou será restaurado ou reparado a uma condição especificada, num período de tempo, quando é realizada manutenção de acordo com procedimentos prescritos. É a probabilidade de reparo num dado tempo” (EBELING, 2005, p. 6).

Semelhante ao que ocorre com a confiabilidade, a manutenibilidade necessita de uma medida numérica para ser tratada quantitativamente. Essa medida é o tempo T necessário para recuperar a condição operacional de um sistema que apresente uma falha.

O tempo T é variável para as ações de manutenção em um mesmo sistema. Essa variabilidade é consequência de diversos fatores.

Segundo Bondarczuck (2005, p.46)

os fatores que contribuem para esta variabilidade são pessoais, condicionais e ambientais. Os fatores pessoais representam as diferentes habilidades, experiências, motivações, condicionamento físico e outras características

similares do pessoal envolvido. Os fatores condicionais representam a influência do ambiente operacional e as conseqüências da restauração. Os fatores ambientais incluem a temperatura, umidade, luminosidade, vibração, hora do dia, vento, ruído e fatores similares que afetam o pessoal de manutenção durante a restauração.

O tempo inoperante para ações de manutenção pode ser dividido em três categorias, quais sejam:

- Tempo de atraso de suprimento;
- Tempo de atraso de manutenção;
- Tempo de reparo inerente do sistema.

O tempo de atraso de suprimento:

[...] consiste no tempo de atraso total para obter os sobressalentes ou componentes necessários (peças sobressalentes ou itens consumíveis) a completar o processo de reparo. Esse tempo pode consistir de atrasos administrativos, tempo de produção ou aquisição, reparos dos subcomponentes que falharam e tempos de transporte (EBELING, 2005, p. 189).

O tempo de atraso de manutenção “é o tempo despendido na espera por instalações ou recursos de manutenção. Pode incluir tempos administrativos e de transporte. Recursos podem ser pessoal, equipamento de teste, equipamento de apoio, ferramentas e manuais ou outros dados técnicos” (EBELING, 2005, p. 190).

Os tempos acima descritos são influenciados por parâmetros externos ao sistema. Por isso, o termo inerente é utilizado para o tempo que será descrito agora, referindo-se a uma característica de projeto intrínseca do sistema, refletindo sua manutenibilidade.

A manutenibilidade intrínseca do sistema é determinada, na fase de projeto do mesmo, através do uso de algumas características de projeto, quais sejam:

- Equipamento de teste embutido;
- Modularização e *layout* do sistema;
- Tipo de componente (elétrico x mecânico);
- Fatores ergonômicos;
- Rotularização e codificação;
- Padronização e intercambialidade.

Ainda de acordo com Ebeling (2005, p. 190), “o tempo de reparo inerente do item é definido como a soma das durações das seguintes subtarefas: acesso, diagnose, reparo ou substituição, validação e alinhamento”.

A figura abaixo ilustra a composição do tempo inoperante para manutenção:

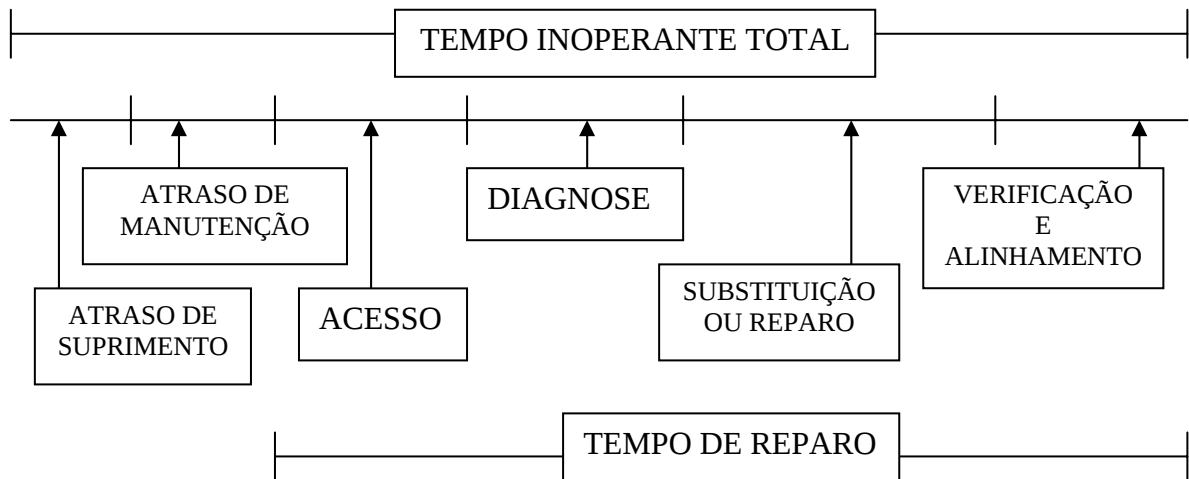


Figura 8: Tempo inoperante de manutenção

Fonte: Adaptada de Ebeling (2005, p. 190).

A variabilidade do tempo T para as ações de manutenção acarreta a necessidade de o mesmo ser tratado utilizando-se a teoria das probabilidades. Dessa forma, define-se a distribuição de probabilidade de tempo para reparo, onde T é uma variável aleatória contínua representando o tempo para reparar um sistema que apresente uma falha.

Tem-se, então, duas funções de probabilidade:

- Função densidade de probabilidade de tempo para reparo; e
- Função de distribuição acumulada de tempo para reparo.

Utiliza-se nesse trabalho a notação $h(t)$ para representar a função densidade de probabilidade de tempo para reparo.

A expressão abaixo fornece a função de distribuição acumulada de tempo para reparo:

$$\Pr \{T \leq t\} = H(t) = \int_0^t h(t') dt' \quad \text{Equação 08}$$

A probabilidade de uma ação de reparo durar um tempo igual ou menor do que t pode ser, então, calculada através da expressão acima.

O valor esperado, ou esperança matemática da variável aleatória T , é chamado de tempo médio para reparar (*mean time to repair – MTTR*) e é calculado utilizando-se a expressão abaixo:

$$MTTR = \int_0^{\infty} th(t)dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t))dt \quad \text{Equação 09}$$

2.5.3 Disponibilidade

Outra medida de desempenho de sistemas, resultante de sua confiabilidade e manutenibilidade, é a disponibilidade.

Segundo Ebeling (2005, p. 254), “disponibilidade é a probabilidade que um sistema está desempenhando sua função requerida em um determinado ponto no tempo, ou ao longo de um período de tempo estabelecido, quando operado e mantido de maneira prescrita”.

Genericamente, a disponibilidade pode ser expressa da seguinte maneira:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{tempooperacional}}{\text{tempooperacional} + \text{tempoinoperante}} \quad \text{Equação 10}$$

Para que possa ser quantificada, a disponibilidade deve ser analisada à luz de teoria das probabilidades, assim como a confiabilidade e manutenibilidade. Então, os parâmetros utilizados para medir essas características servirão para calcular a disponibilidade.

Dependendo do que se considera como tempo operacional e inoperante existem diferentes formas de analisar a disponibilidade, quais sejam:

- Disponibilidade inerente;
- Disponibilidade alcançada;
- Disponibilidade operacional.

A disponibilidade inerente leva em consideração apenas as interrupções devidas a falhas e as características intrínsecas de projeto de um sistema, ou seja, considera que todos os recursos de manutenção e sobressalentes estão disponíveis quando ocorre uma falha. Assim, o tempo inoperante se resume ao tempo necessário à ação de manutenção corretiva. A disponibilidade inerente é dada pela expressão a seguir:

$$A_i = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \quad \text{Equação 11}$$

A disponibilidade alcançada considera também a manutenção preventiva, incluindo, no tempo inoperante, o tempo para as ações de manutenção preventiva. A disponibilidade alcançada é definida, então, pela expressão:

$$A_a = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}} \quad \text{Equação 12}$$

onde: MTBM é o tempo médio entre ações de manutenção

$\bar{M}$ é o tempo inoperante médio do sistema

O tempo médio entre ações de manutenção (*mean time between maintenance* – MTBM) é calculado da seguinte maneira:

$$MTBM = \frac{t_d}{m(t_d) + \frac{t_d}{T_{pm}}} \quad \text{Equação 13}$$

onde: T_{pm} é o tempo médio entre ações de manutenção preventiva

t_d é a vida projetada do sistema

$m(t_d)$ é número médio de falhas cumulativo ao longo da vida projetada

Segundo Ebeling (2005, p. 220), o tempo inoperante médio do sistema é o tempo inoperante médio incluindo manutenção planejada, mas não incluindo tempos de atraso de manutenção, ou suprimento. Ele é calculado utilizando-se a expressão a seguir:

$$\bar{M} = \frac{m(t_d)MTTR + \left(\frac{t_d}{T_{pm}}\right)MPMT}{m(t_d) + \frac{t_d}{T_{pm}}} \quad \text{Equação 14}$$

onde: MPMT = o tempo médio de manutenção preventiva.

A disponibilidade operacional é aquela que considera o sistema em operação, ou seja, existem atrasos em virtude da falta de sobressalentes e da indisponibilidade de recursos de manutenção, causada pela existência de filas nos canais de reparo das instalações de manutenção.

Este conceito é útil para avaliar modelos de estoque de sobressalentes e dimensionamento da quantidade de canais de reparo. Em suma, permite avaliar o desempenho da cadeia logística de manutenção. Ela pode ser calculada através da seguinte expressão:

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}'} \quad \text{Equação 15}$$

onde: $\bar{M}'$ é determinado pela substituição do MTTR pelo MTR (*mean time to restore* – tempo médio para restaurar) na expressão de cálculo de $\bar{M}$.

De acordo com Ebeling (2005, p. 220), “Tempo médio para restaurar é o tempo inoperante não-planejado médio do sistema, incluindo atrasos pela indisponibilidade de recursos de manutenção e suprimentos”. Ele é definido pela seguinte expressão:

$$MTR = MTTR + MDT + SDT \quad \text{Equação 16}$$

onde: MDT = atraso médio para manutenção

SDT = atraso médio para suprimento

Cabe ressaltar, porém, que como estes tempos de atraso não são necessariamente em série, podendo ocorrer, simultaneamente, os dois tipos de atraso, esta fórmula pode não se aplicar em determinadas situações.

2.5.4 Apoiabilidade

Conforme mencionado na seção anterior, quando ocorre uma falha no sistema, se inicia a contagem do tempo inoperante do mesmo. Esse tempo pode ser dividido em várias partes, conforme a figura 4. O conceito de apoiabilidade está relacionado aos tempos de atraso de manutenção e de suprimento.

Apoiabilidade é o grau em que as características de projeto do sistema e os recursos logísticos planejados satisfazem os requisitos de tempo de paz e de guerra de um sistema. Apoiabilidade é a capacidade de um projeto de sistema total de apoiar as necessidades de prontidão e operações ao longo da vida útil do sistema a um custo aceitável (DEPARTMENT OF DEFENSE, 1997, p. 4-14).

Segundo Bondarczuk (2005, p. 63) “a apoiabilidade depende principalmente das decisões tomadas na fase de projeto, sendo relacionada com a complexidade, tamanho, quantidade e padronização dos recursos de suporte”.

O mesmo autor propõe utilizar a abordagem da teoria das probabilidades, semelhante à da confiabilidade e da manutenibilidade, para medir quantitativamente a apoiabilidade. Ele define como tempo para apoiar (TTS) a variável aleatória que mede a parte do tempo que um sistema fica inoperante em virtude da falta de recursos de manutenção e de suprimentos. Assim, a expressão abaixo representa a função densidade de probabilidade de TTS.

$$S(t) = P(\text{os recursos de manutenção e de suprimento estarão disponíveis até o instante } t) = P(TTS \leq t) = \int_0^t s(t) dt \quad \text{Equação 17}$$

Pode-se, então, calcular o valor esperado do tempo para apoiar:

$$E(TTS) = \int_0^{\infty} t \cdot s(t) dt = MTTT = \int_0^{\infty} [1 - s(t)] dt \quad \text{Equação 18}$$

2.6 CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA LOGÍSTICA DE MANUTENÇÃO

Conforme foi explicitado no capítulo 1, a cadeia logística de manutenção é considerada parte integrante do sistema ao qual fornece apoio logístico. Sob essa perspectiva devem ser considerados os conceitos de cadeia de suprimento e de gerenciamento da cadeia de suprimento do setor comercial e os conceitos de engenharia de sistemas, de apoio logístico e de manutenção ao longo do ciclo de vida do sistema do setor de defesa.

A cadeia logística de manutenção é estruturada, geralmente, em níveis de manutenção, segundo a capacidade de manutenção e reparo da instalação que integra aquele nível. Os níveis de manutenção mais usuais são: organizacional, intermediário, industrial ou “*depot*” e Fabricante ou Fornecedor. A tabela abaixo relaciona os níveis de manutenção, sua descrição e características:

Tabela 4: Níveis de Manutenção

NÍVEL DE MANUTENÇÃO	DESCRIÇÃO
Organizacional	Normalmente limitada a verificações periódicas de desempenho do equipamento, inspeções visuais, limpeza dos elementos do sistema, verificação do software, algum conserto, ajustes externos e a remoção e a substituição de alguns componentes. Esta ocorre no sítio operacional, onde o sistema técnico cumpre as missões para as quais foi projetado. O pessoal designado para esse nível geralmente não repara os componentes removidos, enviando-os para o nível intermediário.
Intermediário	Nesse nível, itens finais podem ser reparados pela remoção e substituição de módulos principais, montagens ou partes de peça. As tarefas de manutenção do nível intermediário são desempenhadas por organizações e instalações especializadas que podem ser fixas, semimóveis ou móveis. Manutenção planejada que requeira a desmontagem de equipamento pode também ser executada. O pessoal de manutenção disponível é geralmente mais hábil e melhor equipado do que aquele do nível organizacional e são responsáveis por desempenhar manutenção mais detalhada.
Industrial ou <i>Depot</i>	Constitui o mais alto tipo de manutenção e apoio à execução de tarefas acima e além das capacidades disponíveis no nível intermediário. Fisicamente, o depósito pode ser uma instalação de reparo especializada, apoiando um número de sistemas/equipamentos no inventário ou pode ser a planta do fabricante do equipamento. Equipamento complexo e volumoso, grandes quantidades de sobressalentes, provisões para controle ambiental e outras mais podem ser requeridas se necessário.
Fabricante ou fornecedor	Fornece itens novos e serviços de reparo para aqueles que não podem ser reparados nos níveis anteriores, devido ao alto investimento em maquinaria, equipamentos de teste e apoio necessários.

A figura abaixo ilustra a cadeia logística de manutenção:

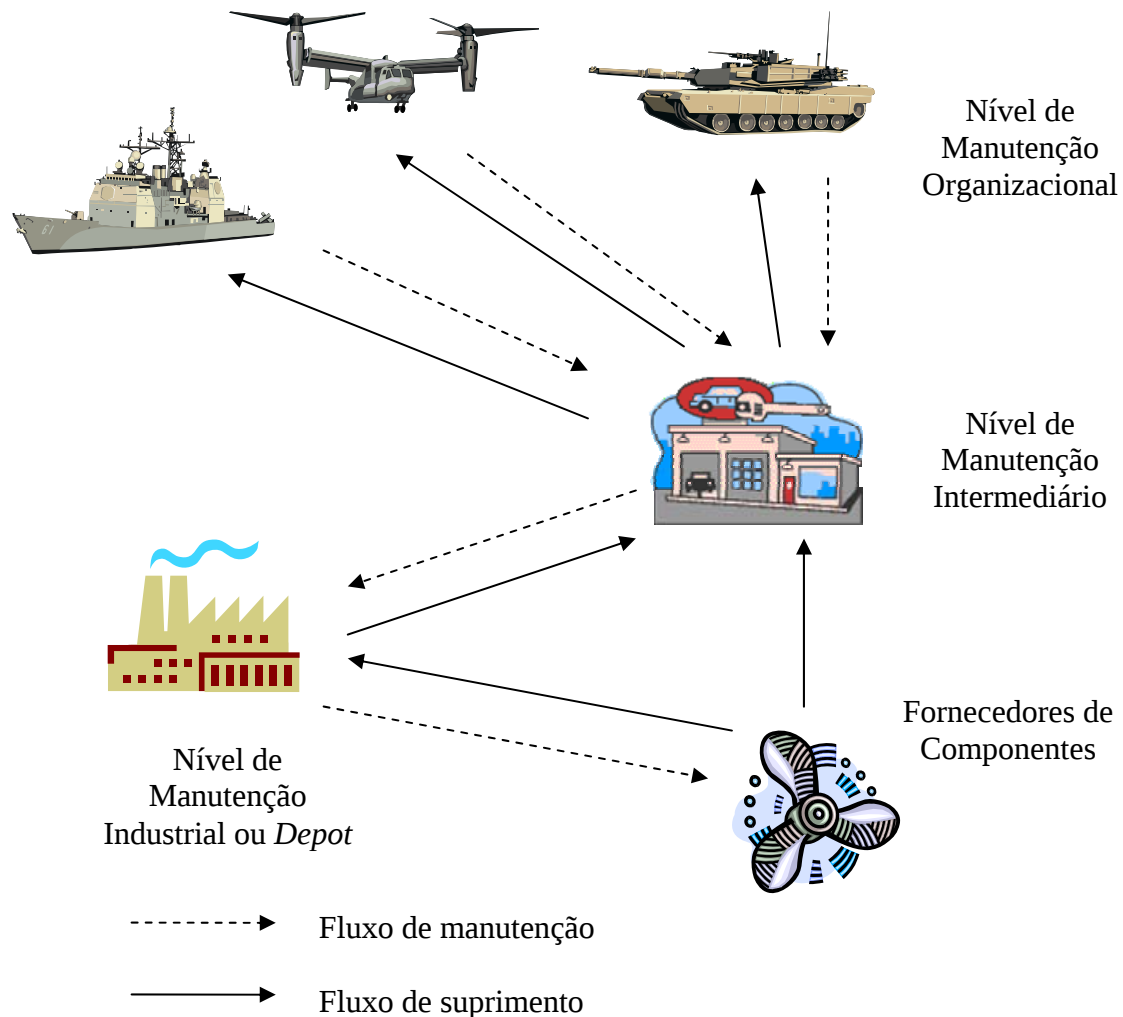


Figura 9: Cadeia logística de manutenção

Fonte: Adaptada de Blanchard (2004, p. 9).

Observa-se na figura acima dois fluxos bem definidos: um de manutenção e outro de distribuição. O de manutenção existe quando itens retornam do sítio operacional para os níveis de manutenção intermediário e industrial ou *depot*. O de distribuição existe quando sobressalentes, pessoal, equipamento de teste e dados dos diversos fornecedores, fluem para os níveis de manutenção intermediário e industrial ou *depot* e para os sítios operacionais, quando requeridos.

Para melhor compreensão dos fluxos anteriormente mencionados, descreve-se abaixo como os mesmos se processam no caso de ocorrer uma falha no sistema técnico no sítio operacional.

Ao ser constatada uma falha, a mesma é investigada e pode ter ocorrido em uma LRU, ou não. Se não for em LRU o reparo terá que ser feito no próprio sistema (*Repair in Place* ou RIP). Se for em LRU, ou o reparo pode ser feito no próprio local (RIP) ou, a LRU é substituída por outra existente em estoque no sítio operacional (caso exista uma unidade em estoque). A LRU será reparada ali se estiver ao alcance da qualificação do pessoal do nível organizacional e dos recursos a sua disposição, caso contrário, será enviada para o nível intermediário de manutenção e, ao mesmo tempo, será feito um pedido para restabelecer o estoque do sítio operacional.

Ao chegar à instalação de nível de manutenção intermediário a LRU é inspecionada para se verificar onde ocorreu a falha. Três situações podem ocorrer:

- 1) Nenhuma falha é detectada e a LRU retorna ao estoque (*No Fault Found – NFF*)
- 2) A falha ocorreu em uma das SRU que compõe o LRU; ou
- 3) A falha ocorreu em parte do LRU, não pertencente a um de seus SRU (se existir algum).

Se a falha for em SRU, este é substituído por outro existente no estoque do nível intermediário. A LRU reparada vai para o estoque e um SRU é solicitado à instalação de nível de manutenção industrial ou *depot*. Tenta-se então reparar o SRU ali mesmo. Se for obtido sucesso a SRU vai para o estoque, caso contrário (situação caracterizada como *Non Repairable This Site – NRTS*), esta é enviada para a instalação de nível de manutenção industrial ou *depot*. Se a falha ocorreu na LRU e não em uma SRU, o mesmo procedimento descrito acima para falha em SRU é seguido.

Ao chegar à instalação de nível de manutenção industrial ou *depot* a SRU (ou LRU) defeituosa é inspecionada, buscando-se identificar a falha. Novamente, pode ser constatada a não existência de falha (NFF) ou a sua localização no SRU (LRU) ou em um de seus SRU componentes. Se a falha for em SRU, esta é substituída por uma que se encontra no estoque e a SRU vai para o estoque. Tenta-se, então, reparar a SRU. Obtendo-se sucesso, a mesma é enviada para o estoque, caso contrário, a mesma é enviada para o fabricante, ou descartada, dependendo do conceito de projeto dos itens ou do conceito de manutenção adotado.

Se a falha for em LRU, a mesma é reparada e volta para o estoque ou é descartada.

A figura que segue permite uma melhor visualização do processo descrito:

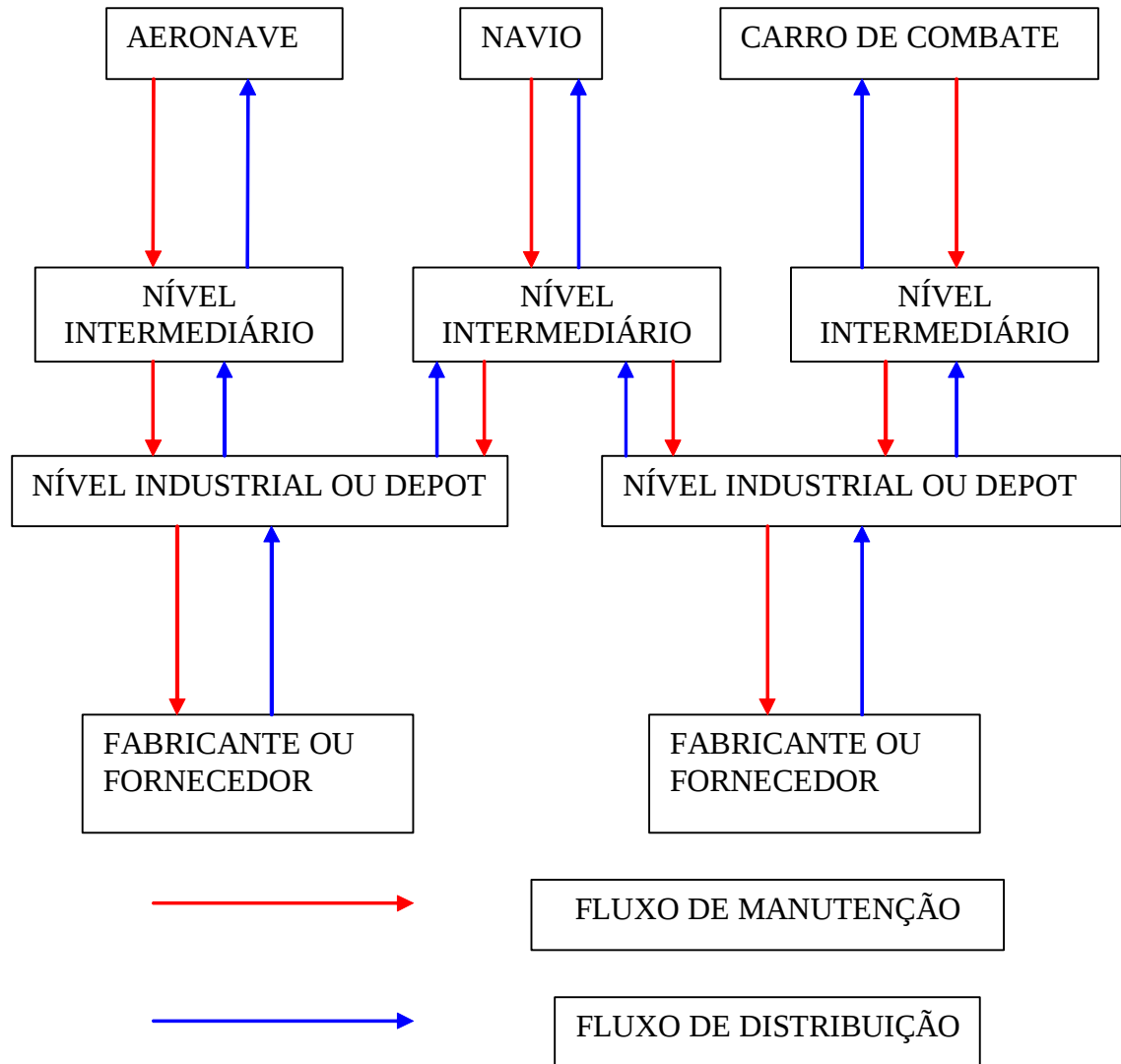


Figura 10: Fluxos dentro da cadeia logística de manutenção

Fonte: Adaptada de Blanchard (2004, p. 140).

Para que esses fluxos ocorram ao longo da cadeia é necessária a interação de diversos elementos, abaixo relacionados:

- 1) Pessoal de apoio, manutenção e logística;
- 2) Treinamento e apoio de treinamento;
- 3) Apoio de suprimento – sobressalentes (LRU/SRU), consumíveis, partes de reparo, suprimentos especiais e o gerenciamento de seus inventários;
- 4) Recursos de computação (*Hardware* e *Software*);

- 5) Dados técnicos, relatórios e documentação;
- 6) Instalações de apoio e manutenção;
- 7) Acondicionamento, manuseio, armazenagem e transporte (distribuição);
- 8) Equipamento de apoio, de manuseio, de medida e de teste;
- 9) Informações logísticas.

2.7 APOIO LOGÍSTICO INTEGRADO (*INTEGRATED LOGISTICS SUPPORT – ILS*)

Historicamente, tem se verificado que o custo de operar e manter um sistema é geralmente muito maior que o de seu desenvolvimento e produção, e/ou aquisição. É, então, que surge, em meados dos anos 60, o conceito de Apoio Logístico Integrado, desenvolvido para auxiliar na gerência do ciclo de vida de sistemas e preconiza que se deve considerar o sistema de apoio logístico como parte integrante do sistema, desde a sua fase conceitual e ao longo das demais fases que integram a engenharia de sistemas. Este conceito foi absorvido, mais recentemente, pela abordagem de Engenharia de Sistemas, que se convencionou chamar de Engenharia Simultânea ou Engenharia Concorrente.

O seu objetivo é influenciar o projeto do sistema, para aqueles que são projetados e desenvolvidos, ou de avaliar as possíveis alternativas, no caso de aquisição de sistemas já em fase de produção, de modo a reduzir o seu custo de ciclo de vida e aumentar a sua disponibilidade operacional durante a sua vida útil. De acordo com o DSMC – Defense Systems Management College, no *Integrated Logistics Support Guide*, o conceito evoluiu ao longo das décadas de 70, 80 e 90 e se expandiu para constituir:

Uma abordagem iterativa unificada e disciplinada para as atividades técnicas e gerenciais necessárias para:

1. Integrar as considerações de apoio ao projeto de sistemas e equipamentos;
2. Desenvolver requisitos de apoio que são relacionados consistentemente aos objetivos de prontidão, ao projeto, e a ambos;
3. Adquirir o apoio requerido; e
4. Prover apoio requerido durante a fase operacional a um custo mínimo (DSMC, 1994 apud BLANCHARD, 2004, p. 8).

Pode-se também mencionar o conceito de apoio logístico integrado mencionado no projeto de norma *Through Life Support Standard* (TLSS) do Ministério da Defesa do Reino Unido, que substituirá a norma Defence Standard 00-60 em virtude de suas limitações:

Apoio logístico Integrado provê uma metodologia para garantir que questões de apoiabilidade e fatores de custo sejam considerados ao longo do ciclo de vida do equipamento, de modo que o seu projeto seja apropriadamente influenciado por esses fatores, permitindo uma disponibilidade e um custo de ciclo de vida ótimos (PLANT, 2005, p. 2).

O conceito de Apoio Logístico Integrado é composto por diversas disciplinas, também chamadas de elementos logísticos principais. Cada disciplina, ou elemento, dedica-se a cuidar de um aspecto específico do apoio logístico a um sistema. Segue-se abaixo uma relação desses elementos logísticos principais:

- 1) Planejamento da manutenção
- 2) Apoio de suprimentos
- 3) Equipamento de teste e apoio
- 4) Confiabilidade, Manutenibilidade, Segurança, Capacidade de teste e outras disciplinas de projeto.
- 5) Instalações
- 6) Mão-de-obra e fatores humanos
- 7) Treinamento e equipamento para treinamento
- 8) Documentação técnica
- 9) Empacotamento, manuseio, armazenagem e transporte
- 10) Recursos de computação (*hardware* e *software*)
- 11) Alienação.

Para que os objetivos do Apoio Logístico Integrado possam ser alcançados é necessário que as diversas disciplinas sejam coordenadas.

As atividades do Apoio Logístico Integrado começam com o planejamento antecipado, desde a identificação da necessidade de um novo sistema, ou item de equipamento, e continua ao longo de sua vida útil. O ciclo de vida de um sistema é composto pelas seguintes fases:

- 1) Determinação da necessidade
- 2) Projeto Conceitual
- 3) Projeto Preliminar
- 4) Projeto e Desenvolvimento detalhado
- 5) Produção e/ou Construção
- 6) Operação e Apoio
- 7) Alienação.

O conceito de apoio logístico integrado se processa em paralelo com essas fases acima enumeradas. A primeira é a identificação de uma necessidade. A partir daí começa a etapa de relacionar as possíveis alternativas para atender a essa necessidade. Essas alternativas vão incluir a modificação de sistemas já existentes, a pesquisa daqueles, que, já tendo sido desenvolvidos, existam no mercado, ou o desenvolvimento de um novo.

Começa, então, a Análise de Apoio Logístico, que utiliza as informações de projeto para ser implementada, mas, também, pode influenciar o projeto, à medida que progride para determinar a infra-estrutura de apoio logístico e os dados de apoio associados.

Nas fases mais avançadas do processo de engenharia de sistemas, a análise de apoio logístico vai determinando, qualitativamente e quantitativamente, os elementos do apoio logístico integrado mencionados anteriormente, através das diversas tarefas analíticas que a compõe.

2.8 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO (REFERENCIAL TEÓRICO SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO)

Como parte do objetivo deste trabalho é sugerir uma modelagem preliminar para um sistema de informação, torna-se necessário comentar alguns conceitos importantes relacionados à modelagem de sistemas de informação.

Segundo Rumbaugh (2000 p.6), um modelo é uma simplificação da realidade. Ele defende a construção de modelos para os sistemas antes de sua implementação final, baseado em dois fatores:

- O modelo leva a uma melhor compreensão do sistema a ser desenvolvido.
- Um sistema complexo não pode ser compreendido em sua totalidade.

Ainda, segundo o autor, o uso da modelagem tem uma rica história em todas as disciplinas de engenharia, levando à definição de quatro princípios básicos:

- A escolha dos modelos a serem criados tem profunda influência sobre a maneira como um determinado problema é atacado e como uma solução é definida.
- Cada modelo poderá ser expresso em diferentes níveis de precisão.
- Os melhores modelos estão relacionados à realidade.
- Nenhum modelo único é suficiente. Qualquer sistema não-trivial será melhor investigado por meio de um pequeno conjunto de modelos quase independentes.

Para o desenvolvimento de *softwares*, existem diferentes formas de modelar os sistemas, sendo a forma mais tradicional baseada em algoritmos. Para este tipo de modelagem importam apenas as ações do sistema, levando à concepção de 3 elementos: entrada, processamento e saída. Logo, a modelagem tradicional é baseada em processos principais e sua decomposição em processos menores. Para Rumbaugh (2000 p.11), não existe nenhuma grande desvantagem nessa solução, com exceção da tendência a permitir sistemas instáveis. À medida que os requisitos se modificam e o sistema cresce, será difícil fazer a manutenção de sistemas construídos a partir do foco em algoritmos.

A modelagem contemporânea de sistemas baseia-se em personagens, com atributos e comportamentos definidos, os quais interagem de diferentes formas, transformando o sistema no resultado final destes relacionamentos. Estes personagens são os objetos, sendo que um conjunto de objetos semelhantes levará à definição de uma classe, ou, sob outro ponto de vista, um objeto seria um personagem criado a partir das regras definidas no “molde”, que é a classe.

2.8.1 Unified Modeling Language – UML

Inicialmente, cabe destacar que o paradigma da orientação a objetos tem sido amplamente aceito, difundido e utilizado com sucesso na representação de sistemas ou “domínios de problemas”, uma vez que a percepção e o raciocínio do ser humano estão relacionados diretamente com o conceito de objetos.

As linguagens de modelagem orientadas a objetos surgiram entre a metade da década de 1970 e o final da década de 1980, diante de um novo gênero de linguagens de programação orientadas a objetos e de aplicações cada vez mais complexas. Um conjunto de novas metodologias surgiu de forma desordenada, causando um colapso no entendimento entre elas.

A UML é uma tentativa de padronizar a modelagem orientada a objetos, de forma que qualquer sistema, seja qual for o seu tipo, possa ser modelado corretamente, com consistência, sendo fácil de se comunicar com outras aplicações, simples de ser atualizado e compreensível.

É importante destacar que a UML não está restrita apenas à modelagem de softwares. Na verdade, é suficientemente expressiva para modelar sistemas de diversos tipos como (RUMBAUGH et al., 2001):

- Sistemas de Informação: armazenar, pesquisar, editar e mostrar informações aos usuários. Manter grandes quantidades de dados com relacionamentos complexos, que são guardados em bancos de dados relacionais ou orientados a objetos.

- Sistemas Técnicos: manter e controlar equipamentos técnicos, como de telecomunicações, militares ou processos industriais. Devem possuir interfaces especiais do equipamento e menos programação de software de que os sistemas de informação.
- Sistemas de Negócios: descrevem os objetivos, especificações (pessoas, computadores etc.), as regras (leis, estratégias de negócios, políticas etc.) e o atual trabalho desempenhado nos processos de negócio.
- Sistemas Distribuídos: distribuídos em máquinas onde os dados são transferidos facilmente de uma máquina para outra. Eles requerem mecanismos de comunicação sincronizados para garantir a integridade dos dados e geralmente são construídos em mecanismos de objetos como CORBA, COM/DCOM OU J-Beans/RMI.
- Sistemas de Software: definem a infra-estrutura técnica que outros softwares utilizam. Sistemas operacionais, bancos de dados e ações de usuários que executam em baixo nível no hardware, ao mesmo tempo em que disponibilizam interfaces genéricas de uso de outros softwares.

É importante destacar que a maioria dos sistemas não apresenta apenas uma das características acima relacionadas, mas várias delas ao mesmo tempo.

A possibilidade de aplicação em sistemas técnicos e sistemas de informação mostra a possibilidade de se utilizar a UML na presente dissertação.

2.8.1.1 Componentes Básicos da UML

A seguir são apresentados os principais componentes da UML descritos pelo *Object Management Group* (2005):

Classe – as classes são os blocos de construção mais importantes de qualquer sistema orientado a objetos. Uma classe é uma descrição de um conjunto de objetos que compartilham os mesmos atributos, operações, associações e semântica. É utilizada para abstrair o sistema que está sendo desenvolvido, dependendo do nível de entendimento. Por exemplo, podem existir classes que representem itens de *software*, *hardware* e até itens que sejam puramente conceituais. A sua identificação é dada por um nome unívoco no modelo. Geralmente são substantivos ou expressões breves que identificam uma parcela conceitual da realidade. A representação gráfica de uma classe é apresentada na Figura 11.

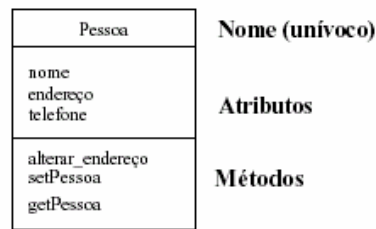


Figura 11: Forma de representação de uma Classe em UML

Atributo – representados na parte central da classe, os atributos são propriedades que descrevem os intervalos de valores que as instâncias da classe podem apresentar. Uma classe pode ter qualquer número de atributos ou até mesmo nenhum deles. São compartilhados por todos os objetos instanciados na classe. Eles podem ser representados apenas por seu nome ou por seu nome e tipo de valores a que pertencem estes atributos.

Métodos – Métodos ou operações correspondem à implementação de um serviço que pode ser executado por algum objeto da classe, representando seu comportamento. Em outras palavras, uma operação é uma abstração de algo que pode ser feito com um objeto e que é compartilhado por todos os objetos dessa classe. A classe pode ter inúmeros métodos ou nenhum deles. Podem ser representados exibindo apenas seus nomes ou indicando sua assinatura, que contém o nome o tipo e o valor-padrão de todos os parâmetros e, no caso de funções, o tipo a ser retornado. Quando a operação não possui nenhum parâmetro a ser passado, são representados apenas pelos parênteses logo após o nome da operação.

Relacionamento – ao decorrer da modelagem é notório que pouquíssimas classes trabalham isoladas. A maioria colabora entre si de várias formas. Portanto, ao fazer a modelagem de um sistema, será necessário não somente identificar os itens que formam o vocabulário do sistema, mas também modelar como esses itens se relacionam entre si. Em uma modelagem orientada a objetos existem três tipos de relacionamentos que merecem uma maior atenção: (i) dependência, que representa relacionamento de utilização entre as classes; (ii) generalização, que representa classes generalizadas e suas especializações; (iii) agregação, usada para denotar relacionamentos todo/parte; e (iv) associação, que representa relacionamentos estruturais entre objetos. Cada um desses relacionamentos fornece uma forma diferente de combinações e subtipos.

Generalização – é um relacionamento entre itens gerais (chamadas super-classes ou classe-mãe) e tipos mais específicos desses itens (chamadas subclasses ou classes-filhas). Muitas vezes as generalizações são chamadas de relacionamentos “é um tipo de”. A generalização significa que os objetos da subclasse podem ser utilizados em qualquer local

onde a super-classe ocorra, mas não vice-versa. Em outras palavras, a subclasse herda as propriedades da super-classe, principalmente seus atributos e operações. Frequentemente as subclasses têm atributos e operações além daqueles encontrados nas respectivas super-classes. A operação de uma subclasse, que tenha a mesma assinatura de uma super-classe, prevalecerá em relação à operação da super-classe.

Graficamente a generalização é representada por uma linha sólida apontando a super-classe com um triângulo sem preenchimentos, conforme ilustrado na Figura 12:

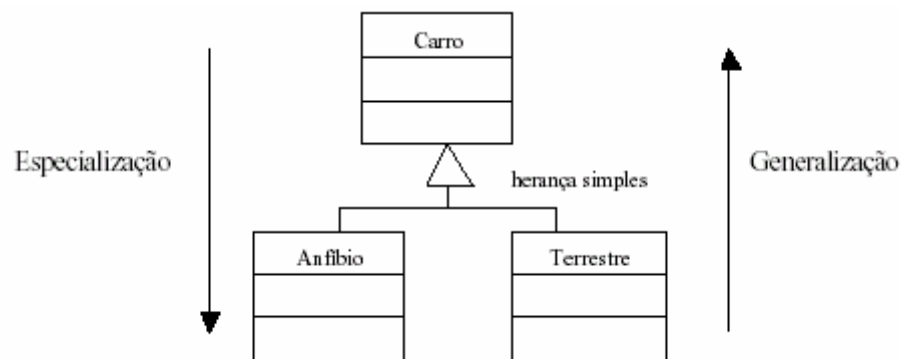


Figura 12: Representação de Generalização em UML

Toda generalização gera uma abstração contrária que é a especialização.

Associação – uma associação é um relacionamento estrutural que especifica objetos de uma classe associados a objetos da mesma ou outra classe.

Graficamente uma associação é representada com uma linha sólida conectando as classes associadas. Pode ou não ter um nome, para descrever melhor o entendimento do relacionamento. A Figura 13 ilustra uma associação.

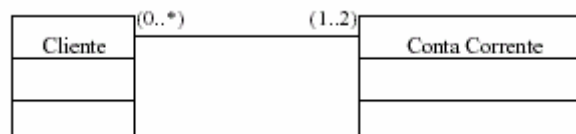


Figura 13: Representação de Associação em UML

É importante destacar a possibilidade de existência de “classes de associação”. Uma classe de associação corresponde a um elemento de modelagem que tem associação e propriedades de classe, podendo ser vista tanto como uma associação que tem propriedades de classe como uma classe que tem propriedades de associação. A Figura 14 ilustra a forma de representação de uma classe de associação.

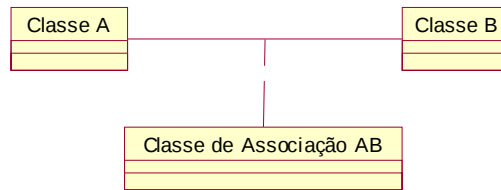


Figura 14: Representação de uma Classe de Associação

Multiplicidade – em muitas situações de modelagem, é importante determinar a quantidade de objetos que podem ser determinados pela instância de uma associação. Essa quantidade é denominada de multiplicidade do papel de uma associação. É escrita como uma expressão equivalente a um intervalo de valores ou a um valor específico. Ao determinar a multiplicidade em uma das extremidades de uma associação, está sendo especificado que para cada objeto da classe encontrada na extremidade oposta, deve haver a quantidade especificada de objetos na próxima extremidade. São exemplos:

- Exatamente um (1);
- Zero ou um (0..1);
- Muitos (0..*);
- Um ou mais (1..*);
- Número exato (3);
- Intervalos (1..5); e
- Qualquer quantidade, exceto o 2 e o 5 (0..1,3..4,6..*).

Agregação – a agregação indica que uma das classes do relacionamento é uma parte, ou está contida em outra classe. As palavras-chave usadas para identificar uma agregação são “consiste em”, “contém”, “é parte de”, entre outras. É considerada um tipo especial de uma associação.

Graficamente é representada por um losango sem preenchimento na parte da classe que representa o “todo”, conectado por uma linha sólida até a classe a qual representa a “parte”. A Figura 15 apresenta um exemplo de agregação.

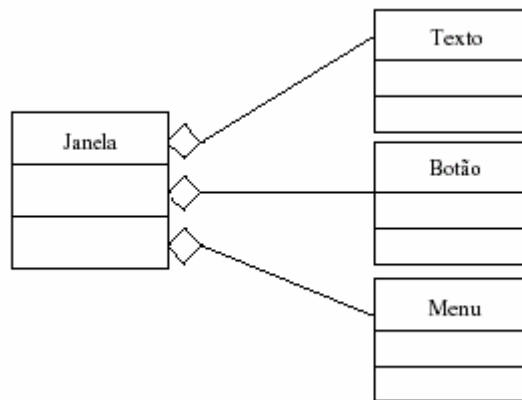


Figura 15: Representação de Agregação em UML

2.8.1.2 Diagramas da UML

Como a UML é uma unificação de vários conceitos de diferentes metodologias da modelagem orientada a objetos, é natural que esta linguagem de representação apresente uma grande variedade de diagramas.

Segundo o *Object Management Group* (2005) existe uma grande variedade de diagramas da UML, que podem ser usados num processo de modelagem de um sistema (ou de um “domínio de problema”). Em geral, dependendo do tipo de problema (ou sistema) que se deseja representar, são escolhidos alguns diagramas específicos a serem utilizados.

Neste trabalho resolveu-se utilizar os diagramas de classe por melhor adequarem-se ao objetivo principal, que era a proposição de um modelo geral dos conceitos envolvidos no processo de engenharia de sistemas técnicos.

Diagrama de Classes é uma estrutura lógica estática, em uma superfície de duas dimensões, mostrando uma coleção de elementos declarativos de modelo, como classes, tipos e seus respectivos conteúdos e relações.

A figura 16 apresenta um exemplo resumido de diagrama de classe com as principais características utilizadas neste trabalho, como especialização e generalização, associação e agregação, representação das classes e seus atributos.

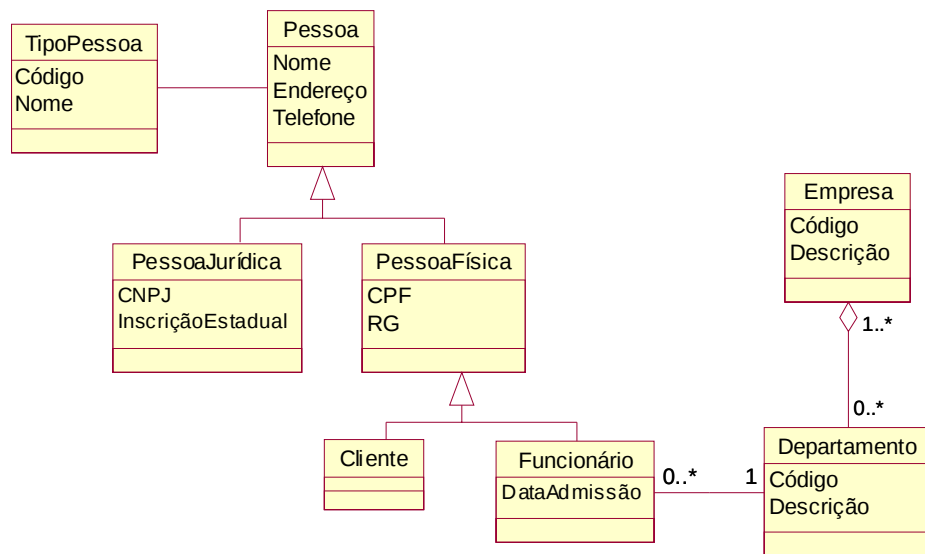


Figura 16: Exemplo de Diagrama de Classes

3. METODOLOGIA

Para uma melhor compreensão do problema foi elaborada a matriz abaixo relacionando as fases do ciclo de vida aos produtos, sejam de missão principal ou capacitadores. O objetivo é ilustrar a complexidade e amplitude dos dados associados ao processo de engenharia de sistemas.

Cabe ressaltar que, em virtude desta complexidade, o trabalho se concentrou no sistema de missão principal e no seu sistema de apoio e abrangem somente as fases de concepção, desenvolvimento, operação e apoio (parte hachurada na figura 17).

Produto	Fase do ciclo de vida				
	Concepção	Desenvolvimento	Produção	Operação/Apoio	Descarte
Sistema principal					
Produtos de desenvolvimento					
Produtos de Produção					
Produtos de treinamento					
Produtos de apoio					
Produtos de descarte					

Figura 17: Sistemas e fases do ciclo de vida considerados

A metodologia utilizada neste trabalho obedeceu às seguintes etapas:

- 1) Identificação dos dados necessários para desenvolver um programa de análise de apoio logístico e para avaliar a eficácia e eficiência de estruturas logísticas de manutenção;
- 2) Caracterização da infra-estrutura de apoio logístico e de manutenção (cadeia logística de manutenção) da MB e, mais detalhadamente, a de suas aeronaves;

- 3) Levantamento das transações típicas que ocorrem na cadeia logística de manutenção;
- 4) Levantamento de padrões para troca de informações logísticas e de manutenção;
- 5) Modelagem preliminar de um sistema de informação para projeto, implantação e gerência de cadeias logísticas de manutenção; e
- 6) Conclusão.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DOS DADOS NECESSÁRIOS PARA SE DESENVOLVER UM PROGRAMA DE ANÁLISE DE APOIO LOGÍSTICO

Foi escolhido o processo de análise de apoio logístico como fonte para se determinar os dados que deverão ser gerenciados pelo sistema de informações, em virtude dos seguintes motivos:

- sua complexidade;
- sua amplitude;
- por existirem padrões militares (normas) e
- por sua difusão entre alguns países, que já o utilizam há algum tempo.

Além disso, as normas que estabelecem este processo estabelecem que ele deve ser parte integrante do processo de engenharia de sistemas.

3.2 INFRA-ESTRUTURA DE APOIO LOGÍSTICO E DE MANUTENÇÃO (CADEIA LOGÍSTICA DE MANUTENÇÃO) DA MB E DE SUAS AERONAVES

Foi analisada a infra-estrutura estabelecida na Marinha do Brasil para dar suporte à operação de seus meios, mais detalhadamente, de suas aeronaves, através de observação nos esquadrões de aeronaves, especificamente nos setores envolvidos com a logística e a manutenção das aeronaves, na Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia, onde são feitos reparos em nível intermediário e no Depósito Naval de São Pedro da Aldeia, cuja tarefa é armazenar e distribuir os sobressalentes das aeronaves. Esta análise teve como objetivo utilizar a cadeia logística de aeronaves da MB como fonte de informações para se modelar os processos que ocorrem em geral na Cadeia Logística de Manutenção, ou seja, a partir de um caso particular abstrair para o todo. Foi escolhida a MB devido ao conhecimento que o autor possui desta estrutura.

3.3 MODELAGEM DAS TRANSAÇÕES TÍPICAS QUE OCORREM NA CADEIA LOGÍSTICA DE MANUTENÇÃO

Utilizando como base na descrição da cadeia logística de manutenção constante do capítulo 2 e na da MB, constante do capítulo 5, foi realizada uma modelagem das transações típicas que ocorrem na cadeia logística de manutenção, durante a fase de operação do sistema técnico, pois vários dos dados logísticos que deverão estar contidos no sistema de informações serão coletados por ocasião da realização destas transações (ações de manutenção, transporte, armazenagem, abastecimento etc.).

3.4 PADRÕES PARA TROCA DE INFORMAÇÕES LOGÍSTICAS E DE MANUTENÇÃO

Nesta parte do estudo foram estudadas algumas metodologias existentes para:

- Registro, armazenamento e troca de dados logísticos e de manutenção entre os elementos que compõe a cadeia logística de manutenção;
- gerência de dados de produtos; e
- engenharia de sistemas.

As metodologias analisadas foram: LSAR, Padrões ISO, Padrões GEIA, OREDA e SPEC2000.

O objetivo desse levantamento foi verificar a tendência atual para o desenvolvimento de sistemas de informação e padronização de registro, coleta e troca de dados. Dessa forma, o sistema de informação deverá ser desenvolvido seguindo uma tendência já existente e será compatível com essas diversas padronizações, permitindo o intercâmbio de dados com os diversos utilizadores das mesmas, aumentando a flexibilidade do banco de dados que será gerado ao longo do tempo.

3.5 MODELAGEM PRELIMINAR DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA PROJETO, IMPLANTAÇÃO E GERÊNCIA DE CADEIAS LOGÍSTICAS DE MANUTENÇÃO

Utilizando a UML (*Unified Modeling Language*) é proposta uma modelagem conceitual preliminar de um sistema de informação para projeto, implantação e gerência de cadeias logísticas de manutenção. Este sistema de informação teve como foco o sistema de missão principal e o seu sistema de apoio, por motivos já comentados, porém, na prática, seria

parte de um sistema de informação bem mais amplo, que abrangeria todo o processo de engenharia de sistemas.

4. O PROCESSO DE ANÁLISE DE APOIO LOGÍSTICO

O processo de Análise de Apoio Logístico foi desenvolvido para coordenar as disciplinas de apoio logístico integrado, de uma maneira organizada e iterativa, desde a identificação da necessidade de um novo sistema.

De acordo com Jones (1989, p.14), “Assim, a AAL provê um método para inserir preocupações de apoio logístico no processo de projeto, de modo que o projeto final do sistema seja tão fácil de apoiar quanto possível e com uma boa relação custo-eficácia”.

Outro aspecto do apoio logístico integrado, que não era atingido satisfatoriamente, é a capacidade de influenciar o projeto do sistema, nos aspectos de apoiabilidade, custo e desempenho.

A análise de apoio logístico é uma das principais ferramentas do apoio logístico integrado. Ela é o meio primário pelo qual os objetivos do apoio logístico integrado são atingidos e suas atividades consistem de uma série de tarefas analíticas que:

- a. fazem com que considerações de apoio logístico influenciem o projeto do equipamento.
- b. identificam questões de apoio, requisitos de prontidão e os contribuintes relevantes para custos o mais cedo possível no ciclo de vida do equipamento.
- c. definem requisitos de recursos de apoio logístico para a vida do equipamento.
- d. desenvolvem uma base de dados de apoio logístico chamada LSAR para uso no gerenciamento do apoio ao equipamento ao longo de sua vida (MINISTRY OF DEFENCE, 2004, p. 3).

O documento governamental que primeiro estabeleceu como se deve executar um programa formal de Análise de Apoio Logístico foi o padrão militar (*Military Standard*) MIL-STD-1388-1 – *Logistic Support Analysis* (Análise de Apoio Logístico) do Departamento de Defesa dos EUA (*Department of Defense*), criado em 1973. Esse padrão teve uma revisão em 1983, sendo alterado para MIL-STD-1388-1A.

Este último foi substituído por um Military Handbook (MIL-HDBK-502), em 1997, que introduziu o conceito de Análise de Apoiabilidade, não mais estabelecendo e descrevendo, formal e detalhadamente, as tarefas que compõe um programa formal de análise de apoio logístico.

Análises de apoiabilidade são uma série vasta de análises relacionadas que devem ser conduzidas juntamente com o processo de engenharia de sistemas. Os objetivos das análises de apoiabilidade são garantir que a apoiabilidade seja incluída como um requisito de desempenho do sistema e que o sistema é simultaneamente desenvolvido, ou adquirido, com a infra-estrutura e sistema de apoio ótimos. As análises integradas podem incluir qualquer número de ferramentas, práticas ou técnicas para atingir os objetivos. Por exemplo, análise de nível de reparo, previsões de confiabilidade, análise de manutenção centrada em confiabilidade, análise de modos de falha, efeitos e criticalidade, análise de custo de ciclo de vida etc., podendo todas serem categorizadas como análises de apoiabilidade (DEPARTMENT OF DEFENSE, 1997, p. 5-1).

Como se pode verificar no trecho acima, várias das análises mencionadas fazem parte do processo formal de análise de apoio logístico. Além disso, o resultado a ser alcançado, ao final do processo de análise é, na prática, o mesmo, sendo necessárias as mesmas informações logísticas para a sua execução.

Devido ao cancelamento do padrão MIL-STD-1388-1A pelos EUA, outros países que também o utilizavam para desenvolver seus programas, como é o caso do Reino Unido e da Austrália, criaram o seu próprio padrão para substituí-lo, aperfeiçoando-o e adequando-o às suas necessidades, como é o caso dos padrões *Defence Standard* 00-60, editado pelo Ministério da Defesa (*Ministry of Defence*) do Reino Unido, e *Defence Standard* (AUST) 5691 do Departamento de Defesa (*Department of Defence*) da Austrália.

Neste trabalho será utilizado o processo formal de Análise de Apoio Logístico como guia para se determinar quais informações logísticas são necessárias à gerência do ciclo de vida de um sistema técnico.

A figura abaixo ilustra o que se pretende com um processo formal de Análise de Apoio Logístico:

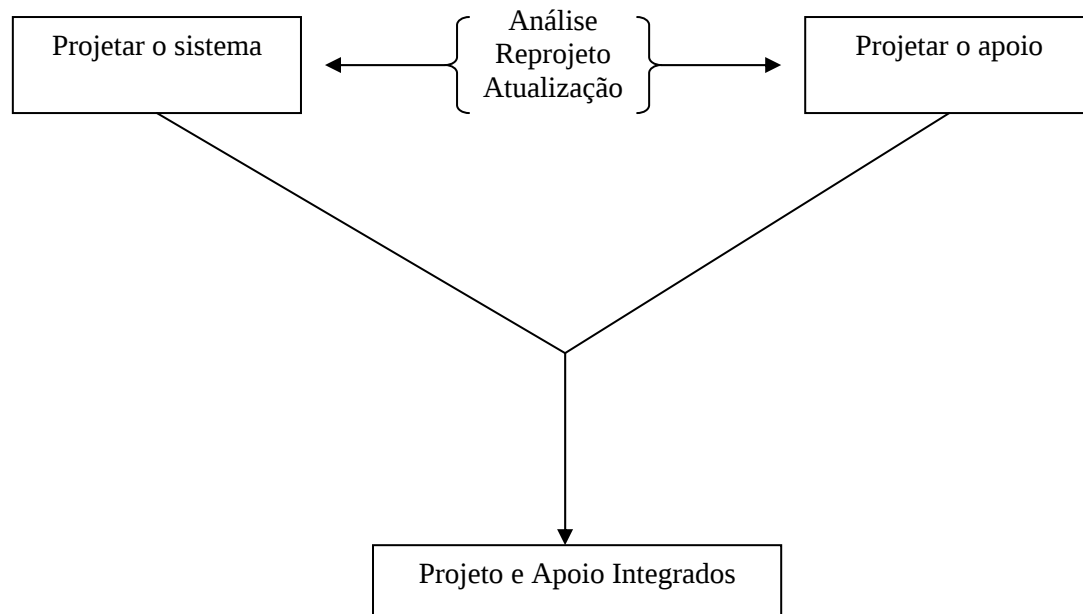


Figura 18: Objetivo da análise de apoio logístico

Fonte: Adaptada de Jones (1989, p. 15).

De acordo com Jones (1989, p. 20),

O programa de análise de apoio logístico consiste de 15 tarefas inter-relacionadas que são divididas em 5 seções. Cada seção do programa tem um propósito e contribuição definidos para alcançar todas as metas do programa de Análise de Apoio Logístico. Adicionalmente, as tarefas são divididas em subtarefas, em virtude dos diversos aspectos do ALI que o programa de Análise de Apoio Logístico enfoca.

Os padrões mencionados descrevem como cada tarefa e subtarefa devem ser executadas, bem como seus respectivos dados de entrada e saída.

As tabelas a seguir relacionam as seções e suas respectivas tarefas:

Tabela 5: Seções de tarefas do processo de AAL

SEÇÃO	TÍTULO
100	Planejamento e controle do programa
200	Definição dos sistemas de missão e de apoio
300	Preparação e avaliação das alternativas
400	Determinação dos requisitos de recursos de apoio logístico
500	Avaliação da capacidade de apoio

Tabela 6: Tarefas do processo de AAL

TAREFA	TÍTULO
101	Desenvolvimento de uma estratégia inicial de AAL
102	Plano de Análise de apoio logístico
103	Revisões de programa e projeto
201	Estudo de uso
202	Padronização do <i>hardware</i> e <i>software</i> de missão e do sistema de apoio
203	Análise comparativa
204	Oportunidades tecnológicas
205	Fatores de apoiabilidade e de projeto relacionados à apoiabilidade
301	Requisitos funcionais
302	Alternativas do sistema de apoio
303	Avaliação de alternativas e análises de <i>Trade-off</i>
401	Análise de tarefas
402	Análise do início da operação
403	Análise do apoio após a produção
501	Teste, avaliação e verificação da apoiabilidade

As seções que seguem abaixo descreverão os objetivos de cada seção de um programa de AAL, as tarefas e subtarefas que as compõe e como executá-las. Serão abordadas, em maior profundidade, as tarefas e subtarefas que mais contribuem para o objetivo do trabalho.

4.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROGRAMA – SEÇÃO DE TAREFAS 100

O objetivo desta seção é prover um método padrão para início, controle e gerência de um programa de Análise de Apoio Logístico. Esta seção contém três tarefas, que definem as ações estratégicas de planejamento e de revisão, necessárias para garantir que o programa comece com as atenções e direção apropriadas para atingir os seus objetivos.

4.1.1 Estratégia inicial de análise de apoio logístico – Tarefa 101

O objetivo desta tarefa é garantir que, tanto o governo, quanto os fornecedores, tomem decisões conscientes, baseadas em dados históricos e fatos disponíveis, como o que deve ser feito em relação à Análise de Apoio Logístico, antes do início das demais tarefas.

Essa tarefa deve ser executada antes de serem elaborados os pedidos para apresentação de propostas pelos fornecedores.

4.1.2 Plano de análise de AAL – Tarefa 102

O propósito do Plano de Análise de Apoio Logístico é documentar os processos e procedimentos que serão usados para gerenciar e controlar o programa de Análise de Apoio Logístico. Este Plano deve ser completado com antecedência no programa, de modo a guiar o esforço de Análise de Apoio Logístico.

4.1.3 Revisões do programa e do projeto – Tarefa 103

O programa de Análise de Apoio Logístico e a avaliação do seu progresso para atingir as metas do programa, devem ser objeto de apreciação em todos os encontros entre o governo e o fornecedor.

O impacto do programa de Análise de Apoio Logístico deve ser sentido em todas as outras atividades preocupadas com o esforço global de projeto, porque cada uma delas tem um impacto no programa. O propósito desta tarefa é requerer formalmente que a Análise de Apoio Logístico seja enfocada em cada revisão do programa e do projeto conduzidas pelo governo e fornecedor.

4.2 DEFINIÇÃO DOS SISTEMAS DE MISSÃO E DE APOIO – SEÇÃO DE TAREFAS 200

As tarefas contidas nesta seção são projetadas para identificar a missão, ou missões, que o novo sistema ou equipamento vai ser requisitado a desempenhar, quantificar as metas de apoiabilidade do programa e prover entrada de dados para as análises de compromisso que são usadas para se determinar o projeto de apoiabilidade e a utilização de recursos ótimos para o novo sistema.

Esta seção é composta de cinco tarefas, cujos objetivos são influenciar o projeto e identificar os elementos de custo mais relevantes e as áreas problemáticas com antecedência, de maneira que eles possam ser resolvidos ou eliminados sempre que possível.

4.2.1 Estudo de uso – TAREFA 201

O estudo de uso identifica como, quando e onde o novo sistema será usado, bem como todos os fatores de apoiabilidade qualitativos requeridos para outras análises.

4.2.2 Padronização do sistema de apoio e do hardware e software de missão – Tarefa 202

O propósito desta tarefa é desenvolver um critério para o projeto do novo sistema que fará o máximo uso de recursos de apoio logístico existentes, ou já planejados. A padronização permite uma redução de custos, diminuindo a necessidade de projeto e desenvolvimento de recursos de apoio logístico específicos para o novo sistema, bem como durante a operação e o apoio ao sistema.

4.2.3 Análise comparativa – Tarefa 203

O propósito desta tarefa é usar a experiência e informações acumuladas com sistemas anteriores, ou existentes, para identificar sistematicamente as áreas do projeto que devem ser alvo de aprimoramento / melhoramento no novo sistema. Adicionalmente, a análise de sistemas anteriores deve ser usada para identificar *os elementos mais relevantes* nas áreas de apoiabilidade, custo e prontidão que podem ser melhoradas / aperfeiçoadas no projeto do novo sistema.

Para que essa tarefa possa ser executada são necessárias informações detalhadas sobre sistemas anteriores, ou atuais, que se parecem muito, ou contém porções que se parecem muito, com o sistema que está sendo projetado.

Esta tarefa é composta de oito subtarefas:

- 1) Identificar sistemas existentes para comparação;
- 2) Selecionar um sistema comparativo base;
- 3) Identificar parâmetros de custo, desempenho e requisitos de recurso de apoio logístico;
- 4) Identificar problemas de apoiabilidade qualitativos;
- 5) Identificar os elementos mais relevantes de sistemas comparativos;
- 6) Identificar outros os elementos mais relevantes;
- 7) Atualizar;
- 8) Identificar riscos.

As subtarefas acima listadas auxiliarão na enumeração dos parâmetros a serem registrados, analisados e corrigidos durante a vida útil do sistema, tais como:

- *Mean time between failure*;
- *Mean time to repair*;
- *Repair turn around time*;
- Número requerido de sobressalentes;
- Custo de sobressalentes;
- Número de ações de reparo, por montagem, por ano;
- Itens com falha crítica;
- Custo para apoio, por ano;
- Requisitos de pessoal;
- Requisitos de equipamento de apoio.

4.2.4 Oportunidades tecnológicas – Tarefa 204

O propósito desta tarefa é identificar tecnologias que podem ser aplicadas ao novo projeto para melhorar a apoiabilidade, reduzir custos, ou alcançar um melhor equilíbrio entre os dois, sem reduzir o desempenho.

Utilizando-se a tecnologia no estado da arte, no projeto do novo sistema, os resultados devem ser um melhoramento global no desempenho, apoiabilidade e custo de ciclo de vida.

Esta tarefa só se aplica a sistemas que estão sendo projetados e desenvolvidos, excluindo-se os que são adquiridos. Porém, pode servir como base para se avaliar quais as melhores tecnologias dos sistemas que estão sendo avaliados num processo de aquisição.

4.2.5 Fatores de projeto relacionados à apoiabilidade – Tarefa 205

O propósito desta tarefa é usar os resultados das tarefas anteriores para desenvolver um conjunto completo de características de apoio e apoiabilidade para o novo sistema. Estas características devem ser usadas como orientação para os engenheiros de projeto durante o processo de projeto para produzir um sistema que tem as características de apoiabilidade desejadas.

4.3 PREPARAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS – SEÇÃO DE TAREFAS 300

Os propósitos das tarefas contidas nesta seção são identificar desenvolver e avaliar as alternativas disponíveis para apoiar o novo sistema. Esta seção é composta de três tarefas. A primeira tarefa define as funções do novo sistema e as tarefas de operação e manutenção que são requeridas para apoiar essas funções. A segunda desenvolve conceitos alternativos para prover o apoio necessário. A terceira consiste de uma série de técnicas de avaliação inter-relacionadas para determinar a melhor alternativa de apoio.

Essas três tarefas são executadas sequencialmente de uma maneira iterativa e iniciam o processo de geração de informações detalhadas que são registradas no *Logistic Support Analysis Record* (LSAR).

4.3.1 Identificação de requisitos funcionais – Tarefa 301

Os propósitos dessa tarefa, composta de duas fases, são identificar primeiro as funções que o novo sistema deve desempenhar e, em seguida, identificar todas as tarefas de operação e manutenção que têm que ser executadas para apoiar o sistema no ambiente que se pretende utilizá-lo. Para permitir uma melhor compreensão desta tarefa listam-se abaixo as subtarefas que a compõe e a fase a que pertence:

Tabela 7: Subtarefas da tarefa 301 do processo de AAL

FASE	SUBTAREFA	DESCRIÇÃO
PRIMEIRA	1	Identificar funções do sistema
PRIMEIRA	2	Identificar funções únicas
PRIMEIRA	3	Identificar riscos
SEGUNDA	4	Identificar tarefas de operação e manutenção
SEGUNDA	5	Desenvolver alternativas de projeto
SEGUNDA	6	Atualizar

Dentre as tarefas acima listadas, merecem maior detalhamento as de número um, quatro e cinco.

4.3.1.1 Identificar funções do sistema – Subtarefa 1

O primeiro passo no processo de identificação funcional é identificar exatamente o que o novo sistema tem que fazer para cumprir as missões, ou tarefas pretendidas, o que deve resultar em uma lista mais longa de funções. Por exemplo, uma aeronave teria que decolar, voar, pousar, carregar armamento, prover apoio à vida para a tripulação, comunicar-se com outras aeronaves, ou com o solo, navegar, tirar fotos, usar o radar etc. Esse processo é importante para o entendimento de que funções devem ser apoiadas.

4.3.1.2 Identificar tarefas de operação e manutenção – Subtarefa 4

Essa subtarefa inicia a segunda fase da tarefa 301 e tem por objetivo identificar todas as tarefas de operação e manutenção que tem que ser realizadas para que o novo sistema seja capaz de cumprir as funções identificadas na subtarefa 1. O resultado dessa subtarefa deve ser uma lista de tudo que deve ser feito para manter o sistema operando, ou para concertá-lo, quando ocorre uma falha.

A execução desta subtarefa se inicia com a Análise de Modo de Falha, Efeitos e Criticidade (*Failure Mode, Effects and Criticality Analysis* – FMECA). A FMECA é uma análise em profundidade do sistema para identificar todas as maneiras pelas quais ele pode falhar. Geralmente, uma tarefa de manutenção será requerida para cada modo de falha. Isto não significa que haverá uma relação um para um, pois uma tarefa de manutenção poderá ser capaz de corrigir mais de um modo de falha.

Utiliza-se, em conjunto com a FMECA, a Análise de Manutenção Centrada em Confiabilidade (*Reliability-Centered Maintenance* – RCM) para identificar as tarefas de manutenção preventiva que são requeridas para apoiar o novo sistema.

Outro método para se identificar tarefas de operação e outras de apoio que não foram abrangidas pela FMECA e pela análise de RCM é analisar as funções listadas na subtarefa 1.

Ao final deverão ter sido identificadas todas as tarefas de operação e manutenção requeridas e registradas no LSAR.

4.3.1.3 Desenvolver alternativas de projeto – Subtarefa 5

O processo de identificação, cumprido nas subtarefas 1 a 4, permite identificar deficiências de projeto que causam problemas de apoiabilidade. O propósito desta subtarefa é requerer formalmente que as disciplinas de apoio logístico integrado participem ativamente no processo de projeto para desenvolver abordagens de projeto alternativas para resolver esses problemas de apoiabilidade identificados.

Essa é uma tarefa crítica para que o programa de Análise Apoio Logístico possa influenciar o projeto de modo a melhorar a apoiabilidade, atingindo, assim, uma de suas quatro metas.

4.3.2 Alternativas do sistema de apoio – Tarefa 302

O propósito desta tarefa é desenvolver métodos alternativos para prover o apoio necessário, em nível de sistema, para cumprir as funções e tarefas que foram identificadas na tarefa 301.

4.3.3 Avaliação de alternativas e análises de compromisso – Tarefa 303

Essa tarefa cobre todo o espectro das disciplinas de apoio logístico integrado e seu impacto no sistema total que está sendo projetado. O seu propósito é avaliar cada conceito de apoio alternativo desenvolvido na tarefa anterior para determinar-se o método preferido a ser usado para apoiar o novo sistema.

O processo de avaliação requer o uso de análises de compromisso para se determinar a melhor alternativa que atende aos requisitos de apoio, operação e projeto, ao mesmo tempo em que apresenta o melhor equilíbrio entre custo, prazo, desempenho, prontidão e apoiabilidade.

4.3.3.1 Análise de nível de reparo (LORA – *Level-of-Repair Analysis*) – Subtarefa 7

Dentre as subtarefas que compõe a tarefa 303, a de número 7 requer uma descrição mais aprofundada. Esta subtarefa consiste na realização de uma análise de nível de reparo para cada alternativa de projeto e de conceito de apoio que está sendo considerada visando determinar aquela que utiliza de maneira otimizada os recursos de apoio à manutenção. Este

processo analisa cada item significativo para manutenção no sistema para determinar qual o nível de manutenção mais adequado para seu reparo.

4.4 DETERMINAÇÃO DOS REQUISITOS DE RECURSOS DE APOIO LOGÍSTICO – SEÇÃO DE TAREFAS 400

As tarefas descritas nas seções 200 e 300 desenvolveram as características de apoiabilidade do sistema e determinaram os melhores conceitos de apoio para o sistema. O passo seguinte, no processo de Análise de Apoio Logístico, é aplicar os resultados dessas tarefas anteriores ao projeto do sistema para que sejam identificados, detalhadamente, os recursos de apoio logístico requeridos para apoiar o sistema quando este se tornar operacional, bem como outras questões relacionadas ao apoio a longo prazo. Descrevem-se abaixo as tarefas que compõe essa seção.

4.4.1 Análise de tarefas – Tarefa 401

A execução de uma análise de tarefas de manutenção completa resultará na identificação de todos os recursos logísticos necessários para apoiar o novo sistema. Este se constitui num método preciso para identificar esses recursos, substituindo procedimentos empíricos e “achismos”.

Essa é uma tarefa que consome uma grande quantidade de homens-hora, por conseguinte, sendo muito dispendiosa financeiramente. Porém, a economia realizada em virtude da eliminação, ou redução no mal uso de recursos e no seu desperdício ao longo da vida útil do sistema.

O processo de análise de tarefas de manutenção (*Maintenance Task Analysis* – MTA) requer dados de entrada de quase todas as tarefas anteriores do programa de Análise de Apoio Logístico, tanto direta quanto indiretamente.

O estudo de uso, que é o dado de saída tarefa 201 identifica os recursos de operação e manutenção que estão disponíveis, ou já em fase de planejamento, que possam ser utilizados pelo novo sistema e provê um esclarecimento do sistema de apoio que deve ser usado, bem como dos conceitos de operação e manutenção.

As tarefas de operação e manutenção que foram identificadas pela tarefa 301 e registradas no LSAR são a base para se iniciar a análise de tarefas de manutenção detalhada.

O conceito de apoio que foi escolhido como resultado das avaliações a análises de *Trade Off* da tarefa 303 é aplicado ao processo de análise que compõe esta tarefa.

Para alcançar o propósito desta tarefa é necessária uma completa documentação de engenharia do sistema até os níveis mais baixos na hierarquia de decomposição física e funcional do sistema, como montagens (*assembly*) e partes, para que todos os recursos possam ser identificados. Essa tarefa contém 11 subtarefas, a saber:

- 1) Conduzir uma análise de tarefas detalhada
- 2) Documentar o resultado da análise de tarefas no LSAR
- 3) Identificar recursos críticos ou novos
- 4) Identificar recursos de treinamento e de pessoal
- 5) Analisar requisitos de recursos
- 6) Minimizar riscos
- 7) Análise de transportabilidade
- 8) Aprovisionamento inicial
- 9) Validar as informações-chave contidas no LSAR
- 10) Preparar a documentação de Apoio Logístico Integrado
- 11) Atualizar o LSAR

4.4.1.1 Conduzir uma análise de tarefas detalhada – Subtarefa 1

O processo de análise de tarefas se inicia, na verdade, com a identificação das tarefas de operação e manutenção pela tarefa 301. Essas tarefas são, então, analisadas para se identificar os recursos de apoio requeridos.

A figura a seguir ilustra esse processo:

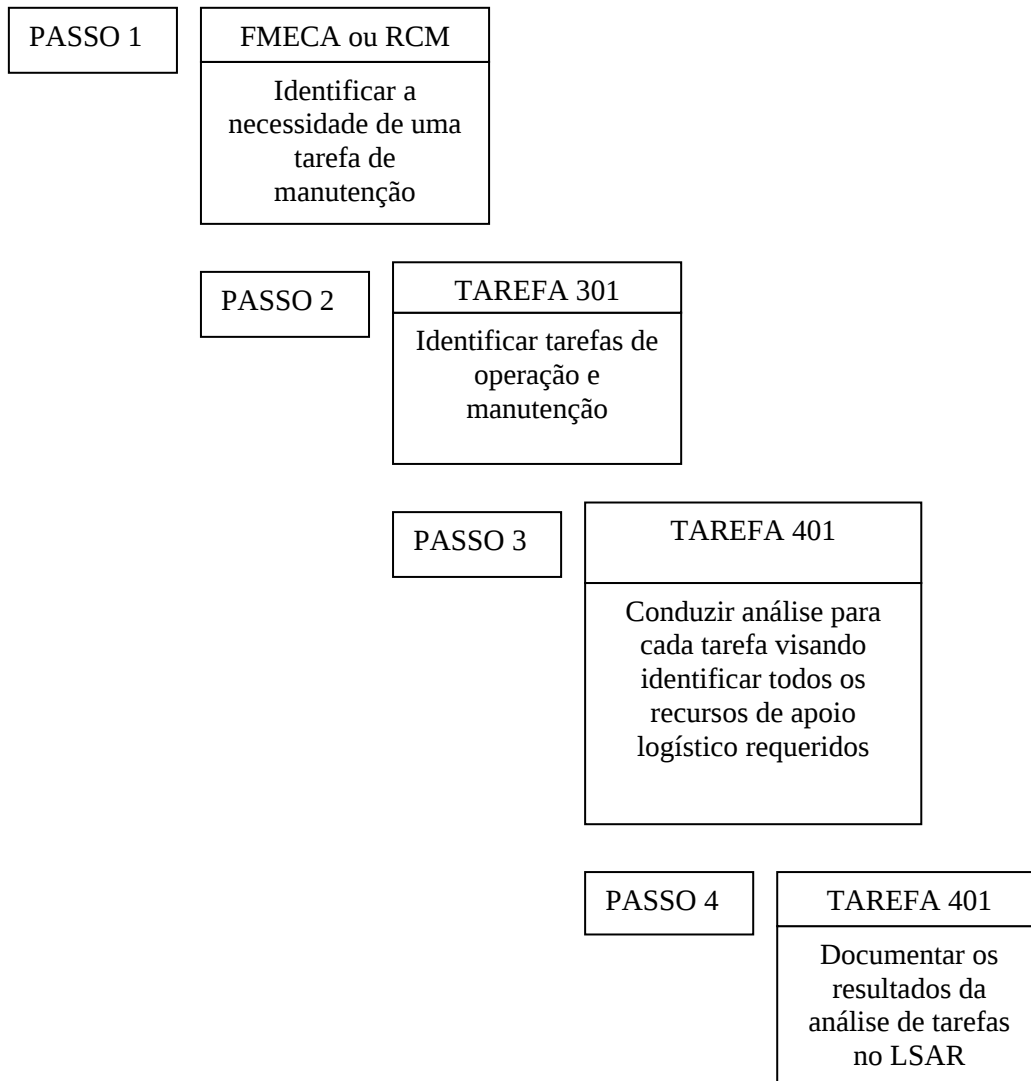


Figura 19: Processo de análise de tarefas

Fonte: Adaptada de Jones (1989, p. 71).

Este processo enfoca cada tarefa de operação e manutenção, nos mínimos detalhes, para identificar tudo que acontece quando a tarefa é executada, todos os recursos e as condições necessárias. Como exemplo, supõe-se que os resultados da FMECA indicaram que uma unidade específica poderia falhar.

Então, a tarefa 301 identificou a necessidade de uma tarefa de manutenção para reparar a unidade, pela sua remoção e substituição por uma unidade em bom estado.

A análise de tarefas de manutenção detalhada iria focar todos os aspectos dessa ação de manutenção. Usando o código de tarefas de manutenção como guia, o analista deveria seguir um processo de listar cada passo na tarefa de manutenção, por exemplo:

1. Realizar o teste requerido para identificar o módulo que falhou;
2. Ter acesso ao módulo, desmontando a unidade;
3. Substituir e reconectar o módulo funcional;
4. Remontar a unidade;
5. Testar a unidade para determinar se a substituição do módulo corrigiu a falha.

Para cada passo acima mencionado, é necessário registrar os recursos de apoio logístico necessários para executar o mesmo, conforme abaixo:

1. Número de pessoas por nível de qualificação que realizaria o passo;
2. Tempo requerido para realizar cada passo;
3. Equipamentos de apoio e teste;
4. Requisitos de instalações onde a tarefa será realizada;
5. Treinamento especial necessário para o pessoal estar capacitado a executar a tarefa;
6. Qualquer risco à segurança que possa ocorrer, ou estar presente, quando a tarefa é executada.

Repetindo-se esse processo de análise, para cada tarefa de operação e manutenção requerida para apoiar o sistema, os tipos e as quantidades de recursos que serão necessários podem ser identificados de uma maneira confiável.

4.4.1.2 Documentar o resultado da análise de tarefas no LSAR – Subtarefa 2

O propósito desta subtarefa é requerer, formalmente, que os resultados da subtarefa 1 sejam registrados no LSAR. Este é um requisito muito importante, pois o LSAR é para ser utilizado como o único repositório e fonte para todos os dados e informações de apoio logístico.

Estão listados abaixo os recursos que devem ser identificados, como resultado do processo de análise de tarefas de manutenção:

- Aprovisionamento;
- Homens-hora de manutenção;
- Pessoal e qualificações;
- Engenharia de Fatores humanos;
- Alocação de tarefas de manutenção;
- Identificação de partes de reparo;
- Equipamento de apoio;
- Publicações de operação e manutenção;
- Requisitos de instalações;
- Confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade;
- Transporte, transportabilidade e manuseio.

4.5 DADOS LOGÍSTICOS NECESSÁRIOS AO PROCESSO DE AAL

Ao longo da descrição do processo de análise de apoio logístico foram mencionadas algumas das análises que o compõe. Nesta seção serão listadas estas análises e a análise de custo de ciclo de vida visando a identificar os diversos dados para executá-las. Após essa identificação será efetuada uma compilação para se estabelecer quais aqueles que serão considerados na modelagem do sistema de informação.

A figura 20 oferece um panorama do processo de AAL e do como se inter-relacionam as análises que o compõe:

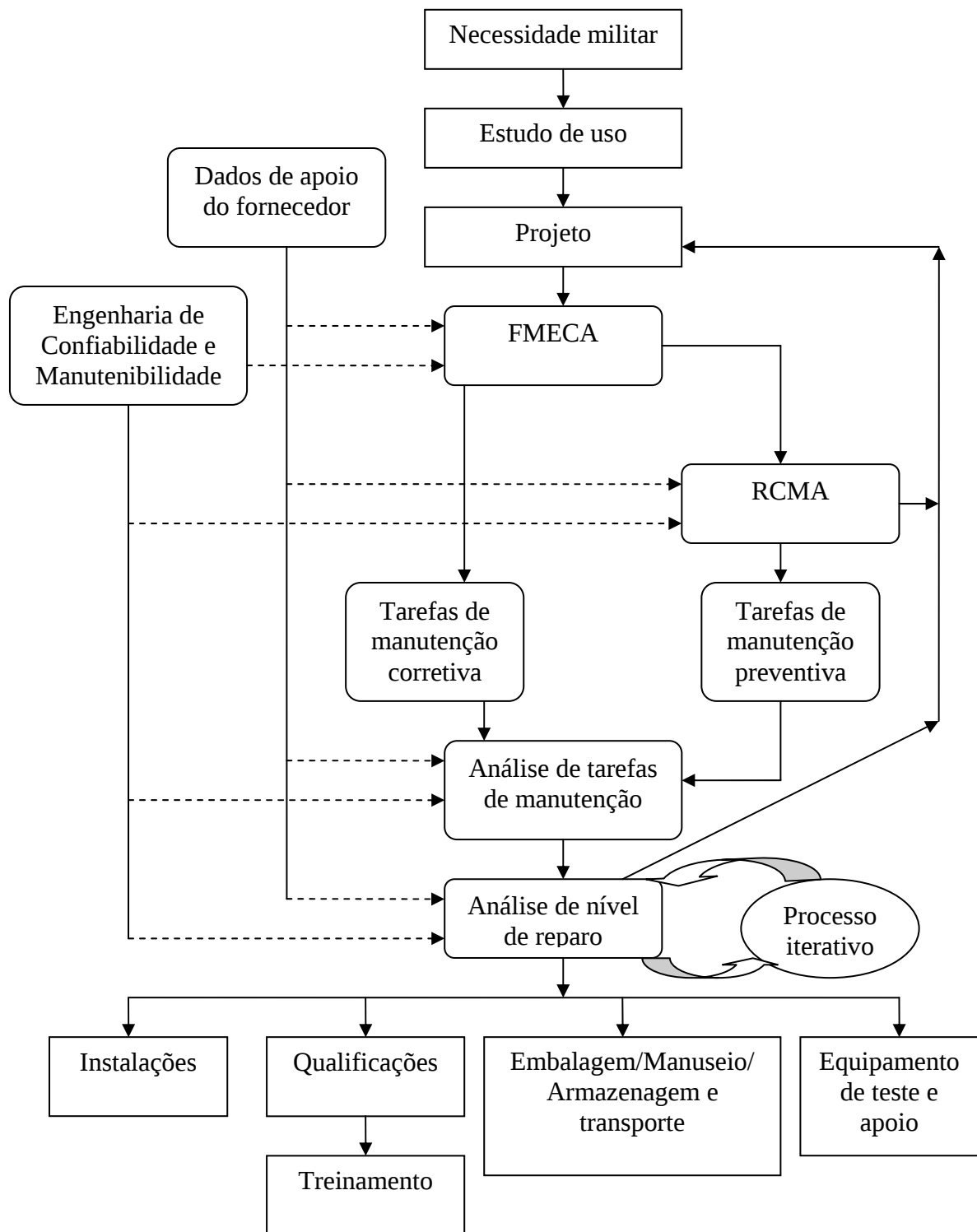


Figura 20: Panorama do processo de análise de apoio logístico

4.5.1 Análise de modos de falha, efeitos e criticalidade (FMECA - *Failure Modes, Effects and Criticality Analysis*)

A FMECA consiste na identificação de todas as maneiras pelas quais partes e equipamentos podem falhar, as causas para cada falha e o efeito que a falha vai provocar na capacidade do equipamento desempenhar sua missão, provêem uma ferramenta valiosa para a engenharia de confiabilidade.

A FMECA, também, provê informação sobre indicadores de falha, ou como usuários saberão que uma falha ocorreu. Outras informações desenvolvidas por uma FMECA incluem:

- previsões da percentagem de ocorrência de cada modo de falha para uma parte;
- a descrição do que causou a falha;
- o efeito da falha na capacidade do equipamento de desempenhar sua missão;
- identificação de qualquer perigo para a segurança que a falha irá causar;
- identificação de métodos requeridos para isolamento da falha; e
- ações corretivas para concertar a falha.

Alguns dos dados necessários à execução da FMECA constam do apêndice 1.

4.5.2 Análise de manutenção centrada em confiabilidade (RCM – *Reliability-Centered Maintenance analysis*)

O processo de análise de manutenção centrada em confiabilidade considera os itens significativos que compõe um equipamento. Utiliza informações geradas pela FMECA para identificar os itens que são mais críticos para a confiabilidade do equipamento e aqueles cuja falha teriam o maior impacto em sua disponibilidade. Durante o processo de análise são utilizados dados de projeto e de campo para identificar tarefas de manutenção preventivas.

Segundo Jones (1995, p. 16.5),

[...] o processo de manutenção centrada em confiabilidade não cessa quando sistema entra em operação. Uma análise contínua do programa de manutenção preventiva é conduzida para identificar áreas para melhoria. Essa extensão do processo é chamada de “exploração de idade”. Em virtude de diversos programas de manutenção preventiva são inicialmente planejados e implementados utilizando dados teóricos, essa técnica é necessária para atingir os benefícios máximos da RCM. A “exploração de idade” é uma coleta sistemática de dados operacionais de campo reais que são utilizados para refinar o programa de manutenção preventiva.

Alguns dos dados necessários à execução da RCM constam do apêndice 2.

4.5.3 Análise de tarefas de manutenção (MTA – *Maintenance Task Analysis*)

O processo de análise de tarefas de manutenção foi extensamente descrito no item 4.4.1.

Alguns dos dados necessários à execução da MTA constam do apêndice 3.

4.5.4 Análise de nível de reparo (LORA – *Level-of-Repair Analysis*)

De acordo com Jones (1995, p. 15.1)

A análise de nível de reparo é utilizada para avaliar uma tarefa de manutenção e identificar se é econômica e onde ela deve ser executada para apresentar a melhor relação custo-eficácia. O processo de análise de nível de reparo também enfoca questões não-econômicas que podem determinar que a manutenção seja executada de uma certa maneira, tais como capacidades limitadas, política, segurança ou tecnologia.

As tarefas de manutenção que serão utilizadas como dados de entrada da LORA serão oriundas da análise de tarefas de manutenção. Os dados para sua execução estão divididos em duas categorias: Dados para análise não-econômica e econômica.

Alguns dos dados necessários à execução da LORA constam do apêndice 4.

4.5.5 Análise de custo de ciclo de vida (LCCA – *Life-Cycle Cost Analysis*)

Apesar de não estar incluída no processo de AAL, a análise de custo de ciclo de vida está intimamente associada ao mesmo, bem como ao processo de engenharia de sistemas.

Segundo Blanchard (2004, p. 81), o “custo de ciclo de vida inclui todos os custos do sistema e pode ser repartido em várias categorias, incluindo: custo de projeto e desenvolvimento, custo de construção e/ou produção, custo de operação e manutenção e custo de retirada de serviço ou reciclagem ou descarte de material”.

O processo de análise de custo de ciclo de vida inclui uma série de passos que conduzem ao desenvolvimento de um perfil de custo e de um sumário de custos de apoio. Na avaliação das configurações de projeto alternativas pode haver um perfil de custo para cada

uma. Deverá ser feita uma comparação entre estes perfis alternativos para se escolher a melhor abordagem de projeto. Além disso, deverão ser identificados os maiores contribuintes de custos, cujo objetivo é introduzir alterações no projeto que irão, por sua vez, reduzir o custo de ciclo de vida total do sistema.

O Apêndice 5 apresenta um exemplo de estrutura de desmembramento de custos de um sistema.

5. DESCRIÇÃO DA CADEIA LOGÍSTICA DE MANUTENÇÃO DA MB

Será descrita agora a cadeia logística de manutenção de aeronaves da Marinha do Brasil, de modo a se realizar um mapeamento de todas as atividades e processos que se realizam ao longo da mesma. Esse mapeamento permitiu uma visão total da cadeia e, conseqüentemente, vislumbrar-se a maneira pela qual poderão ser registrados os dados básicos, utilizando-se os processos já adotados, ou a proposição de adaptações, ou mudanças, para que o registro possa ser realizado.

Porém, antes é necessário que seja definido como está estruturada a logística de manutenção na MB e posteriormente analisar, mais especificamente, a estrutura que apóia suas aeronaves.

A MB define o conceito de Sistema de Manutenção, que vem a ser:

Conjunto integrado de pessoal, instalações, equipamentos, instrumental, sobressalentes, documentos e ferramental, dinamizados segundo métodos e procedimentos estabelecidos por normas baseadas em princípios e técnicas, visando manter o material pronto para utilização, no local apropriado, no momento oportuno, dentro de suas características de projeto e da maneira mais econômica (MARINHA DO BRASIL, 2002, p. 3-1).

É um sistema idealizado, não existindo uma organização que seja responsável por ele, sendo composto por diversas organizações militares de diversos setores da MB. Para um melhor entendimento é necessário descrever, sucintamente, a estrutura da Marinha.

A estrutura organizacional da Marinha do Brasil pode ser dividida em Setor Operativo e Setor de Apoio. Na cadeia de comando do Setor Operativo encontram-se as Organizações Militares às quais estão subordinados os meios operativos: meios navais (navios e submarinos), meios aeronavais (aeronaves) e meios de fuzileiros navais (carros de combate, por exemplo).

O Comando de Operações Navais é órgão de direção setorial do Setor Operativo.

No Setor de Apoio encontram-se as Organizações Militares responsáveis pelas atividades de apoio. As atividades de apoio compreendem as relacionadas à provisão de suprimentos, à manutenção, ao treinamento de pessoal, às finanças, ao orçamento, à saúde. Aquelas que estão mais afetas ao trabalho são aquelas relacionadas à provisão de suprimentos e à manutenção. Diferente do Setor Operativo, no Setor de Apoio existe mais de um Órgão de Direção Setorial envolvido, dependendo da atividade de apoio a ser dirigida.

O Órgão de Direção Setorial do Setor de Apoio cuja atividade está relacionada aos aspectos técnicos da manutenção é a Diretoria-Geral da Marinha (DGMM), ao qual todas as Diretorias Técnicas estão subordinadas. Este setor responde tecnicamente, emanando as normas e diretrizes que irão propiciar aos órgãos executores da manutenção a execução das ações pertinentes. Essas diretrizes técnicas são emitidas sob a forma de manuais, instruções, rotinas, dotações de sobressalentes e procedimentos necessários ao cumprimento das ações de manutenção preventivas ou corretivas.

O Órgão de Direção Setorial do Setor de Apoio, cujas atividades de apoio compreendem as relacionadas à provisão de suprimentos, às finanças, ao orçamento é a Secretaria-Geral da Marinha (SGM). A Diretoria de Abastecimento da Marinha (DAbM), subordinada à SGM, é a Organização Militar responsável, mais diretamente, pela provisão de suprimentos. Cabe, então, mencionar outro sistema abstrato definido no âmbito da MB, chamado Sistema de Abastecimento da Marinha (SAbM):

SAbM é o conjunto constituído de Órgãos, processos e recursos de qualquer natureza, interligados e interdependentes, estruturado com a finalidade de promover, manter e controlar o provimento de material necessário à manutenção das Forças e demais Órgãos Navais em condição de plena eficiência. (MARINHA DO BRASIL, 2006, p. 15)

Segundo Santos (2003, p. 78), os Órgãos de Direção Setorial executam o planejamento, a avaliação e o controle da manutenção e os Comandos de Forças e Esquadrões, subordinados ao Comando de Operações Navais, supervisionam a realização do programa de manutenção.

Segundo Santos (2003, p. 80),

[...] o meio é o responsável pelo gerenciamento da execução da sua manutenção, que pode ser executada pelas suas próprias equipes de bordo ou com os recursos existentes nas Organizações Militares Prestadoras de Serviços Industriais que recebem a nomenclatura de OMPS-I. Portanto, as ações das equipes de bordo e das OMPS-I se complementam, o que requer uma forte ênfase na Facilitação de Serviços para que menores tempos de paralisação sejam obtidos.

Com relação à execução da manutenção, deve ser mencionado que as atividades de manutenção são classificadas em escalões “segundo a complexidade dos serviços a serem executados, a capacitação técnica do mantenedor e os tipos de manutenção as atividades de manutenção são realizadas em escalões de manutenção” (MARINHA DO BRASIL, 2002, p. 3-4).

A tabela abaixo detalha quais são os escalões e suas características:

Tabela 8: Escalões de manutenção da MB

Escalão de Manutenção	Descrição
1º escalão	Compreende as ações realizadas pelo usuário, com ou sem o concurso da organização militar responsável pelo material, com os meios orgânicos disponíveis, com o propósito de manter o material em condições de funcionamento e de conservação.
2º escalão	Compreende as ações realizadas em organizações de manutenção e que ultrapassam a capacidade dos meios orgânicos da organização militar responsável pelo material.
3º escalão	Compreende as ações de manutenção que exigem recursos superiores aos escalões anteriores, em função do grau de complexidade.
4º escalão	Compreende as ações de manutenção cujos recursos necessários, normalmente, transcendem a capacidade da MB em função do alto grau de complexidade sendo, na maioria das situações, executadas pelo fabricante ou representante autorizado ou ainda em instalações industriais especializadas.

Pode-se fazer uma analogia entre os níveis de manutenção, anteriormente definidos, e a classificação das atividades de manutenção em escalões da MB:

Tabela 9: Analogia entre Níveis de Manutenção e Escalões de manutenção da MB

NÍVEL	ESCALÃO
ORGANIZACIONAL	1º escalão
INTERMEDIÁRIO	2º escalão
DEPOT OU INDUSTRIAL	3º escalão
FABRICANTE	4º escalão

5.1 CADEIA LOGÍSTICA DE MANUTENÇÃO DE AERONAVES

Será detalhada nesta seção a estrutura de manutenção mais diretamente envolvida com a manutenção de aeronaves da MB. Primeiramente, será feita a descrição da estrutura da Aviação Naval.

Os esquadrões de aeronaves estão subordinados ao Comando da Força Aeronaval ou aos Comandos de Distritos Navais.

Os esquadrões executam ações de manutenção de 1º escalão e em alguns casos, de 2º e 3º escalão.

A Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia, subordinada ao Comando da Força Aeronaval, é o Órgão de Manutenção responsável pela manutenção de Aeronaves, realizando ações de manutenção de 2º e 3º escalão.

A Diretoria Técnica responsável por emanar as normas e diretrizes que irão propiciar aos órgãos executores da manutenção a execução das ações pertinentes é a Diretoria de Aeronáutica da Marinha (DAerM).

O órgão de distribuição que armazena e distribui a maior parte dos suprimentos para as aeronaves é o Depósito Naval de São Pedro da Aldeia (DepNavSPA).

A manutenção é executada de forma corretiva e preventiva. A preventiva é realizada de acordo com o Programa Geral de Manutenção (PROGEM) que “é um documento de planejamento elaborado pelo Setor Operativo, de acordo com o Ciclo de Atividades de cada meio, para um período de quatro anos, e que tem como propósito propiciar aos meios navais, aeronavais e de fuzileiros navais a plena capacidade operativa.” (MARINHA, 2002, p. 3-2)

5.1.1 Execução das ações de manutenção pelos esquadrões

Para que possa ficar claro como é que se processam as ações de manutenção nos Esquadrões é necessário definir alguns conceitos utilizados na MB, descritos na tabela a seguir:

Tabela 10: Conceitos utilizados no processo de manutenção de aeronaves da MB

CONCEITO	DEFINIÇÃO
Aeronavegável	Condição na qual se considera que a aeronave, célula, motor(es), hélice(s), acessórios e componentes em geral podem operar com segurança, em decorrência da conformidade com o respectivo projeto e com todos os requisitos estabelecidos pelos manuais e documentos técnicos aplicáveis a cada aeronave, seus componentes e acessórios.
Aeronave com Restrição	Aeronave (ANV) em condição aeronavegável com quaisquer limitações para o seu pleno emprego operacional.
Aeronave Indisponível	Aeronave que não atende aos requisitos de aeronavegabilidade estabelecidos para o tipo de voo a ser realizado
Componente Controlado	Aquele componente da aeronave que possui limites de utilização para revisão, substituição, teste ou calibração estabelecidos pelo programa de manutenção do fabricante. Esses limites podem ser estipulados em horas de utilização, quantidade de pousos ou de ciclos, tempo calendário, métodos estatísticos de controle ou quaisquer outros métodos de controle pré-definidos.
Diagonais de Manutenção	Consistem na programação escalonada no tempo das atividades do Sistema de Manutenção Planejada (SMP), ao longo do ciclo operacional do meio aéreo, a fim de viabilizar o cumprimento dos serviços de manutenção com o menor impacto possível na disponibilidade de aeronaves.
Divisão de Planejamento e Controle (PLN)	Divisão responsável pela emissão, controle e encerramento de todas Ordens de Serviço (O/S), bem como pelo controle da disponibilidade das aeronaves e respectivas diagonais de manutenção.
Folha de Controle de Restrições (FCR)	Documento no qual são relacionadas as restrições da aeronave e as respectivas ordens de serviço abertas. A FCR integra a documentação a ser apresentada ao Comandante da Aeronave, por ocasião do recebimento da aeronave para a realização de um voo.
Inspeções obrigatórias	Inspeções realizadas para verificar a correta execução de determinadas tarefas de manutenção e a utilização de peças, ferramentas e equipamentos de apoio adequados, com o propósito de evitar a ocorrência de mau funcionamento, falhas ou defeitos que possam degradar a segurança da operação de um produto aeronáutico.
Ordem de Serviço de Manutenção (O/S)	Documento por meio do qual são autorizados, registrados e controlados os serviços de manutenção realizados em aeronaves, seus sistemas e equipamentos.
O/S tipo “D” (Disponível)	O/S referente a um serviço que, se não executado, não afetará a aeronavegabilidade e nem restringirá a operação da aeronave. Pode ser identificada por meio da letra “D”, no campo “Tipo” do modelo de O/S.
O/S tipo “R” (Restrição)	O/S referente a um serviço que, se não executado, não compromete a aeronavegabilidade, porém restringe o emprego de sistemas auxiliares da ANV ou a realização de determinados tipos de operação (radar, guincho, flutuadores, voo por instrumentos etc.).
O/S tipo “I” (Indisponível)	O/S referente a um serviço que, se não executado, afetará a aeronavegabilidade. É proibida a realização de vôos em uma aeronave com O/S tipo “I” em aberto, excetuando-se os vôos de teste requeridos para a certificação do respectivo serviço e das reais condições de aeronavegabilidade, em conformidade com os manuais e diretivas técnicas aplicáveis a cada modelo de aeronave.

Continua

Continuação

O/S Pendente	Classificação complementar de uma O/S de qualquer tipo, referente a um serviço cuja execução requeira material não disponível a bordo. Nessa situação, a O/S será restituída à Divisão de Planejamento e Controle (PLN), onde permanecerá arquivada em pasta específica até que todo material esteja disponível e o serviço possa ser executado.
Folha Registro de Vôo (FRV)	Documento no qual o Comandante da Aeronave registra a aceitação da aeronave para o vôo. Reporta as irregularidades eventualmente observadas e informa os dados necessários para a atualização dos registros individuais da aeronave e dos tripulantes.
Garantia da Qualidade	Consiste na verificação da conformidade do serviço realizado com padrões de qualidade estabelecidos nos manuais e instruções técnicas de manutenção.
Solicitação de Ordem de Serviço (SOS)	Documento utilizado para solicitar-se à Divisão de Planejamento e Controle (PLN) a abertura de uma O/S
Paiol de Pronto Uso (PPU)	Local, no Esquadrão, onde são armazenados os suprimentos para as aeronaves.
Pedido Interno de Material (PIM)	Papeleta utilizada pelos executores dos serviços para solicitação de material ao PPU.

Então, as ações de manutenção são executadas a partir da ocorrência de um dos seguintes eventos:

- Discrepância reportada na FRV;
- Cumprimento de diretivas técnicas de Papeleta de Informação Técnica (PIT);
- Atendimento à SOS;
- Inspeções programadas;
- Troca de componentes controlados; ou
- Mudança de configuração da aeronave.

As irregularidades relatadas nas FRV são constatadas pela PLN que, após consulta à Divisão de Controle da Qualidade, definirá a condição de aeronavegabilidade da aeronave, diante da irregularidade reportada. Em seguida, a respectiva O/S será aberta e identificada como tipo “D”, “R” ou “I”.

Independentemente das FRV, qualquer militar que constatar alguma irregularidade em uma aeronave pode preencher uma SOS e encaminhá-la à PLN, a qual adotará o mesmo procedimento acima descrito para as irregularidades reportadas por meio de uma FRV, mantendo a SOS arquivada até o encerramento da respectiva O/S.

Além do banco de dados para controle de O/S, a PLN deverá registrar a abertura da O/S no Livro de Protocolo de O/S da respectiva aeronave ou oficina e atualizar a FCR, caso a O/S seja do tipo “R”.

Após a abertura da O/S, a PLN a encaminhará para a Divisão de Controle da Qualidade, para que nela sejam registradas as seguintes informações:

- Se o serviço requer inspeções obrigatórias e de quais qualificações de pessoal;
- Diretivas técnicas, boletins e instruções complementares que devem ser observados para a execução do serviço;
- Se o serviço requer um voo teste; e
- Instruções complementares, incluindo as etapas nas quais o serviço terá que ser interrompido para a realização de cada inspeção obrigatória, e outras informações julgadas pertinentes.

Em seguida a Divisão de Controle da Qualidade encaminhará a O/S para a Divisão ou Oficina responsável pelo serviço.

A Divisão ou Oficina que receber a O/S verificará as necessidades de material para a execução do serviço e encaminhará o(s) respectivo(s) Pedido Interno de Material (PIM) ao Paiol de Pronto Uso (PPU) da Divisão de Material.

Caso algum material necessário não esteja disponível no PPU, a O/S será devolvida à PLN, anexando a cópia do respectivo PIM. A O/S será considerada como “PENDENTE” e a PLN a manterá arquivada em pasta específica, até que o serviço possa ser executado.

O Esquadrão, então, emitirá uma Requisição de Material para Consumo (RMC) no Sistema de Informações Gerenciais de Abastecimento (SINGRA) para o Depósito Naval de São Pedro da Aldeia, na maioria dos casos, ou para outro Depósito que seja responsável pelo fornecimento daquele(s) item(ns) de suprimento que está(ão) sendo solicitado(s) pelo Esquadrão.

Semanalmente, a Divisão de Material verificará o recebimento do material necessário às O/S pendentes e informará à PLN quando todos itens referentes a determinada O/S estiverem disponíveis no PPU. De posse dessa informação, a PLN reencaminhará a referida O/S para a Divisão ou Oficina responsável pelo serviço.

Serão preenchidos diversos dados na O/S, cabendo ressaltar os seguintes:

- Detalhamento dos serviços e inspeções realizados;
- Registro dos manuais e instruções técnicas utilizados para a execução dos serviços;
- Registro dos componentes controlados substituídos, especificando os números de parte (“*Part Numbers*” – P/N), os números de série (“*Serial Numbers*” – S/N) e as nomenclaturas, tanto dos que foram removidos como dos que foram instalados;
- Códigos ATA 100 aplicáveis aos serviços executados para a solução de uma ou mais pane; e
- Horários de início e término dos serviços, bem como os tempos, em "homem-hora", consumidos por cada qualificação de pessoal.

Se durante uma inspeção de rotina for identificada uma pane ou discrepância que demande a substituição de algum componente, ou a realização de algum serviço adicional, deverá ser solicitada a abertura de outra O/S, específica para tal.

Caso um serviço iniciado em uma aeronave em linha de vôo não puder ser terminado, seja por falta de material ou por qualquer outra razão, a O/S aberta para aquele serviço deverá ser fechada, registrando-se as tarefas realizadas até então, e deverá ser aberta uma nova O/S para a finalização do serviço.

Visando à garantia da qualidade, os procedimentos de manutenção, posteriores a um procedimento que requeira inspeção obrigatória, só serão executados após a conclusão da inspeção e a autorização para o prosseguimento dos serviços.

Caso haja a necessidade de vôo de teste, será designado um piloto, com as devidas qualificações, para realizar esse vôo.

Ao término do vôo de teste, o piloto deverá registrar, na O/S pertinente, a data do vôo, o nº da FRV, se o serviço foi aprovado e qualquer informação complementar que julgar pertinente. Caso o serviço não tenha sido aprovado no vôo de teste, uma nova O/S será aberta para que sejam feitas as correções necessárias. Somente após a aprovação do serviço em vôo de teste, a PLN poderá autorizar retorno daquela aeronave à linha de vôo.

Ao receber de volta a O/S referente ao serviço executado e devidamente certificado, a PLN deverá atualizar o Livro de Controle de O/S, o banco de dados, a Folha de Controle de Restrições, o Quadro de Controle de Aeronaves e, se não houver outras O/S tipo “I” em aberto para a mesma aeronave, liberá-la para vôo.

Quando aplicável, também compete à PLN o registro dos dados pertinentes nos respectivos cartões de registro histórico (“LOG CARD”) e livros de registro histórico (“LOG BOOKS”).

Após a verificação do cumprimento de todas as etapas acima mencionadas, a O/S será arquivada, permanecendo disponível para consulta por um período mínimo de cinco anos.

A figura 21 ilustra o processo descrito acima:

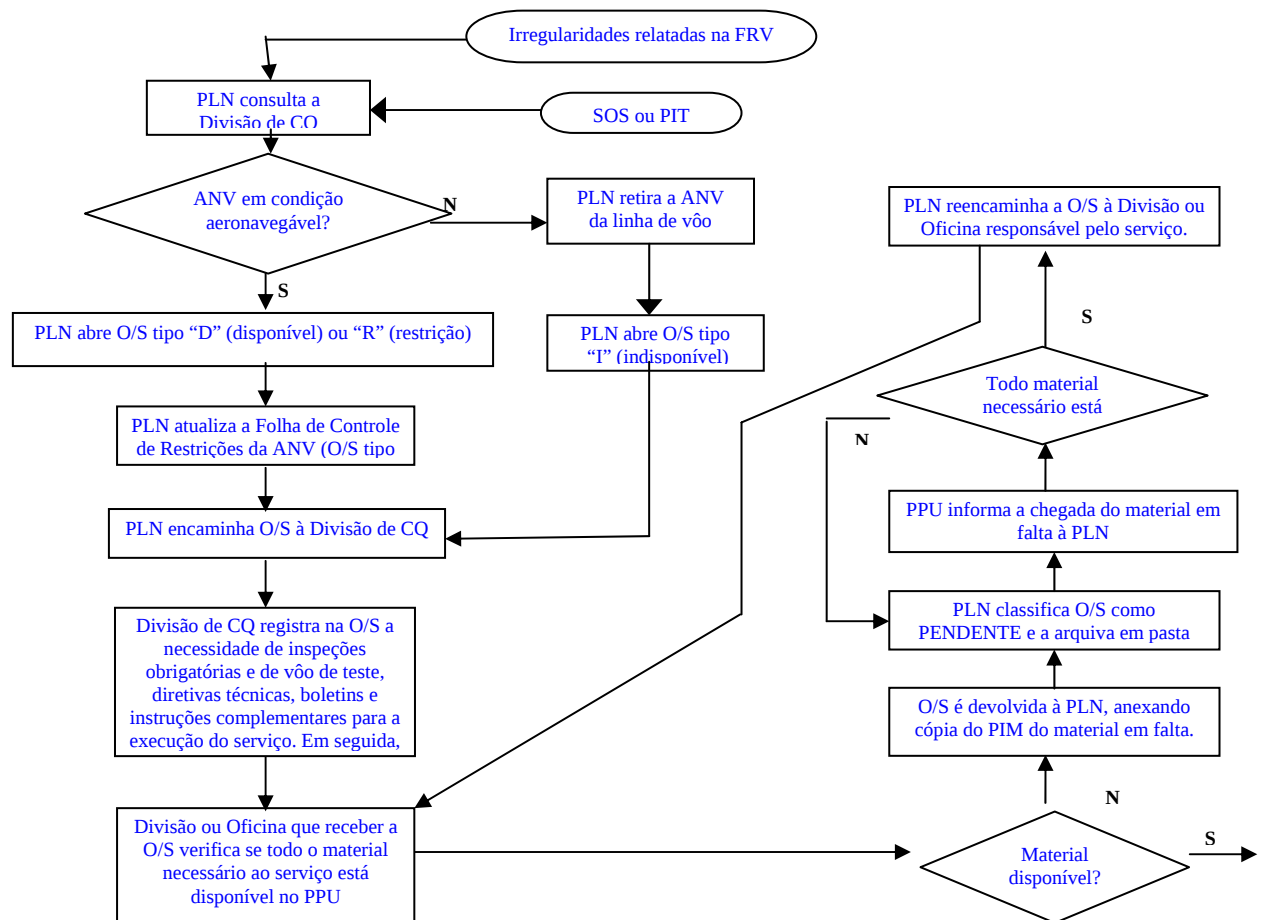


Figura 21: Fluxograma das ações de manutenção em um Esquadrão de aeronaves da MB (a)

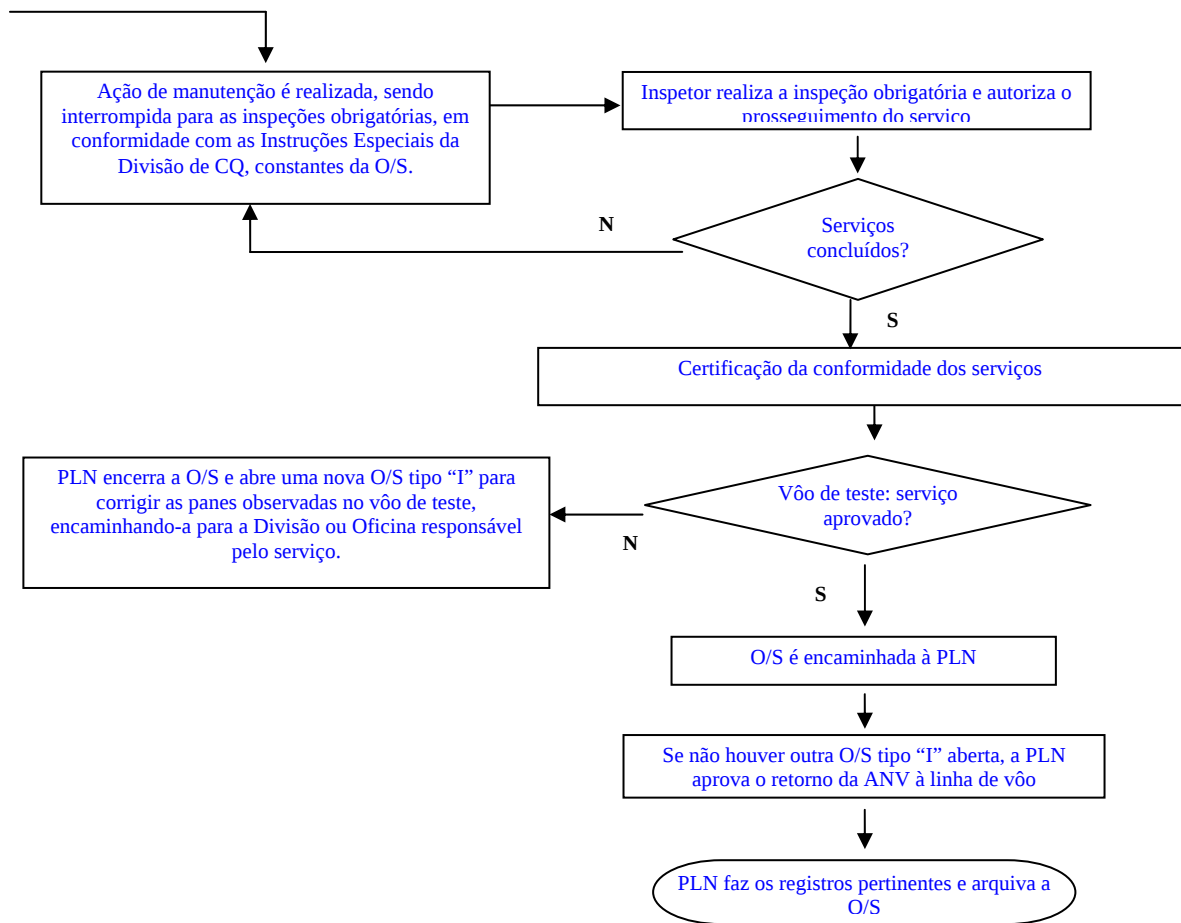


Figura 21: Fluxograma das ações de manutenção em um Esquadrão de aeronaves da MB (b)

5.1.2 Execução das ações de manutenção pela BAeNSPA

Quando a ação de manutenção a ser executada for de 2º e 3º escalões a responsabilidade pela sua execução é da. Nesse caso, a solicitação de realização da ação é efetuada por meio de um Pedido de Serviço (PS) do Esquadrão para a BAeNSPA.

Ao receber o pedido de serviço, a BAeNSPA efetuará um delineamento do serviço. Após esse delineamento será elaborado um orçamento que será apresentado ao Esquadrão. De posse deste orçamento, o Esquadrão solicitará autorização ao Comando da Força Aeronaval ou ao Comando de Distrito Naval para contratar o serviço junto à BAeNSPA.

5.1.3 Gerência de suprimentos para a execução das ações de manutenção

Nesta seção será descrito o processo de gerência de suprimentos na MB. Foi comentado acima que o Esquadrão emite uma RMC no SINGRA para solicitar um item de suprimento que este não dispõe em seu PPU. Porém, podem ocorrer duas situações: o item existe em estoque ou não.

Caso não exista o item ou a quantidade necessária do mesmo em estoque, como será que o Esquadrão receberá este item?

A descrição que segue abaixo responderá a esta pergunta. O primeiro aspecto a ser analisado é a natureza do suprimento que está sendo necessário, pois a MB diferencia os suprimentos necessários à manutenção de meios em duas categorias principais: Material de jurisdição das DE e sobressalentes.

Na primeira, estão agrupados os itens de alto valor agregado e que levam mais tempo para que seja necessária a sua substituição, requerendo um conhecimento técnico mais aprofundado quando tiverem que ser adquiridos. Fazendo uma analogia com as definições já vistas neste trabalho, pode-se dizer que seriam os itens reparáveis ou *Spare parts*.

Na segunda, encontram-se os itens de baixo valor agregado e que geralmente se desgastam rapidamente, sendo substituídos, com frequência, nas ações de manutenção. Fazendo-se a mesma analogia acima, poderíamos compará-los aos *Repair parts* e *Consumables*.

A responsabilidade de atuar como órgão de gerência de suprimentos para as duas categorias é distinta. Para o material de jurisdição das DE, como seu nome indica, é das DE. Para os sobressalentes, essa responsabilidade é do Centro de Controle de Inventário da Marinha (CCIM).

Para tal tarefa, dispõe-se do SINGRA. Este sistema é dividido em diversos subsistemas, um deles é o subsistema CONTROLE. Neste encontram-se diversas funcionalidades para permitir a gerência dos estoques de itens de suprimento, entre elas podemos citar:

- RMC em dívida, ou seja, não há estoque daquele item
- Históricos de demanda
- Popularidade do item, ou seja, quantas OM solicitam aquele item.

De posse destas informações o CCIM ou as DE emitem pedidos de compra de determinado item para recompletar seu estoque, seja no país ou no exterior, dependendo de sua origem. Esses pedidos podem ser classificados em: rotina ou urgente. Os de rotina são

baseados em previsões de demanda, desta forma, com a antecedência necessária para que o item esteja disponível em estoque quando for solicitado por alguma organização militar (OM). Já, os pedidos urgentes visam atender justamente a situação ilustrada no início desta seção. Como seu nome já diz são urgentes e tramitam com alta prioridade no SINGRA. Estes ao serem recebidos pelo Centro de Obtenção da Marinha no Rio de Janeiro (COMRJ) ou pelas Comissões Navais no Exterior (CNE) recebem prioridade em relação aos demais, visando à sua aquisição no menor tempo possível.

6. TRANSAÇÕES TÍPICAS DA CADEIA LOGÍSTICA DE MANUTENÇÃO

No capítulo anterior foi descrito o processo de análise de apoio logístico que sugeriu uma coletânea de dados a serem levantados acerca dos sistemas técnicos e que devem estar contidos no sistema de informação proposto.

Neste capítulo é feito um levantamento das transações típicas que ocorrem na cadeia logística de manutenção (ações de manutenção, transporte, armazenagem, suprimento etc.) para se verificar como poderão ser coletados alguns dos dados sugeridos no capítulo anterior, por ocasião da realização destas transações típicas, durante a fase de operação do sistema técnico.

Antes é necessário fazer uma diferenciação entre dado e informação. A informação é o dado já trabalhado, sobre o qual ocorreu algum processamento. Neste trabalho será denominado “dado básico” o dado na acepção acima enunciada e “dado” a informação.

Essa diferenciação se faz necessária em virtude do seguinte: para se chegar a alguns dos dados sugeridos é necessário o processamento de dados básicos, em geral através de fórmulas matemáticas.

Inicialmente será verificado quais dados básicos serão necessários, a partir dos dados sugeridos e de algumas das Existem diversos dados básicos associados a essas transações que devem ser registrados no sistema de informações. As figuras 22, 23 e 24 retratam algumas das transações que ocorrem na cadeia logística de manutenção e as tabelas 11, 12 e 13 os dados a serem coletados em cada nível de manutenção:

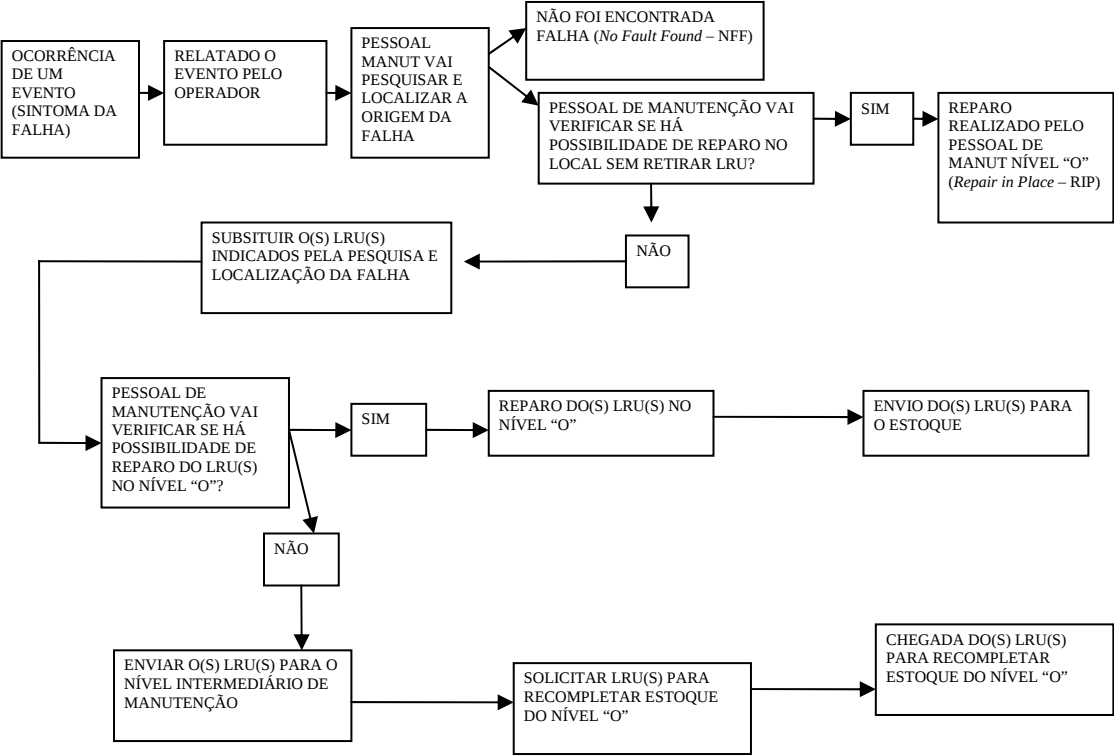


Figura 22: Transações no nível organizacional de manutenção

Tabela 11: Dados a serem coletados nas Transações no Nível Organizacional de Manutenção

NÍVEL ORGANIZACIONAL	
TRANSAÇÃO/EVENTO	DADO BÁSICO
OCORRÊNCIA DE UM EVENTO (SINTOMA DA FALHA)	Identificador do evento (Chave Primária)
	DATA/HORA do evento
	Descrição do evento (Modo de Falha)
	Sistema(s)/equipamento(s) afetado(s)
	FASE DA MISSÃO/MODO OPERACIONAL
	EFEITOS DA FALHA
	MÉTODO DE DETECÇÃO DA FALHA
	Part Number
	Serial Number

Continua

Continuação

PESSOAL MANUT VAI PESQUISAR E LOCALIZAR A ORIGEM DA FALHA	NSN
	Local
	Organização responsável pelo sistema
	Identificador do evento (Chave Primária)
	DATA/HORA do início da pesquisa e localização da falha
	DATA/HORA do fim da pesquisa e localização da falha
	DATA/HORA da interrupção da pesquisa e localização da falha/Motivo
	DATA/HORA do reinício da pesquisa e localização da falha/Motivo
	Equipamentos de teste utilizados
	Ferramentas comuns
	Ferramentas Especiais
	Procedimento de pesquisa e localização utilizado
	Localização provável da falha
	Part Number
	Serial Number
NÃO FOI ENCONTRADA FALHA (<i>No Fault Found – NFF</i>)	NSN
	Pessoal necessário e sua qualificação
PESSOAL DE MANUTENÇÃO VAI VERIFICAR SE HÁ POSSIBILIDADE DE REPARO NO LOCAL SEM RETIRAR LRU?	Organização de manutenção responsável
	Identificador do evento (Chave Primária)
REPARO REALIZADO PELO PESSOAL DE MANUT NÍVEL “O” (<i>Repair in Place – RIP</i>)	DATA/HORA da constatação
	Identificador do evento (Chave Primária)
	Documentação Técnica utilizada
	Identificador do evento (Chave Primária)
	Descrição da ação de manutenção
	DATA/HORA do início da ação de manutenção
	DATA/HORA do fim da ação de manutenção
	DATA/HORA da interrupção da ação de manutenção/Motivo
	DATA/HORA do reinício da ação de manutenção/Motivo
	Partes sobressalentes
	Partes de reparo
	Consumíveis
	Equipamentos de teste utilizados
	Ferramentas comuns
	Ferramentas Especiais

Continua

Continuação

SUBSTITUIR O(S) LRU(S) INDICADO(S) PELA PESQUISA E LOCALIZAÇÃO DA FALHA	Documentação Técnica utilizada
	Pessoal necessário e sua qualificação
	Organização de manutenção responsável
	Identificador do evento (Chave Primária)
	Descrição da ação de manutenção
	DATA/HORA do início da ação de manutenção
	DATA/HORA do fim da ação de manutenção
	DATA/HORA da interrupção da ação de manutenção/Motivo
	DATA/HORA do reinício da ação de manutenção/Motivo
	Partes sobressalentes
	Partes de reparo
	Consumíveis
	Equipamentos de teste utilizados
	Ferramentas comuns
	Ferramentas Especiais
PESSOAL DE MANUTENÇÃO VAI VERIFICAR SE HÁ POSSIBILIDADE DE REPARO DO LRU(S) NO NÍVEL “O”?	Documentação Técnica utilizada
	Pessoal necessário e sua qualificação
REPARO DO(S) LRU(S) NO NÍVEL “O”	Organização de manutenção responsável
	Identificador do evento (Chave Primária)
	Documentação Técnica utilizada
	Identificador do evento (Chave Primária)
	Descrição da ação de manutenção
	DATA/HORA do início da ação de manutenção
	DATA/HORA do fim da ação de manutenção
	DATA/HORA da interrupção da ação de manutenção/Motivo
	DATA/HORA do reinício da ação de manutenção/Motivo
	Equipamentos de teste utilizados
	Ferramentas comuns
	Ferramentas Especiais
ENVIO DO(S) LRU(S) PARA O ESTOQUE	Documentação Técnica utilizada
	Pessoal necessário e sua qualificação
	Organização de manutenção responsável
	Identificador do evento (Chave Primária)
	DATA/HORA do envio
	Nato Stock Number(NSN)
	Part Number(PN)
	CODEMP
	Nomenclatura

Continua

Continuação

ENVIAR O(S) LRU(S) PARA O NÍVEL INTERMEDIÁRIO DE MANUTENÇÃO	Quantidade
	Identificador do envio
	Organização de suprimento responsável
	Identificador do evento(Chave Primária)
	DATA/HORA do envio
	Nato Stock Number(NSN)
	Part Number(PN)
	CODEMP
SOLICITAR LRU(S) PARA RECOMPLETAR ESTOQUE DO NÍVEL “O”	Nomenclatura
	Quantidade
	Identificador do envio
	Organização de manutenção de destino
	Identificador do evento(Chave Primária)
	DATA/HORA da solicitação
	Nato Stock Number(NSN)
	Part Number(PN)
CHEGADA DO(S) LRU(S) PARA RECOMPLETAR ESTOQUE DO NÍVEL “O”	CODEMP
	Nomenclatura
	Quantidade
	Identificador do pedido
	Organização de suprimento apoiadora
	Identificador do evento (Chave Primária)
	DATA/HORA da chegada
	Nato Stock Number(NSN)
	Part Number(PN)
	CODEMP
	Nomenclatura
	Quantidade
	Identificador do pedido
	Organização de suprimento apoiadora

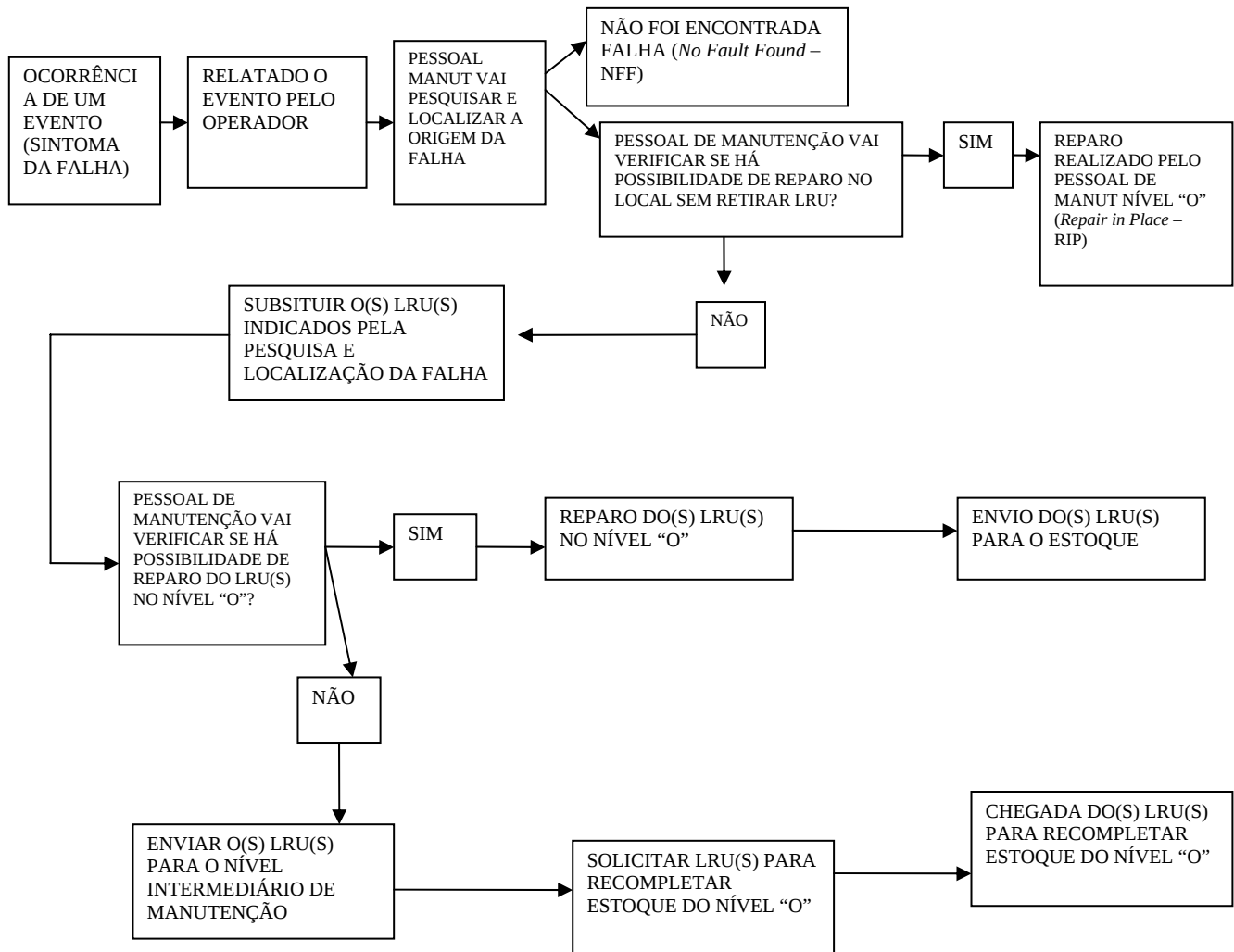


Figura 23: Transações no nível intermediário de manutenção

Tabela 12: Dados a serem coletados nas Transações no Nível Intermediário de Manutenção

NÍVEL INTERMEDIÁRIO	
TRANSAÇÃO/EVENTO	DADO BÁSICO
CHEGADA DO(S) LRU(S) NO NÍVEL “I” DE MANUT.	Identificador do evento (Chave Primária)
	DATA/HORA da chegada
	Organização de Manutenção “I”
PESSOAL MANUT VAI PESQUISAR E LOCALIZAR A ORIGEM DA FALHA	Identificador do evento(Chave Primária)
	DATA/HORA do início da pesquisa e localização da falha
	DATA/HORA do fim da pesquisa e localização da falha
	DATA/HORA da interrupção da pesquisa e localização da falha/Motivo
	DATA/HORA do reinício da pesquisa e localização da falha/Motivo
	Equipamentos de teste utilizados
	Ferramentas comuns
	Ferramentas Especiais
	Procedimento de pesquisa e localização utilizado
	Localização provável da falha
	Part Number
	Serial Number
	NSN
	Pessoal necessário e sua qualificação
	Organização de manutenção “I” responsável
NÃO FOI ENCONTRADA FALHA (NFF)	
PESSOAL DE MANUTENÇÃO VAI VERIFICAR SE HÁ POSSIBILIDADE DE REPARO NO LOCAL (LRU) SEM SUBSTITUIR SRU?	Identificador do evento (Chave Primária)
	Documentação Técnica utilizada
REPARO REALIZADO PELO PESSOAL DE MANUT NÍVEL “I”	Identificador do evento (Chave Primária)
	Descrição da ação de manutenção
	DATA/HORA do início da ação de manutenção
	DATA/HORA do fim da ação de manutenção
	DATA/HORA da interrupção da ação de manutenção/Motivo
	DATA/HORA do reinício da ação de manutenção/Motivo
	Partes sobressalentes
	Partes de reparo
	Consumíveis
	Equipamentos de teste utilizados
	Ferramentas comuns
	Ferramentas Especiais
	Documentação Técnica utilizada
	Pessoal necessário e sua qualificação
	Organização de manutenção responsável

Continua

Continuação

ENVIO DO LRU PARA O ESTOQUE DO NÍVEL DE MANUT. "O"	
SUBSTITUIR NO LRU O(S) SRU(S) INDICADO(S) PELA PESQUISA E LOCALIZAÇÃO DA FALHA	Identificador do evento (Chave Primária)
	Descrição da ação de manutenção
	DATA/HORA do início da ação de manutenção
	DATA/HORA do fim da ação de manutenção
	DATA/HORA da interrupção da ação de manutenção/Motivo
	DATA/HORA do reinício da ação de manutenção/Motivo
	Partes sobressalentes
	Partes de reparo
	Consumíveis
	Equipamentos de teste utilizados
	Ferramentas comuns
	Ferramentas Especiais
	Documentação Técnica utilizada
	Pessoal necessário e sua qualificação
	Organização de manutenção responsável
PESSOAL DE MANUTENÇÃO VAI VERIFICAR SE HÁ POSSIBILIDADE DE REPARO DO SRU(S) NO NÍVEL "I"?	Identificador do evento (Chave Primária)
REPARO DO(S) SRU(S) NO NÍVEL "I"	Documentação Técnica utilizada
	Identificador do evento (Chave Primária)
	Descrição da ação de manutenção
	DATA/HORA do início da ação de manutenção
	DATA/HORA do fim da ação de manutenção
	DATA/HORA da interrupção da ação de manutenção/Motivo
	DATA/HORA do reinício da ação de manutenção/Motivo Equipamentos de teste utilizados
	Ferramentas comuns
	Ferramentas Especiais
	Documentação Técnica utilizada
	Pessoal necessário e sua qualificação
ENVIO DO(S) SRU(S) PARA O ESTOQUE	Identificador do evento (Chave Primária)
	DATA/HORA do envio
	Nato Stock Number(NSN)
	Part Number(PN)
	CODEMP
	Nomenclatura
	Quantidade
	Identificador do envio
	Organização de suprimento responsável

Continua

Continuação

ENVIAR O(S) SRU(S) PARA O NÍVEL DEPOT DE MANUTENÇÃO	Identificador do evento (Chave Primária)
	DATA/HORA do envio
	Nato Stock Number(NSN)
	Part Number(PN)
	CODEMP
	Nomenclatura
	Quantidade
	Identificador do envio
SOLICITAR SRU(S) PARA RECOMPLETAR ESTOQUE DO NÍVEL "I"	Organização de manutenção de destino
	Identificador do evento (Chave Primária)
	DATA/HORA da solicitação
	Nato Stock Number(NSN)
	Part Number(PN)
	CODEMP
	Nomenclatura
	Quantidade
CHEGADA DO(S) SRU(S) PARA RECOMPLETAR ESTOQUE DO NÍVEL "I"	Identificador do pedido
	Organização de suprimento apoiadora
	Identificador do evento (Chave Primária)
	DATA/HORA da chegada
	Nato Stock Number(NSN)
	Part Number(PN)
	CODEMP
	Nomenclatura
	Quantidade
	Identificador do pedido
	Organização de suprimento apoiadora

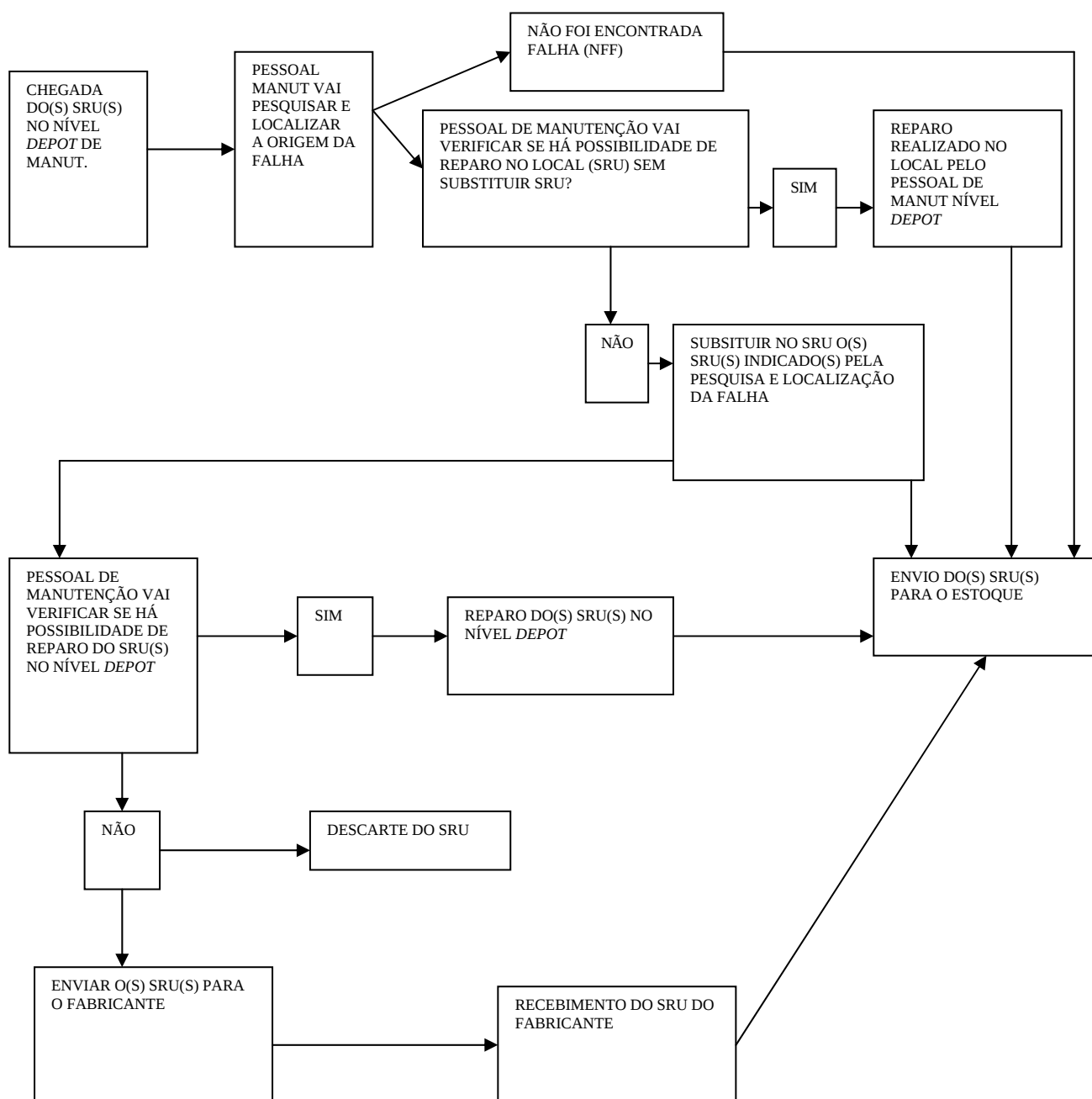


Figura 24: Transações no nível industrial ou *depot* de manutenção

Tabela 13: Dados a serem coletados nas Transações no Nível *Depot* ou Industrial de Manutenção

NÍVEL <i>DEPOT</i> OU INDUSTRIAL	
TRANSAÇÃO/EVENTO	DADO BÁSICO
CHEGADA DO(S) SRU(S) NO NÍVEL <i>DEPOT</i> DE MANUT.	Identificador do evento (Chave Primária)
	DATA/HORA da chegada
	Organização de Manutenção <i>DEPOT</i>
PESSOAL MANUT VAI PESQUISAR E LOCALIZAR A ORIGEM DA FALHA	Identificador do evento (Chave Primária)
	DATA/HORA do início da pesquisa e localização da falha
	DATA/HORA do fim da pesquisa e localização da falha
	DATA/HORA da interrupção da pesquisa e localização da falha/Motivo
	DATA/HORA do reinício da pesquisa e localização da falha/Motivo
	Equipamentos de teste utilizados
	Ferramentas comuns
	Ferramentas Especiais
	Procedimento de pesquisa e localização utilizado
	Localização provável da falha
	Pessoal necessário e sua qualificação
	Organização de manutenção "I" responsável
NÃO FOI ENCONTRADA FALHA (NFF)	
PESSOAL DE MANUTENÇÃO VAI VERIFICAR SE HÁ POSSIBILIDADE DE REPARO NO LOCAL (SRU) SEM SUBSTITUIR SRU?	Identificador do evento (Chave Primária)
	Documentação Técnica utilizada
REPARO REALIZADO NO LOCAL PELO PESSOAL DE MANUT NÍVEL <i>DEPOT</i>	Identificador do evento (Chave Primária)
	Descrição da ação de manutenção
	DATA/HORA do início da ação de manutenção
	DATA/HORA do fim da ação de manutenção
	DATA/HORA da interrupção da ação de manutenção/Motivo
	DATA/HORA do reinício da ação de manutenção/Motivo
	Partes sobressalentes
	Partes de reparo
	Consumíveis
	Equipamentos de teste utilizados
	Ferramentas comuns
	Ferramentas Especiais
	Documentação Técnica utilizada
	Pessoal necessário e sua qualificação
	Organização de manutenção responsável

Continua

Continuação

SUBSTITUIR NO SRU O(S) SRU(S) INDICADO(S) PELA PESQUISA E LOCALIZAÇÃO DA FALHA	Identificador do evento (Chave Primária)
	Descrição da ação de manutenção
	DATA/HORA do início da ação de manutenção
	DATA/HORA do fim da ação de manutenção
	DATA/HORA da interrupção da ação de manutenção/Motivo
	DATA/HORA do reinício da ação de manutenção/Motivo
	Partes sobressalentes
	Partes de reparo
	Consumíveis
	Equipamentos de teste utilizados
	Ferramentas comuns
	Ferramentas Especiais
	Documentação Técnica utilizada
	Pessoal necessário e sua qualificação
PESSOAL DE MANUTENÇÃO VAI VERIFICAR SE HÁ POSSIBILIDADE DE REPARO DO SRU(S) NO NÍVEL <i>DEPOT</i>	Identificador do evento (Chave Primária)
	Documentação Técnica utilizada
REPARO DO(S) SRU(S) NO NÍVEL <i>DEPOT</i>	Identificador do evento (Chave Primária)
	Descrição da ação de manutenção
	DATA/HORA do início da ação de manutenção
	DATA/HORA do fim da ação de manutenção
	DATA/HORA da interrupção da ação de manutenção/Motivo
	DATA/HORA do reinício da ação de manutenção/Motivo
	Equipamentos de teste utilizados
	Ferramentas comuns
	Ferramentas Especiais
	Documentação Técnica utilizada
	Pessoal necessário e sua qualificação
ENVIO DO(S) SRU(S) PARA O ESTOQUE	Identificador do evento (Chave Primária)
	DATA/HORA do envio
	Nato Stock Number(NSN)
	Part Number(PN)
	CODEMP
	Nomenclatura
	Quantidade
	Identificador do envio
	Organização de suprimento responsável

Continua

Continuação

ENVIAR O(S) SRU(S) PARA O FABRICANTE	Identificador do evento (Chave Primária)
	DATA/HORA do envio
	Nato Stock Number(NSN)
	Part Number(PN)
	CODEMP
	Nomenclatura
	Quantidade
	Identificador do envio
	Organização de manutenção de destino
RECEBIMENTO DO SRU DO FABRICANTE	Identificador do evento (Chave Primária)
	DATA/HORA do recebimento
	Nato Stock Number(NSN)
	Part Number(PN)
	CODEMP
	Nomenclatura
	Quantidade
	Identificador do envio/recebimento
DESCARTE DO SRU	Organização de suprimento responsável

7. PADRÕES PARA TROCA DE INFORMAÇÕES SOBRE SISTEMAS TÉCNICOS (PRINCIPAIS E CAPACITADORES)

Nesta parte do trabalho foram estudadas algumas metodologias existentes para registro e troca de dados sobre sistemas técnicos de uma maneira geral. As metodologias analisadas foram: LSAR, Padrões ISO, Padrões GEIA, OREDA e SPEC2000. O objetivo desse levantamento foi buscar o que existe de comum entre estas diversas padronizações de dados, de modo a orientar na definição de uma metodologia de coleta de dados, seguindo os aspectos comuns dessas metodologias. Dessa forma, o novo padrão para os dados coletados seguirá uma tendência já existente e será compatível com essas diversas padronizações, permitindo o intercâmbio de dados com os diversos utilizadores das mesmas, aumentando a flexibilidade do banco de dados que será gerado ao longo do tempo.

7.1 LOGISTIC SUPPORT ANALYSIS RECORD (LSAR)

Os resultados do processo de análise de apoio logístico (AAL), descrito no capítulo 4 são registrados em uma base de dados única, o LOGISTIC SUPPORT ANALYSIS RECORD (LSAR) – Registro de Análise de Apoio Logístico. O LSAR fornece uma base de dados técnica uniforme, flexível que consolida dados logísticos e de engenharia, necessários para identificar os requisitos de apoio logístico detalhados de um sistema ou equipamento.

A função primária do LSAR é garantir que todas as áreas com responsabilidade pelos aspectos de apoio e projeto de um sistema tenham acesso às mesmas informações atualizadas.

O primeiro documento que estabeleceu o LSAR foi o padrão militar MIL-STD 1388-2 em 1981, que foi revisado e em 1984 foi editado o MIL-STD 1388-2A que se tornou o padrão para coleta e distribuição de dados logísticos para programas militares no âmbito do DOD. Com o avanço da tecnologia de processamento de informação, o padrão foi novamente revisado e, em 1991, foi editado o padrão MIL-STD 1388-2B, que estabelece o LSAR com um banco de dados relacional.

Como foi comentado, no início do capítulo 4, com o cancelamento deste padrão pelo DOD, outros países que o utilizavam como referência, para desenvolver seus programas de análise de apoio logístico, se viram obrigados a publicar seu próprio padrão, como é o caso do padrão *Defence Standard* 00-60 Part 1, do Ministério da Defesa do Reino Unido e *Defence Standard* (AUST) 5692 do Departamento de Defesa (*Department of Defence*) da Austrália.

O LSAR é o conjunto de dados que apóia a documentação dos requisitos detalhados de apoio logístico e de engenharia, gerados pelo processo de análise de apoio logístico.

“A alimentação de dados no LSAR começa na fase de demonstração, dependendo do tipo de aquisição, ou antes, se um sistema comparativo base é utilizado para registrar os resultados da condução da análise de apoio logístico” (MINISTRY OF DEFENCE, 2000, p. 17). A sua alimentação e refinamento podem continuar ao longo do ciclo de vida do sistema/equipamento.

Quando se inicia o LSAR há dois aspectos que devem ser considerados, a saber:

1. A estrutura do número de controle de análise de apoio logístico;
2. A lista de itens candidatos para análise apoio logístico.

O método para gerenciar a quantidade substancial de dados contido no LSAR é através do número de controle de análise de apoio logístico (NCAAL), utilizando-se desmembramento funcional e/ou físico. Dessa forma, para um mesmo sistema/equipamento pode ser estabelecida uma estrutura de NCAAL física e/ou funcional, sendo recomendado que as duas sejam elaboradas para uma correta partilha de falhas. A associação entre as duas estruturas é conhecida como “mapeamento cruzado” e é realizada por meio de uma tabela do LSAR. O NCAAL é um identificador único designado para, no mínimo, todo item significativo para manutenção (ISM). A estrutura de NCAAL deve ser desenvolvida o mais cedo possível, devendo ser flexível. Existem dois métodos para atribuir o NCAAL: o clássico e o clássico modificado.

O que determina a utilização de um ou outro método é o tamanho e a complexidade do equipamento sob análise, sendo o método clássico modificado indicado para sistemas/equipamentos de maior complexidade.

No método clássico, um único NCAAL é alocado para toda aplicação de uma parte em um equipamento, incluindo partes de peça. No método clássico modificado é permitido que um mesmo NCAAL seja atribuído a mais de uma parte de peça, porém, em um nível abaixo ao do componente a que pertencem. Além disso, deve ser atribuído o mesmo NCAAL às partes de *hardware* para fixação de determinado item, no mesmo nível de identificação do item que está sendo fixado, devendo ser atribuído um outro NCAAL para este último.

O processo de análise de apoio logístico deve começar identificando os elementos do sistema/equipamento que são candidatos para análise. A lista de itens candidatos para análise de apoio logístico identifica cada parte do sistema que deve ser considerada para análise posterior, ao longo da execução das tarefas de AAL. A primeira fonte para identificação dos ISM é o processo de FMECA. Com o prosseguimento da análise, a lista de candidatos preliminar é aumentada, à medida que níveis menores de “*assembly's*” e itens são identificados através de análise posterior. Os candidatos para AAL não devem se restringir aos ISM, mas devem incluir equipamentos de apoio, teste e treinamento.

7.1.1 Estrutura do LSAR

Nesta seção descreve-se como é constituída a estrutura do banco de dados relacional que constitui o LSAR, para que a mesma possa ser introduzida/produzida em sistema de processamento de dados automatizado (MINISTRY OF DEFENCE, 2004, p. C-4).

Em um sistema banco de dados relacional os dados são organizados em tabelas. As tabelas são matrizes bidimensionais de dados relacionados, as colunas são as categorias de informação naquele tipo de tabela, onde as linhas são os conjuntos de dados individuais, ou seja, os valores que podem ser assumidos pelos dados listados nas colunas.

Existem colunas nas tabelas que podem ser chaves primárias ou estrangeiras. A chave primária individualiza um determinado conjunto de itens numa linha. A chave estrangeira exprime a existência de um dado que é oriundo de outra tabela e nesta é chave primária, sendo o meio pelo qual as tabelas se relacionam.

Os códigos das tabelas não podem ser alterados quando da criação do sistema de processamento de dados automatizado. Estas são agrupadas em áreas funcionais descritas a seguir:

Tabela 14: Tabelas por áreas funcionais do LSAR

TABELA	ÁREA FUNCIONAL
X	Cruzar requisitos funcionais
A	Requisitos de operação e manutenção
B	Confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade; FMECA; e análise de manutenibilidade
C	Inventário de tarefas, análise de tarefas, requisitos de pessoal e apoio
E	Requisito de equipamento de apoio e material de treinamento
U	Descrição e requisitos de unidade sob teste
F	Considerações sobre instalações
G	Considerações de habilidades do pessoal
H	Requisito de embalagem e aprovisionamento
J	Análise de engenharia de transportabilidade
Z	Requisitos de embalagem, manuseio, armazenagem e transporte de munição

Cada área funcional se subdivide em tabelas que podem estar relacionadas, ou não, por chaves estrangeiras. A figura abaixo ilustra um exemplo de inter-relacionamento de tabelas de uma determinada área funcional:

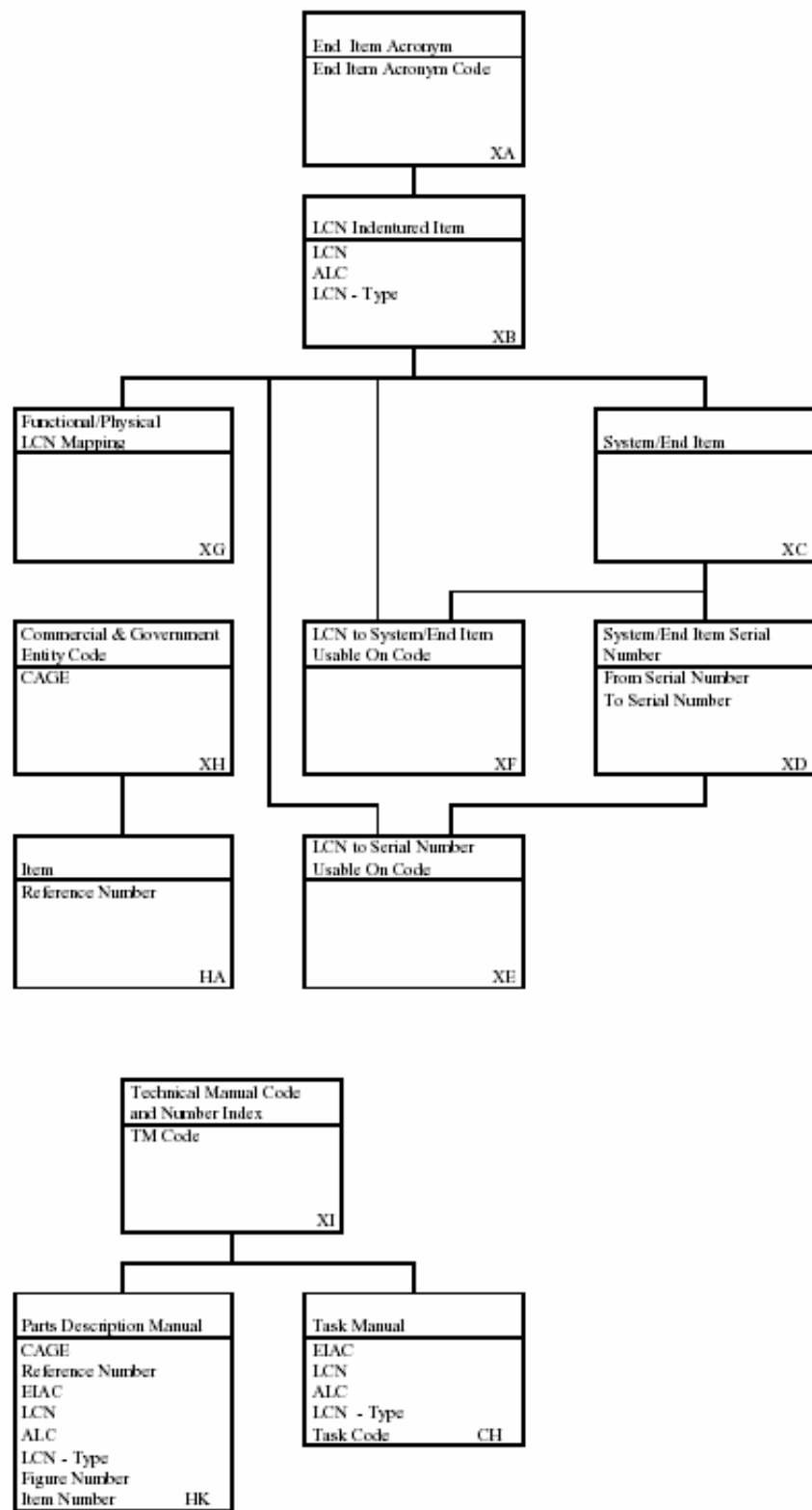


Figura 25: Relacionamento entre tabelas do LSAR

Cada tabela tem sua estrutura descrita através dos seguintes elementos:

Tabela 15: Estrutura das tabelas do LSAR

ELEMENTO		DESCRIÇÃO
Código da tabela		Código de três posições designado para cada tabela.
Título da tabela		Uma frase descritiva que identifica a tabela.
Descrição da tabela		Uma pequena declaração esboçando o conteúdo e as regras de negócios da tabela.
Código do elemento de dado		Um código de nove posições usado para identificar a definição do elemento de dado.
Título de elemento de dado		Frase substantiva utilizada para identificar o elemento de dado.
Formato do campo	Uma especificação para o tamanho, tipo, justificação de posição e o posicionamento do decimal de um campo de elemento de dado, ou sub-campo deste.	
	Comprimento	O número de posições de caractere no elemento de dado.
	Tipo	Uma especificação do tipo de caractere.
		A Especifica que todos os caracteres do campo, exceto campos de narrativa, são alfabéticos maiúsculos.
		N Especifica que todos os caracteres do campo são numéricos.
		X Especifica que todos os caracteres do campo, exceto campos de narrativa são alfabéticos maiúsculos, numéricos, especiais, ou qualquer combinação desses.
		D Especifica que todos os caracteres do campo são numéricos com decimal flutuante.
	Justificação	Especifica de que lado do campo os caracteres do elemento de dado são introduzidos.
	Colocação do decimal	Especifica o número de posições de caracteres à direita do ponto decimal assumido, quando o elemento de dado é numérico em todas as posições dos caracteres e com uma posição fixa para o decimal.
	Formatos	Formatos dos campos para campos de dados narrativos estendidos são capazes de aceitar um máximo de 99.999 linhas de caracteres (65), de informação por meio de um código de sequência de texto.
Número de definição de elemento de dado		Um número designado sequencialmente para cada elemento de dado utilizado para localizá-lo e referenciá-lo ao longo do dicionário e das tabelas de dados relacionais.
Código de elemento de dado chave (CHAVE)	Um indicador que identifica dados chave e obrigatórios dentro de uma tabela.	
	F	Chave estrangeira.
	K	Chave primária.
	M	Obrigatório – elemento de dado não-identificador.
Nome da Função	Um modificador único de um título de elemento de dado que descreve o uso deste dentro de uma posição específica numa tabela.	

7.2 PADRÕES ISO

A Organização Internacional para Padronização (*International Organization for Standardization – ISO*) é uma organização internacional que aglomera os órgãos de padronização/normalização de 148 países. O ISO aprova normas internacionais em todos os campos técnicos, exceto de eletricidade e eletrônica, áreas para as quais o *International Electrotechnical Commission – IEC* é responsável e telecomunicações, área em que a *International Telecommunication Union – ITU* é responsável. Existem padrões ISO desenvolvidos para a gerência de dados de produto (PDM – *Product Data Management*), nas diversas fases de seu ciclo de vida.

Seguem abaixo alguns dos padrões:

- ISO 10303
 - *Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange*, também conhecido como STEP (*Standard for the Exchange of Product Model Data*)
- ISO 13584
 - *Parts library* (PLib)
- ISO 15531
 - *Industrial manufacturing management data* (MANDATE)
- ISO 15926
 - *Integration of life-cycle data for process plants including oil and gas production facilities* (Oil & Gas)
- ISO 18876
 - *Integration of industrial data for exchange, access, and sharing* (IIDEAS)

O padrão ISO 13584 Parts Library (PLIB) é uma série de padrões internacionais para a representação de dados em sistema de informação e troca de dados de biblioteca de partes. O objetivo é prover um mecanismo capaz de transferir dados de biblioteca de partes iniciativa de padronização, independente de qualquer aplicação que está usando um sistema de dados de biblioteca de partes. A natureza da descrição a torna adequada não somente para a troca de arquivos contendo partes, mas também como uma base para implementar e compartilhar bases de dados de dados de biblioteca de partes.

O padrão ISO 15531, *Industrial automation systems and integration- manufacturing management data exchange* (MANDATE) inclui a representação de dados relacionados à gerência do processo de fabricação e à troca e compartilhamento de dados de gerência dentro e entre companhias.

Podem ser identificadas três categorias principais de dados relacionadas à gerência de fabricação, aqueles relacionados a:

- 1) Trocas externas, por exemplo, entre fornecedores;
- 2) A gerência de recursos utilizados durante o processo de fabricação; e
- 3) A gerência dos fluxos de fabricação dentro da planta e entre os estágios do processo.

O padrão ISO 15531 não padroniza o modelo do processo de fabricação. O propósito do padrão é prover modelos de dados padronizados para os três tipos de dados, acima, que são geralmente complexos, fortemente dependentes do tempo e com relacionamentos muito próximos entre eles. O objetivo é facilitar a integração entre numerosas aplicações industriais por meio de ferramenta padronizada comum capaz de representar esses três conjuntos de dados que são compartilhados e trocados durante todo ciclo de vida de produção e estão no centro do processo de fabricação.

O padrão ISO 15531 é uma coleção de documentos inter-relacionados que forma um padrão multiparte.

O propósito do padrão internacional para integração e automação industrial – *Integration of life-cycle data for process plants including oil and gas production facilities* (ISO 15926) é facilitar a integração de dados para apoiar os processos e as atividades do ciclo de vida de plantas de processamento. Ele definiu a sintaxe e a representação gráfica, porém, ainda não há semântica formal. O padrão consiste de sete partes:

- 1) Overview and fundamental principles;
- 2) Data model;
- 3) Methodology for the development and maintenance of reference data libraries;
- 4) Reference data;
- 5) Procedures for registration and maintenance of reference data;
- 6) Scope and methodology for developing additional reference data;
- 7) Implementation methods for data exchange and integration.

ISO 15926 Part 2 especifica um modelo de dados que define semi-formalmente o significado das informações de ciclo de vida em um contexto único apoiando a visão que engenheiros de posse, engenheiros de equipamento, operadores, engenheiros de manutenção e outros especialistas podem ter em relação à planta.

ISO 18876 "IIDEAS" é um padrão internacional desenvolvido pelo Comitê Técnico 184 da ISO, subcomitê 4 Dados Industriais, Grupo de Trabalho 10 Arquitetura Técnica. Este padrão é projetado para satisfazer os seguintes requisitos de alto nível:

- Compartilhamento e integração de dados oriundos de fontes múltiplas e heterogêneas; e
- Interoperabilidade entre aplicações e organizações que implementam diferentes padrões.

As primeiras edições do padrão ISO 18876, Partes 1 e 2, foram publicadas como especificações técnicas em novembro de 2003:

- Parte 1: Panorama e descrição da arquitetura; e
- Parte 2: Metodologia de integração e mapeamento.

A parte 1 provê uma descrição geral da arquitetura, seus componentes, e seu uso pretendido. A parte 2 descreve a metodologia de integração e o mapeamento componente da estrutura. Essa descrição é independente tanto da linguagem de modelagem quanto dos detalhes e do modelo de integração utilizado.

O padrão ISO 10303, descrito a seguir, está mais afeto ao objetivo deste trabalho.

O ISO 10303 é um padrão Internacional para a representação interpretável por computador e a troca de dados de produtos industriais. O objetivo é prover um mecanismo que seja capaz de descrever dados de um produto ao longo do seu ciclo de vida, independente de qualquer sistema em particular. A natureza desta descrição a torna adequada, não só para a troca de arquivos neutros, mas também como uma base para a implementação e compartilhamento de bases de dados e para arquivamento de dados.

ISO 10303 cobre uma variedade de tipos de produtos diferentes (eletrônico, eletromecânico, mecânico, chapa de metal, compósitos de fibra, navios, plantas de processamento, móveis etc.) e estágios do ciclo de vida (projeto, análise, planejamento, fabricação etc.). Esta extensão está continuamente se expandindo, à medida que novas partes do padrão são editadas. Essas partes são referidas como ISO 10303-XXX, onde XXX é o número da parte, e cada uma é um padrão em si, apesar de ser um componente de um todo maior e

interdependente de outras partes. Atualmente o padrão é composto de aproximadamente 40 partes, entretanto, várias outras estão em desenvolvimento.

Na prática, o padrão é implementado por programas de computador associados com aplicações de engenharia particulares e, então, seu uso e função serão transparentes para o usuário.

As descrições são modelos de informação que captam a semântica de um requisito industrial e provê estruturas padronizadas, dentro das quais valores de dados podem ser entendidos por uma implementação de computador.

No presente as trocas através do ISO 10303 geralmente empregam a bem conhecida abordagem de arquivo neutro, na qual a transferência entre dois sistemas é um processo de dois estágios. No primeiro estágio, os dados são traduzidos do formato de dados nativo do sistema originário para o formato ISO 10303 neutro, e no segundo estágio, é traduzido do padrão neutro para o formato nativo do sistema destinatário. As entidades a serem capturadas, e seus relacionamentos, são definidos em esquemas escritos na linguagem de modelagem de informação chamada EXPRESS, que será mais detalhada adiante. A figura abaixo procura ilustrar o princípio do padrão ISO 10303:

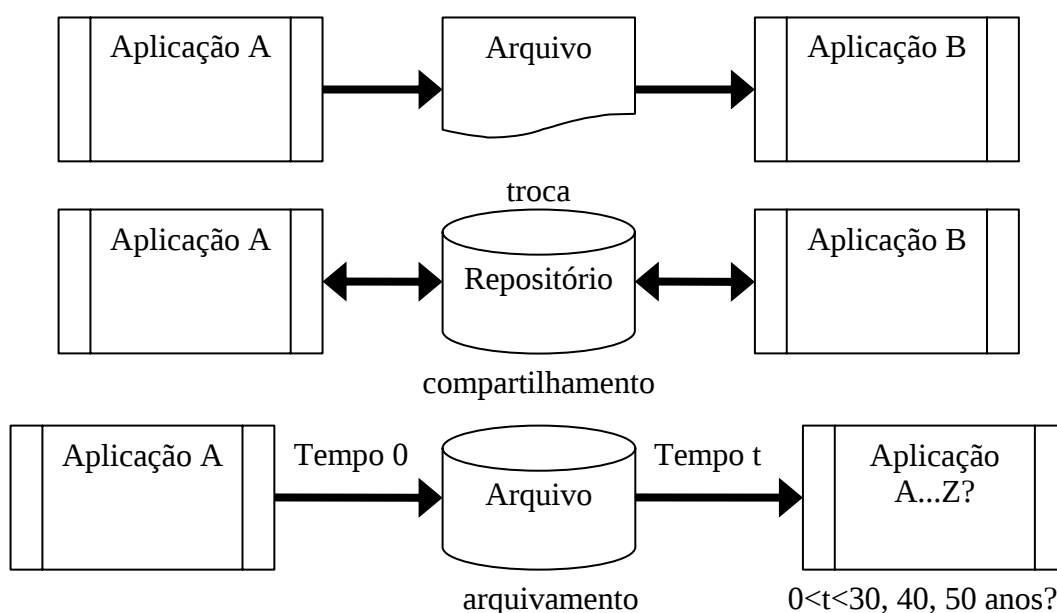


Figura 26: Princípio do Padrão ISO 10303

Tipicamente STEP pode ser utilizado para troca de dados entre as seguintes ferramentas: *Computer-aided design* (CAD), *Computer-aided manufacturing* (CAM), *Computer-aided engineering* (CAE), *Product Data Management* (PDM)/*Enterprise Data Management* (EDM), bem com outros sistemas CAx (termo genérico para descrever o uso da tecnologia da informação para auxiliar no projeto, na análise e fabricação de produtos).

STEP está se dedicando a dados de produto oriundos do projeto, da análise e da fabricação elétricos e mecânicos, com informação adicional para várias indústrias, tais como automotiva, aeroespacial, construção civil, construção naval, óleo e gás, plantas de processamento e outras. STEP é desenvolvida e mantida pelo comitê técnico TC 184 (*Technical Industrial automation systems and integration*), subcomitê SC4 (*Industrial data*)

O acrônimo STEP é usado para designar todos os aspectos do projeto internacional que está sendo desenvolvido: a tecnologia de representação de dados de produto; a metodologia para criar os padrões para modelos de informação e os padrões em si. Alguns autores utilizam STEP como um acrônimo para *STandard for the Exchange of Product data*, mas o propósito do padrão é prover modelos de informação para a representação de dados de produto. A troca de dados é um dos usos para uma representação padronizada, mas não é o único uso.

O ISO 10303 é uma coleção de documentos inter-relacionados que formam um padrão multiparte. As partes são agrupadas nas seguintes seções:

- Métodos de descrição (Partes 1-19);
- Métodos de implementação (Partes 20-29);
- Estrutura e metodologia para teste de conformidade (Partes 30 -39);
- Recursos genéricos integrados (Partes 40-49);
- Recursos de aplicação integrados (Partes 100 – 199);
- Protocolos de Aplicação (Partes 200 – 299);
- Suítes de teste abstrato (Partes 300 – 399);
- Construtos interpretados por aplicação (Partes 500 – 599);
- Módulos de aplicação (Partes 1000 –).

Métodos de descrição provêm as especificações das linguagens que são usadas para criar padrões.

Métodos de implementação apóiam o desenvolvimento de implementações de software dos padrões.

Documentos da estrutura e metodologia para teste de conformidade especificam como uma implementação da ISO 10303 deve ser testada para verificar a conformidade com o padrão.

Recursos genéricos integrados, como um grupo, provêem um modelo de informação único para um produto fabricado.

Recursos de aplicação integrados são especializações dos Recursos genéricos integrados para alguns requisitos de engenharia.

Protocolos de Aplicação (*Application Protocols* – AP) especificam os requisitos de dados para uma aplicação de engenharia específica em uma representação padronizada, derivada dos recursos genéricos integrados. Protocolos de Aplicação são implementados para uso com software de aplicação relevante em engenharia.

Suítes de teste abstrato descrevem os testes a serem utilizados para determinar se uma implementação se ajusta ao protocolo de aplicação relacionado. Cada protocolo de aplicação possui uma suíte de teste abstrato associada, com o número 3XX, onde XX representam o segundo e terceiro dígito respectivamente, no número do Protocolo de Aplicação. Por exemplo, ISO 10303-207 possui uma Suíte de teste abstrato com o número ISO 10303-307.

Construtos interpretados por aplicação são seções de modelos de dados que descrevem conceitos que são comuns a mais de um protocolo de aplicação. Essas partes são, então, pretendidas para uso por desenvolvedores de novos modelos de dados para a ISO 10303.

Módulos de aplicação são modelos de informação pequenos que se pretende sejam reutilizáveis no desenvolvimento de protocolos de aplicação futuros. Essas partes são, então, destinadas para uso por desenvolvedores de modelos de dados.

É interessante mencionar a existência de uma iniciativa chamada *National Shipbuilding Research Program Advanced Shipbuilding Enterprise* (NSRP ASE), desenvolvida em conjunto por estaleiros e pela Marinha dos EUA, cujo objetivo é reduzir os custos de construção e reparo de navios de guerra daquela Marinha e melhorar a produtividade da indústria naval, através de processos e tecnologias avançadas. Esta iniciativa patrocinada pela Marinha daquele país estabeleceu um Plano de Investimento Estratégico, que em sua 4ª revisão, de junho de 2005, estabelece seis iniciativas principais, dentre elas, uma, chamada Tecnologia de Sistemas, que, neste plano estratégico, se refere à aplicação de tecnologia da informação à construção naval.

O propósito desta iniciativa principal inclui a infra-estrutura de sistemas de informação para apoiar as demais iniciativas com ênfase nas ferramentas, ambiente, e integração requeridas para reduzir lead time do produto e prover associação mais estreita entre

as funções do empreendimento. Para o propósito desta iniciativa, o escopo de Tecnologia de Sistemas pode ser caracterizado como um “Ambiente de Construção Naval Integrado”. Por integrado, entende-se que os variados processos de negócios e seus sistemas de tecnologia da informação de apoio são capazes de aceitar e disseminar informação eletronicamente sem intervenção manual, papel, ou traduções “off-line”. A informação é introduzida uma vez e é reutilizada ao longo do ciclo de vida do navio. O Ambiente de Construção Naval Integrado consiste de um modelo de processo e produto integrado que é estendido para incluir apoio de processo e sistemas para a integração do estaleiro, projeto, apoio ao ciclo de vida, proprietário, e sistemas das sociedades de classificação. –

A figura abaixo ilustra o modelo desenvolvido dentro deste programa para os navios utilizando o padrão ISO 10303:

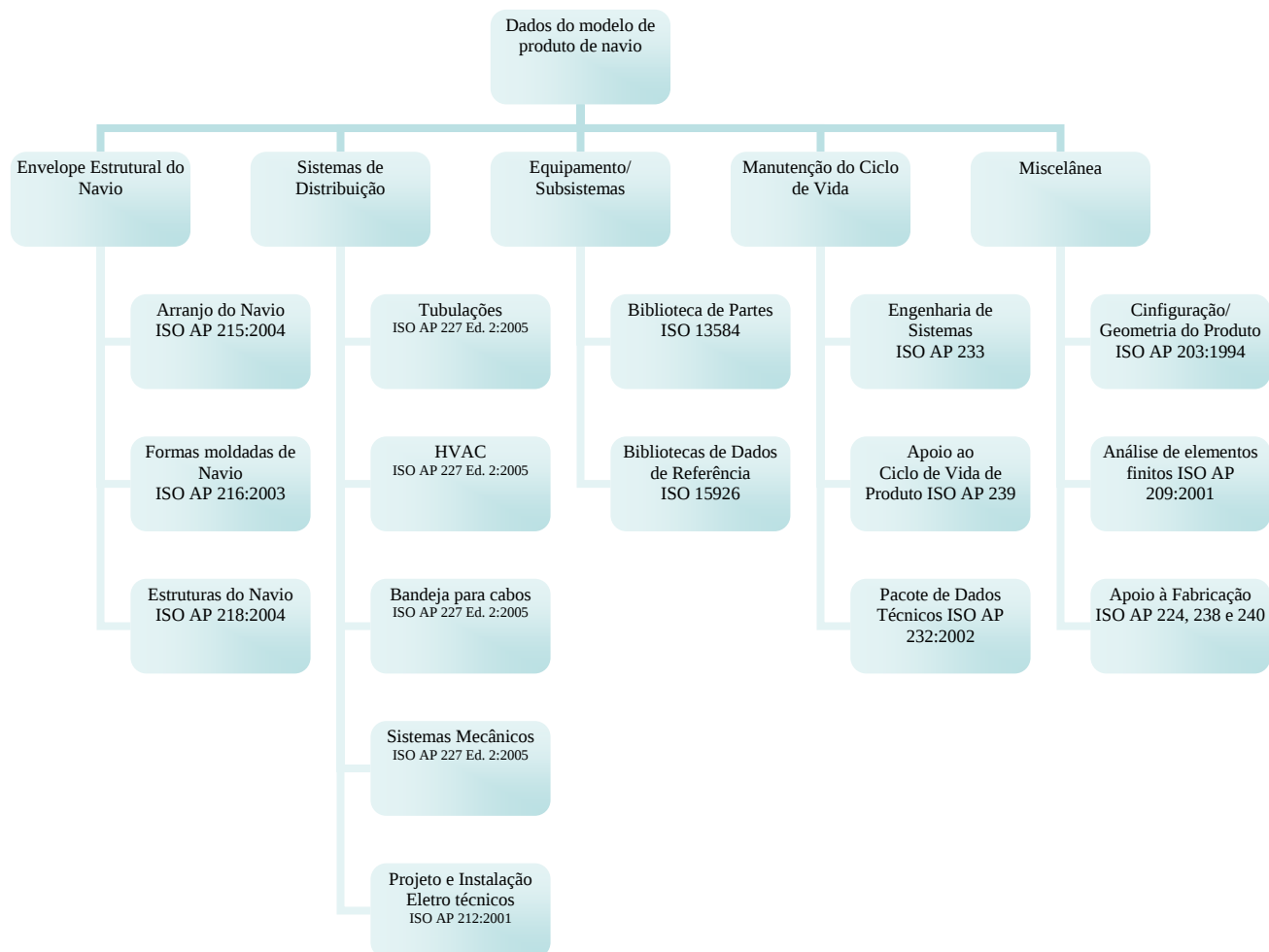


Figura 27: Modelo de troca de dados para navios

Fonte: *National Shipbuilding Research Program Advanced Shipbuilding Enterprise Strategic Investment Plan* (2005, revisão 4, p. 27).

7.2.1 A linguagem *EXPRESS*

EXPRESS é uma linguagem padrão para especificação de dados, que consta da parte 11 da ISO 10303. Foi desenvolvida, inicialmente, para definir modelos de dados de produtos industriais, sendo, atualmente, utilizada em vários domínios. Não é somente uma linguagem de modelagem conceitual, definindo os “*tokens*” de informação a serem trocados, mas é também uma linguagem de especificação de dados (DDL), que especifica os dados a serem gerados e validados por computadores.

As entidades a serem capturadas e trocadas usando STEP, e seus relacionamentos, são definidos em esquemas. Num esquema *EXPRESS*, uma entidade representa um conjunto de objetos com propriedades comuns. Essas propriedades são modeladas por atributos e restrições. Todas as entidades são reunidas em um esquema que podem ser referenciados por outros esquemas. Os campos de atributos podem, também, ser modelados por tipos.

Esquemas *EXPRESS* são processáveis por computador e podem ser verificados automaticamente, quanto à correção sintática e à existência de ligações apropriadas com outros esquemas. Instâncias das entidades definidas formam os dados efetivamente trocados. Definições de entidade incluem regras que podem ser verificadas no momento da tradução, para comprovar certos aspectos de validade semântica das instâncias transferidas.

7.2.2 AP239 – Product Life Cycle Support (PLCS)

Como descrito acima, existem diversos tipos de protocolos de aplicação dependendo da aplicação de engenharia e da fase do ciclo de vida do produto nas quais se deseja utilizar o padrão ISO 10303. O protocolo de aplicação AP239, *Product Life Cycle Support* (PLCS), é um padrão STEP para dados logísticos e apoio durante o ciclo de vida do produto. O projeto foi patrocinado por Organizações Internacionais e Departamentos Governamentais líderes, incluindo um número de companhias aeroespaciais.

O AP239, conhecido oficialmente como ISO 10303-239, é um padrão internacional para a definição e a troca de dados de produto, necessários para o apoio em longo prazo de produtos muito complexos, tais como aeronaves, navios, plantas de processamento, entre outros. O desenvolvimento deste padrão foi liderado por uma iniciativa conjunta industrial e governamental, dedicada ao objetivo de acelerar novos padrões para informações de apoio ao produto. O trabalho no padrão começou em novembro de 1999 e sua publicação ocorreu em 2005. Apesar de o nome do AP239 ser apoio ao ciclo de vida de produto, o padrão é focado

numa categoria particular de produtos e cenários de apoio, especificamente, produtos complexos e de alto valor, com partes únicas, configurações de produto numerosas, uma vida útil longa e demandando requisitos de apoio em serviço. Não surpreendentemente, para tais produtos e cenários de apoio, os custos em serviço compreendem uma proporção significativa do custo total de posse.

A iniciativa do PLCS identificou os seguintes contribuintes principais de negócios que serão satisfeitos, ou apoiados, por um padrão internacional para informações de apoio ao ciclo de vida do produto:

Tabela 16: Principais contribuintes de negócios do AP239

CONTRIBUINTE	JUSTIFICATIVA
Custo de posse reduzido	Usuários de produtos estão buscando disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade melhoradas e custo de posse mais baixo.
Explorar investimentos anteriores em dados de produto	Usuários de sistemas de informação querem mais plataformas abertas para reduzir custos com TI e assegurar longevidade no uso de informação.
Crescimento de negócios sustentável	Companhias estão buscando fazer dinheiro através do apoio ao ciclo de vida de seus produtos, para aumentar lucros, melhorar a qualidade e serem mais competitivas.
Novas oportunidades de negócios	Fabricantes líderes estão “indo rio abaixo” para gerar receitas adicionais a partir do fornecimento de serviços de apoio ao ciclo de vida.
Gerência do ciclo de vida de produto	▪ Foco aumentado em gerenciar informação ao longo do ciclo de vida do produto – Conceito ao Descarte ▪ Negócios estão focando no custo total de posse, a medida que o ciclo de vida do produto aumenta e os mesmos se tornam mais caros de manter.
Empreendimento ampliado	▪ Redes de negócios complexas em expansão ▪ Trabalhadores do conhecimento necessitam compartilhar informação em tempo real ▪ Não é prático adotar o mandato de sistema comum ▪ Tecnologia da internet muda tudo

AP239 foi desenvolvido de uma maneira modular. O modelo de informação integrado único, que é o AP239, foi montado a partir de um número de módulos. Um conjunto de troca de dados (DEX) é um subconjunto do esquema total do AP239. Cada DEX apóia um processo de negócio específico. Os modelos de informação do PLCS foram desenvolvidos utilizando ambas tecnologias EXPRESS e XML. AP239, também, introduz o conceito de dados de referência, que são descritos como dados interpretáveis por computador e padronizados, que podem ser utilizados para ampliar, ou fazer, sob medida, um modelo de informação:

especializações que podem ser aplicadas para uma indústria particular ou cenário de uso. Dados de referência são utilizados dentro do AP239, primariamente, para definir classificações de itens, tais como classes de documentos e tarefas, ou para listas de códigos enumerados, tais como códigos de falhas.

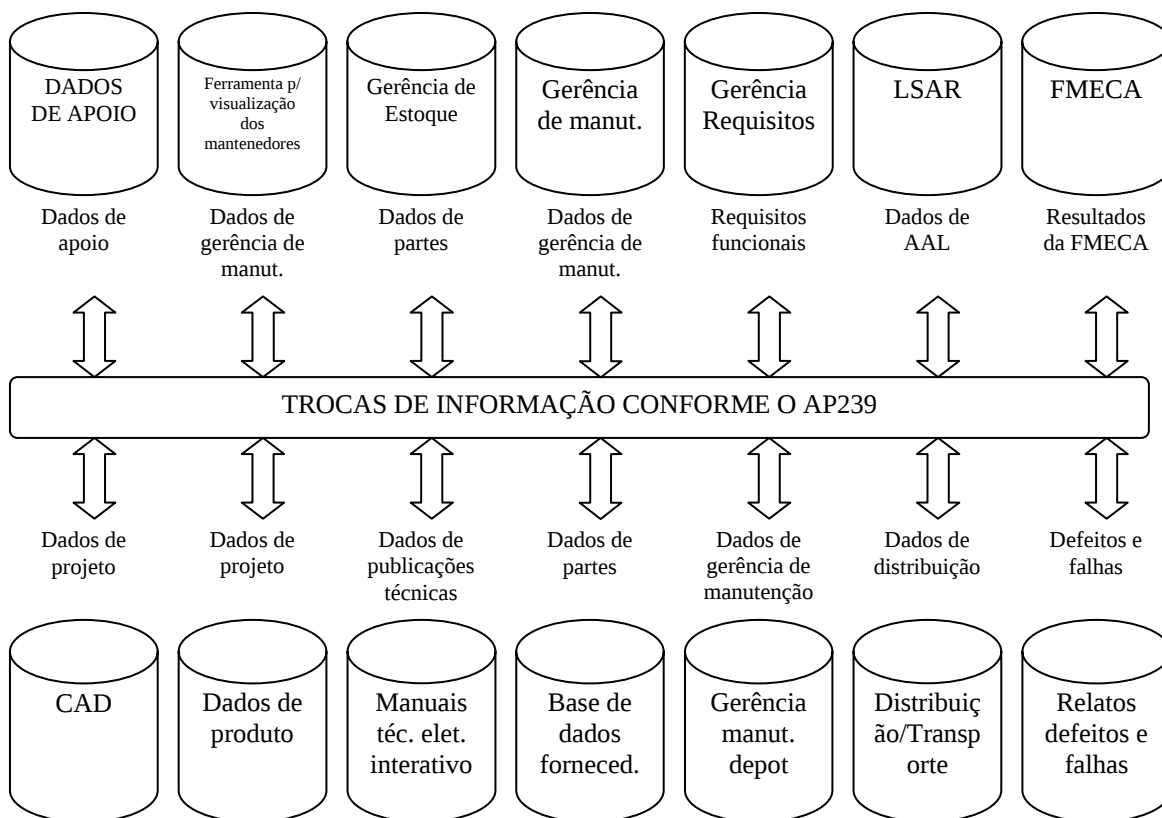


Figura 28: Modelo de troca de dados do AP239

O Ministério da Defesa do Reino Unido se tornou um dos patrocinadores da iniciativa do PLCS, com o objetivo de ampliar a capacidade do padrão ISO 10303 de cobrir as informações necessárias para apoio ao produto durante a vida, incluindo as atividades de ALI. Aquele Ministério colocou como componente chave da iniciativa o LSAR, pois, caso o AP239 possa englobar o LSAR, permitirá a substituição de alguns aspectos de informação do padrão *Defence Standard* 00-60, já abordado anteriormente, e reduzir a dependência de um padrão de defesa, que é caro de manter e uma proposta desafiante para vendedores de software gerais (next gen LSAR).

7.3 PADRÕES GEIA (GOVERNMENT ELECTRONICS & INFORMATION TECHNOLOGY ASSOCIATION)

GEIA (*Government Electronics & Information Technology Association*) é uma organização que representa a indústria de alta tecnologia que provê soluções comprovadas para satisfazer as necessidades do cliente governamental. A GEIA, em parceria com suas companhias membro e seus clientes governamentais, estuda o mercado para TI, pesquisa e tecnologia, e produtos e serviços eletrônicos avançados para as agências governamentais civis e militares. Dessa forma, existem alguns padrões já editados, ou em desenvolvimento pela GEIA, para um ambiente de dados comuns relacionados a sistemas técnicos complexos, podendo-se citar os seguintes:

Tabela 17: Padrões GEIA

PADRÃO	TÍTULO
GEIA-927	COMMON DATA SCHEMA FOR COMPLEX SYSTEMS
GEIA-927-1	LOGISTICS DATA IMPLEMENTATION MODEL – LSAR
GEIA-649	CONFIGURATION MANAGEMENT
GEIA-836	DATA STANDARD FOR CONFIGURATION MANAGEMENT
GEIA-859	DATA MANAGEMENT

Aprofundando-se no padrão GEIA-927, o mesmo é baseado nos seguintes padrões ISO 18876 (IIDEAS) Basis for Data Modeling Methodology e ISO 15926-2 (EPISTLE Core Model (ECM)) Initial Integration e integra-se com os seguintes padrões:

- PAS 20542 – Systems Engineering;
- ISO 10303 (STEP) AP212 – Electrotechnical Design and Installation;
- ISO 10303 (STEP) AP239 – Product Life Cycle Support;
- ISO 10303 (STEP) AP214 – Core Data Model for Automotive Mechanical Design Processes;
- Logistics Support Analysis Record Data;
- Field Logistics Data (Inventory, Requisition, Maintenance, Usage);
- Logistics Modeling Data (level of repair, cost analysis, post fielding analysis).

7.4 SPEC2000 (“SPEC2000”, 2002)

A SPEC2000 é uma evolução do SPEC 200, que foi desenvolvida nos anos 50, para o intercâmbio mecânico de informações de aprovisionamento, colocação de ordens de compra e de remessa. Nessa época, eram utilizados cartões de 80 colunas, o que resultava numa especificação complexa, que necessitava de constantes revisões e era de difícil entendimento.

Com o avanço da tecnologia da informação, em 1984 foi formado um grupo com representantes das empresas de transporte aéreo e com os fabricantes e fornecedores de produtos aeronáuticos, para estabelecer uma nova especificação para intercâmbio de informações relacionadas ao gerenciamento de material. O resultado deste trabalho é a especificação SPEC2000 que será descrita abaixo.

SPEC2000 é um conjunto de especificações *e-business*, produtos e serviços projetados para superar os desafios de gerenciamento da cadeia de suprimento na indústria. Largamente utilizado por companhias aéreas e fornecedores, reduzindo custos administrativos e processos de negócios, SPEC2000 se transformou na espinha dorsal dos processos de *e-business* da indústria da aviação.

Administrada pela ATA – *Air Transport Association* (Associação de Transporte Aéreo), a SPEC2000 é o produto de 12 associações industriais internacionais, representando linhas aéreas, fabricantes, fornecedores e agências de reparo.

O propósito primário é prover padrões, técnicas e métodos para troca de informações, no estado da arte e com boa relação custo-benefício, que sejam úteis para o maior número possível de companhias.

Seguem abaixo os demais objetivos da SPEC2000:

1. Prover padrões para o intercâmbio de informações relacionadas com material de aviação com a melhor relação custo benefício, entre linhas aéreas e fornecedores;
2. Prover métodos que sejam úteis para a mais vasta população de empresas na indústria de aviação;
3. Prover uma especificação abrangente e amigável ao usuário;
4. Incorporar características de segurança de sistema, que provê proteção para os dados de cada participante, bem como proteção para todos os participantes contra possíveis violações *anti-truste* devido ao mau uso, visibilidade, ou acesso não autorizado a dados;

5. Facilitar a identificação e a visibilidade de itens em garantia, sujeitos a reparo pelas agências de reparo;
6. Atrair uma base ampla de participação da indústria;
7. Minimizar os esforços de reprogramação na transição de métodos e padrões anteriores para novos métodos; e
8. Prover uma estrutura sobre a qual avanços possam ser feitos com desenvolvimentos tecnológicos futuros, enquanto mantêm a relação custo-benefício, os ganhos de produtividade, e padronização.

Atualmente o sistema inclui quatro tipos de troca de informação:

1. Mercado de aviação da ATA;
2. Padrões de comércio eletrônico;
3. Padrões de arquivos;
4. Padrões de código de barras.

A SPEC2000 é organizada em capítulos que abordam assuntos diferentes relacionados ao gerenciamento de material de aviação. A tabela abaixo lista os capítulos e descreve o assunto que cada um deles aborda:

Tabela 18: Capítulos do SPEC2000

CAPÍTULO	TÍTULO	DESCRIÇÃO
UM	Aprovisionamento	Processo de selecionar partes, equipamentos e materiais de apoio relacionados para a operação de aeronaves ou equipamento especial. Também estão incluídos aqueles necessários ao reparo e revisão geral de sobressalentes reparáveis.
DOIS	Planejamento de aquisição	Identifica os métodos automatizados para o fornecedor prover dados para partes oferecidas para venda.
TRÊS	Administração de ordem de compra	Descreve o processo de colocação automatizada de ordem de compra.
QUATRO	Faturamento ao cliente	Descreve o processo de faturamento automatizado.
CINCO	Intercâmbio de dados e de informações	Descreve os dados e os métodos para intercâmbio entre cliente e fornecedor de dados relacionados com o consumo de partes e a previsão de requisitos futuros.
SEIS	Comandos de comunicação	Descreve os métodos de comunicação comuns a todos os capítulos.
SETE	Administração de ordem de reparo	Descreve o processo de ordem de reparo automatizada
OITO	Planejamento reparo e revisão Geral	Identifica os métodos automatizados para o agente de reparo prover dados para o reparo de partes e todas as capacidades da base de dados de reparo central.

Continua

Continuação

NOVE	Código de barras	Identifica os requisitos para recebimentos e identificação de código de barras permanente.
DEZ	Guia de implementação da SPEC2000/ASC X12	Não é rotineiramente distribuído.
ONZE	Coleta e intercâmbio de dados de confiabilidade	O propósito deste capítulo é prover um conjunto de formatos de registro padronizados para coleta e intercâmbio de dados de confiabilidade de aeronaves.
DOZE	Sistema de Redistribuição de Inventário de Linhas aéreas (SRIL)	O programa SRIL provê um meio pelo qual participantes podem publicar pelo mundo inteiro, num único arquivo de dados, uma listagem de fuselagem, aviônicos, equipamento de teste, motores, ferramental e equipamento de solo que estão disponíveis para venda.
QUATORZE	Garantia	Define métodos automatizados de submissão para vários tipos especificados de reclamações e seu reconhecimento, questionamentos “on-line” para determinar o status das reclamações.
QUINZE	Dados de configuração de entrega	Provê um formato recomendado para a comunicação eletrônica de dados de configuração de entrega, incluindo data de embarque e tempos em voo, de um fornecedor para um cliente, para todas as partes com número de série.

7.5 OFFSHORE RELIABILITY DATA (“OREDA,” 2005)

OREDA é uma organização piloto patrocinada por nove companhias de petróleo com operações mundiais. O propósito principal da OREDA é coletar e trocar dados de confiabilidade entre companhias participantes e agir como fórum para coordenação e gerenciamento de coleção de dados de confiabilidade das indústrias de gás e de petróleo. OREDA estabeleceu um banco de dados abrangente, com dados de confiabilidade e de manutenção, para equipamentos de exploração e produção de uma grande variedade de áreas geográficas, instalações, tipos de equipamentos e condições de operação. Equipamentos “Offshore”, de superfície e submarinos são prioritários, mas equipamentos em terra também estão incluídos. Os dados são armazenados numa base de dados e um software especializado foi desenvolvido para coletar, recuperar e analisar as informações.

8. MODELAGEM CONCEITUAL DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES

Neste capítulo é desenvolvida uma modelagem conceitual preliminar de um sistema de informações, cujo objetivo é sugerir um caminho para o desenvolvimento de um sistema de informação para projeto, implantação e gerência de cadeias logísticas de manutenção de sistemas técnicos. Ela se concentra no sistema de missão principal e no sistema de apoio, conforme já salientado anteriormente. Para tal, foi utilizada a UML (*Unified Modeling Language* – Linguagem de Modelagem Unificada) que é uma linguagem que serve para especificar, construir, visualizar e documentar os artefatos de um sistema de informações.

A modelagem foi desenvolvida a partir de duas fontes principais: os dados logísticos necessários à execução de cada uma das análises que compõe o processo de análise de apoio logístico, conforme mencionado na seção 4.5 e o levantamento dos dados a serem coletados por ocasião das transações típicas da cadeia logística de manutenção realizado no capítulo 6.

Foi utilizado, como referência, o modelo conceitual para o processo de Análise de Custo de Ciclo de Vida desenvolvido por Pilla (2003) e aprimorado por Cople (2004). Isto foi feito porque este modelo leva em consideração, não só métodos que compõe o processo de AAL (por exemplo: LCCA e LORA), como também, procura representar os eventos que caracterizam a vida de um sistema técnico ao longo de sua existência.

Cabe salientar que o modelo não é exaustivo, pois não se pretendeu modelar um sistema de informações completo, mas sim, indicar um caminho para o seu desenvolvimento.

A modelagem foi feita considerando que a cadeia logística de manutenção funciona, basicamente, com a execução de atividades (manutenção, aquisição, transporte, manufatura, instalação etc.) em componentes de sistemas. A execução dessas atividades consome ou usa recursos.

No modelo definido por Pilla (2003), os elementos iniciais a serem considerados são os recursos a serem utilizados ao longo da vida do sistema. Neste ponto Pilla faz uma diferenciação entre recursos consumíveis em atividades e recursos que constituem os ativos

que compõem o sistema e são exclusivos do mesmo. Estes últimos pertencem à classe Produto.

O produto foco da análise neste contexto é o sistema, na execução de sua missão, ao longo de sua vida útil. Qualquer sistema pode ser definido como um conjunto de componentes e seus relacionamentos, com uma finalidade comum, determinando a missão do mesmo.

Um exemplo de sistema poderia ser uma aeronave, onde os vários componentes da mesma apresentam funções totalmente distintas, mas, em conjunto, cumprem com o objetivo maior de voar e transportar pessoas e objetos.

Para Pilla (2003, p. 80), um “produto” é um item material ou imaterial que pode ser construído, operado e mantido. São exemplos de produtos: sistemas, equipamentos, partes, softwares, instalações, documentos e ferramentas. Parte deste modelo pode ser observada na figura 29, mostrando a modelagem dos recursos. Segundo o modelo, produtos podem ser compostos de outros produtos, o que pode ser verificado na agregação “Configuração_Produto”, o que permite a criação de estruturas hierárquicas (“árvores de produtos”).

Um “sistema” seria compreendido como o topo da hierarquia, comumente sendo composto em um primeiro subnível por “equipamentos”. Esta não é uma restrição, pois o sistema pode englobar também “instalações”, ou qualquer outro tipo de “produto” neste subnível. O que caracteriza um “sistema”, de fato, não seria sua composição, mas sim, o comprometimento com a missão principal, manufatura ou apoio.

Para Pilla (2003), um “equipamento” pode ser entendido como um conjunto de componentes (“partes” e “softwares”) que, normalmente, não é retirado de seu local de instalação para ser submetido a reparos. O seu reparo pode ser feito no próprio local onde está instalado, por meio da substituição de partes. Um “equipamento” é responsável pela execução de alguma função específica numa aplicação (“sistema”). Uma “parte”, no contexto do modelo de Pilla, pode ser entendida como um componente capaz de sofrer ações de manutenção num determinado equipamento.

A partir do contexto onde a mesma é utilizada, uma parte pode ser classificada como LRU (*Line Replaceable Unit*), quando puderem ser substituídas com facilidade e rapidez pelos próprios operadores dos equipamentos no qual estão inseridas, ou como SRU (*Shop Replaceable Unit*), quando sua substituição depende de instalações mais especializadas.

Foram relacionados na tabela 19 alguns dos atributos referentes a algumas classes referentes à modelagem de recursos apresentadas na figura 29 e a sua relação com as análises que compõem o processo de análise de apoio logístico.

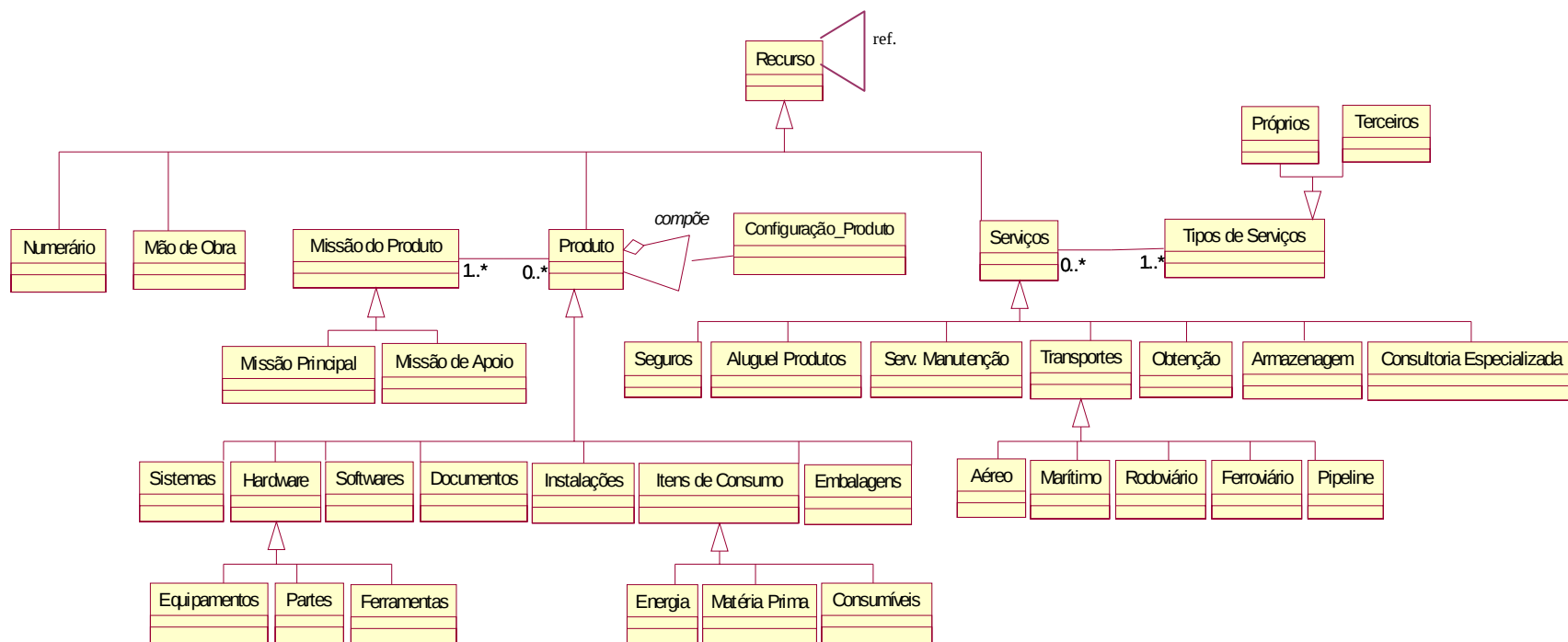


Figura 29: Modelo de classes para recursos

Tabela 19: Relacionamento do Modelo de Classes para recursos com o processo de AAL

CLASSE	ATRIBUTO	ANÁLISE QUE COMPÕE O PROCESSO DE AAL	DADO UTILIZADO NA ANÁLISE DE APOIO LOGÍSTICO
Recurso	Nome	FMECA/RCMA/MTA/LORA	
	Descrição	FMECA/RCMA/MTA/LORA	
	Tipo	FMECA/RCMA/MTA/LORA	
Produto	Tipo	FMECA/RCMA/MTA/LORA	
	Custo_Unit	LCCA	Custo Unitário de Aquisição
Configuração_Produto	Identificação do “produto-pai”	FMECA/RCMA/MTA/LORA	Nível de Identação
	Identificação do “produto-filho”	FMECA/RCMA/MTA/LORA	Nível de Identação
	Quantidade Requerida p/ Funcionamento do “produto-pai”	FMECA/RCMA/MTA/LORA	
	Percentual de utilização do “produto-filho” em relação ao “produto-pai”	FMECA/RCMA/MTA/LORA	
Hardware	Taxa de falha	FMECA	
	MTBF	LORA	
	MTBM	LORA	
	MTTR	LORA	
Itens de Consumo	Quantidade utilizada em tarefa de manutenção	MTA	Quantidade necessária
	Unidade de Medida	MTA	Unidade de Medida
Mão de obra	Qualificação	MTA	Nível de Qualificação
Instalações	Custo_Área	LORA	Custo de espaço de trabalho para reparo
	Requisitos	MTA	Requisitos de Instalações

Cople (2004) identificou os seguintes tipos de atividades que são executadas em relação a produtos:

- Projeto, envolve atividades de planejamento referentes à construção do sistema;
- Aquisição, quando da compra de componentes para o sistema ou para o estoque de sobressalentes;
- Manufatura, referente às atividades necessárias à construção do sistema, após a obtenção dos componentes necessários;
- Instalação, envolvendo tarefas referentes à montagem do sistema a partir de seus componentes, após a fase de aquisição e manufatura dos mesmos;
- Treinamento, necessário à preparação dos operadores e mantenedores, sendo determinada quando da contratação de mão-de-obra ainda não especializada, ou na atualização do sistema;
- Operação, determinada pelo perfil de funcionamento de um determinado sistema;
- Manutenção, sendo subdividida em Manutenção Corretiva causada pelo uso do sistema, gerada a partir das falhas dos componentes, e Manutenção Preventiva, prevista em calendário ou por utilização;
- Suprimento, referindo-se às atividades relacionadas à utilização de sobressalentes existentes em estoque;
- Transporte, quando da necessidade de se mover um produto de um órgão para outro com a finalidade de se efetuar manutenção, utilizar sobressalentes ou repor o estoque;
- Atualização, que poderia ser interpretada como uma manutenção prevista em calendário, com a finalidade de ajustar o sistema às novas tecnologias; e
- Descarte de componentes, ocorrendo quando não há nenhuma possibilidade de manutenção sobre um componente, ou quando da desativação de um sistema.

A figura 30 apresenta um diagrama de classes com todas as atividades consideradas.

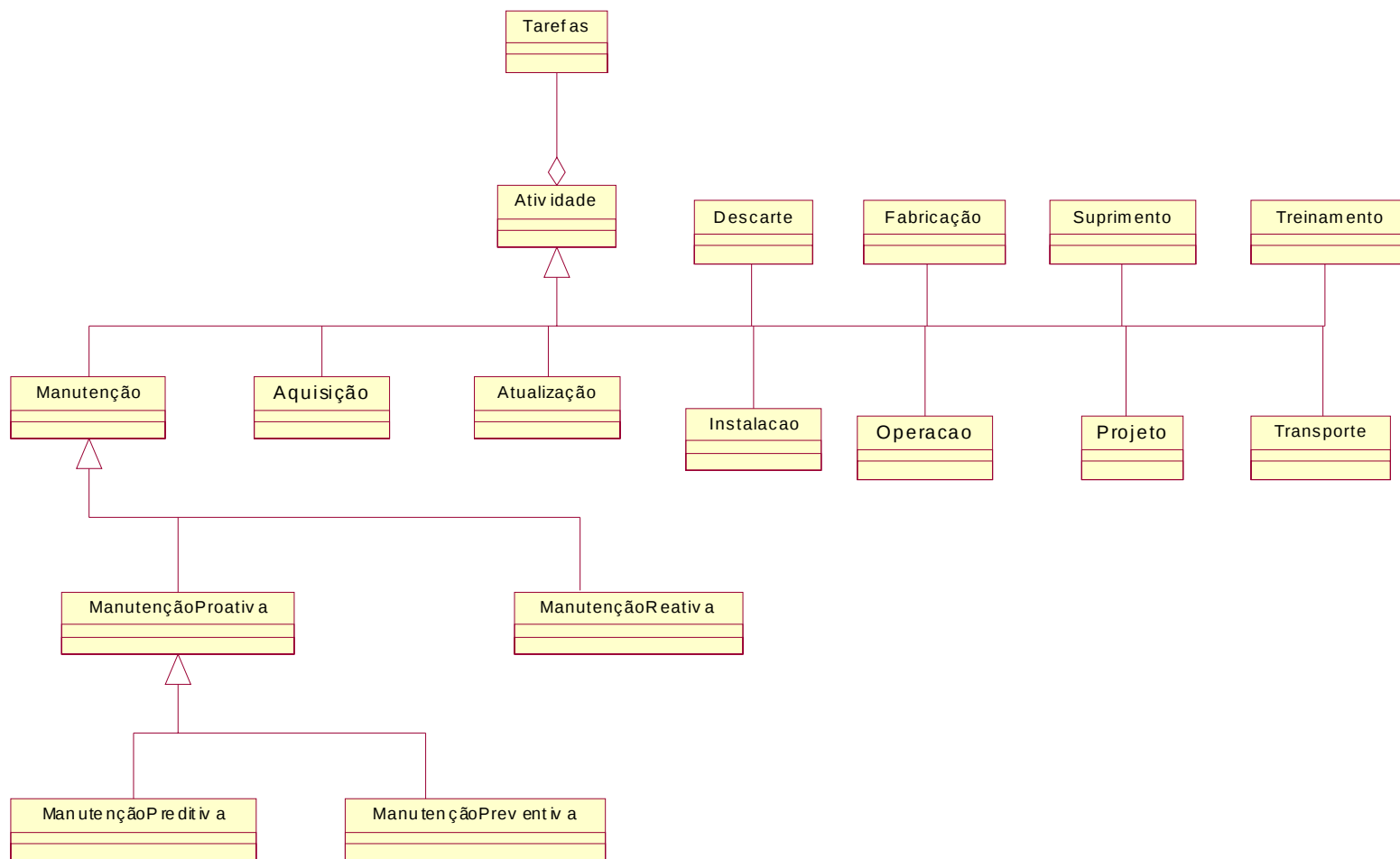


Figura 30: Modelo de classes para atividades

Outra classe do modelo é a de órgãos. Nesta modelagem um órgão está associado a um tipo de órgão, que define o seu perfil de funcionamento. Por exemplo, atividades de manutenção só podem ser executadas por órgãos que tenham o perfil de mantenedor, enquanto estoques de sobressalentes só podem ser mantidos por órgãos com perfil de suprimento. Um outro tipo de órgão a ser considerado são os órgãos de pesquisa e desenvolvimento, os quais projetam e desenvolvem o sistema, exigindo estrutura e pessoal especializado para executar essas atividades.

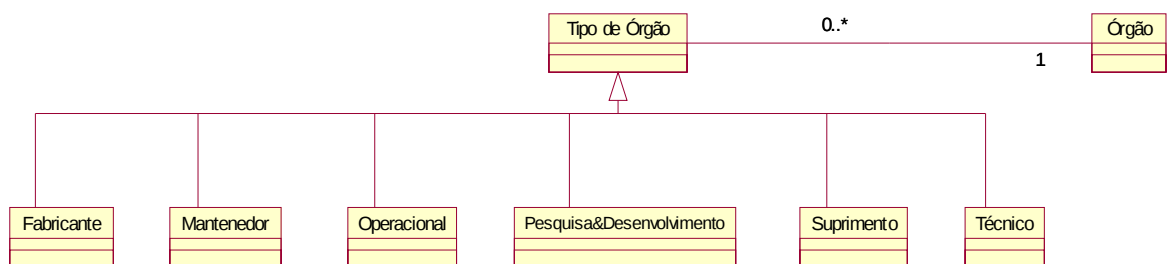


Figura 31: Modelo de classes para órgãos

Algumas atividades executadas sobre determinados produtos geram modos de falha e estes geram novas atividades. Um exemplo é a operação do sistema, que causa falhas no funcionamento dos componentes, gerando demanda para órgãos mantenedores, os quais deverão efetuar atividades de manutenção no sentido de restabelecer a operação do sistema inicialmente citado.

A figura 32 apresenta os modos de falha e seus relacionamentos com produtos e atividades.

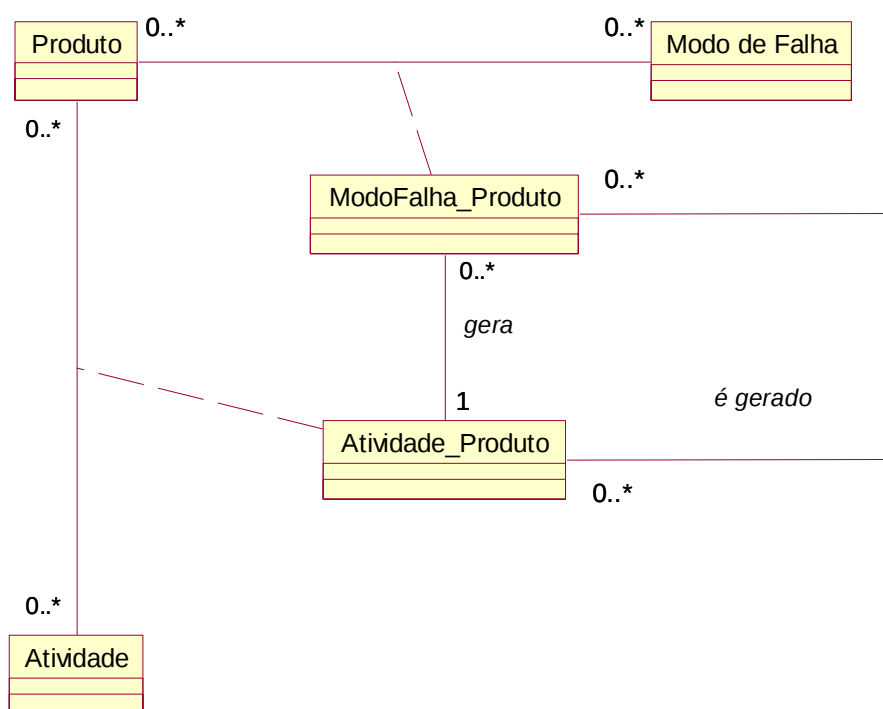


Figura 32: Modelo de classes para modos de falha

Foram relacionados na tabela 20 alguns dos atributos referentes a algumas classes relativas ao modelo de classes para modo de falha apresentadas na figura 32 e a sua relação com as análises que compõe o processo de análise de apoio logístico.

Tabela 20: Relacionamento do Modelo de Classes para Modos de Falha com o processo de AAL

CLASSE	ATRIBUTO	ANÁLISE QUE COMPÕE O PROCESSO DE AAL	DADO UTILIZADO NA ANÁLISE DE APOIO LOGÍSTICO
ModoFalha_Produto	Frequência	FMECA	Taxa de falha
	Severidade	FMECA	Classe de severidade
	Consequência no item	FMECA	Efeitos locais
	Consequência no item superior	FMECA	Efeitos no próximo nível acima
	Consequência no sistema	FMECA	Efeitos finais
	Proporção do modo de falha	FMECA	Proporção do modo de falha
	Meio_Detecção	FMECA	Meios pelos qual o operador poderá detectar o modo de falha

Normalmente, os produtos são associados a órgãos. Esta característica possibilita um melhor mapeamento do local para envio dos componentes que sofreram manutenção ou acabaram de ser adquiridos, com a identificação dos órgãos aos quais os mesmos pertencem.

Vale lembrar que o detentor de um determinado produto não é o mesmo durante todo o ciclo de vida, pois durante as atividades de manutenção alguns componentes podem ser obtidos em órgãos de estocagem, passando a fazer parte e funcionar junto ao sistema e, portanto, passando a pertencer ao órgão operacional. Da mesma forma, os componentes e os elementos que sofreram manutenção podem ser adicionados aos estoques existentes, passando a ser “propriedade” de um órgão de suprimento.

Para representar o funcionamento da Cadeia Logística de Manutenção, foi formalizada a distinção entre órgão executor e gerador da atividade. Isto pode ser visualizado no diagrama de classes da figura 32, onde a classe “Atividade_Produto_Orgao_Executada” se refere às atividades que podem ser executadas no órgão, e a classe “Atividade_Produto_Orgao_Gerada” se refere às atividades que podem ser geradas no órgão. As possibilidades de geração de atividade pelo Órgão 1 e execução das mesmas pelo Órgão 2 serão expressas pela classe de relacionamento “Atividade_Produto_Orgao1_Orgao2”.

Além disso, as possibilidades de geração e execução de atividades são relacionadas aos componentes do sistema pertencente a um determinado órgão através do relacionamento “Atividade_Prod_Orgao3_Gerada_Orgao1_Executada_Orgao2”.

Foram relacionados na tabela 21 alguns dos atributos referentes a algumas classes referentes ao modelo de classes para atividades apresentadas na figura 33 e a sua relação com as análises que compõe o processo de análise de apoio logístico.

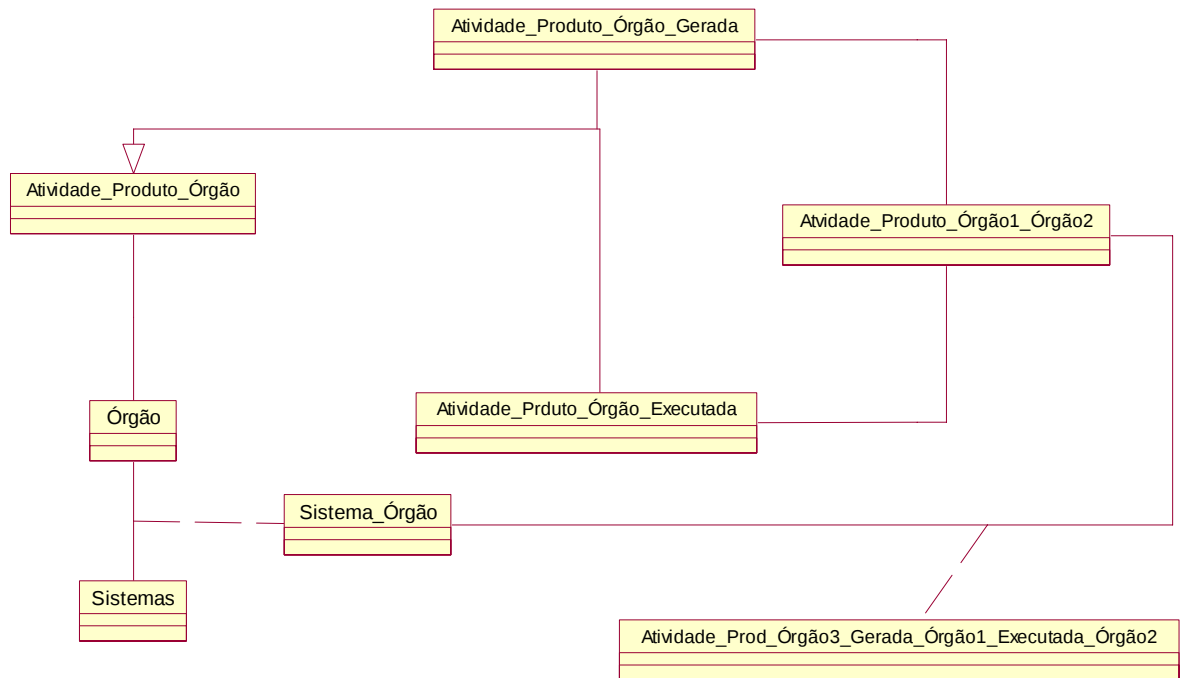


Figura 33: Modelo de classes para atividades sobre sistemas

Tabela 21: Relacionamento do Modelo de Classes para atividades sobre sistemas com o processo de AAL

CLASSE	ATRIBUTO	ANÁLISE QUE COMPÕE O PROCESSO DE AAL	DADO UTILIZADO NA ANÁLISE DE APOIO LOGÍSTICO
Atividade_Produto_Órgão	Id_Atividade	MTA	Código da Tarefa de Manutenção
	Duração_Atividade	MTA	Tempo Gasto na Tarefa
	Freq_Atividade	MTA	Frequência da tarefa de manutenção
Órgão	Id_Orgao	MTA/LORA	Nível de Manutenção

De acordo com Cople (2004), um sistema pode ser visualizado em vários níveis de abstração. Um dos níveis possíveis é o sistema como uma entidade virtual genérica, ou forma, ou classe, possuindo determinadas características que os sistemas reais (instâncias) devem obedecer.

Nas fases iniciais do ciclo de vida (concepção, projeto e desenvolvimento) só existe o sistema no estado virtual.

Após a fabricação dos sistemas-produto, passam a ter existência instâncias da classe sistemas (objetos), assim como seus produtos componentes, podendo apresentar históricos de vida diferentes.

Um produto instanciado apresenta variações em seu estado ao longo de sua existência, apresentando três estados básicos, a saber:

0. Indisponível
1. Disponível em Espera (Stand by); e
2. Disponível Operando

Uma instância de sistema, ao longo de uma vida, poderá se encontrar em qualquer um destes estados. O sistema pode estar indisponível, quando não estiver em condições de produzir, o que pode ter sido causado por uma parada prevista, ou ocasionado por uma falha que impeça o funcionamento do sistema. O sistema estará disponível, quando estiver em condições de produzir. Neste estado, o sistema poderá estar parado (em espera), ou operando.

A mesma definição pode ser aplicada a seus componentes que reflete a composição do sistema e também de seus componentes no nível mais alto. No entanto, como a operação do sistema irá reger a utilização de seus componentes, o estado “Disponível e Operando” apenas será atingido pelos componentes nos momentos em que o sistema, como um todo estiver produzindo.

As falhas que ocorrem em componentes do sistema podem paralisá-lo, fazendo com que outros componentes deixem de ser utilizados, mesmo que em condições de operar. Basicamente, uma falha causada em um determinado componente, qualquer que seja, irá afetar o componente composto pelo mesmo (componente-pai), e assim sucessivamente, dentro da hierarquia de componentes, até chegar ao início da árvore, que seria o sistema em si. Com isto, haverá um estado de indisponibilidade causado naquela seqüência de componentes, e os demais, embora com possibilidade de operar, ficarão em espera, até que o sistema volte a ter condições de produzir, com o conserto ou substituição do componente defeituoso e a conseqüente disponibilização da produção para os níveis superiores na hierarquia de componentes.

Em algumas configurações de sistemas, nem todos os componentes instalados são necessários para o seu funcionamento. Neste caso, apenas haverá a paralisação dos níveis superiores quando o conjunto mínimo de componentes necessários estiver indisponível.

Todo componente apresenta-se pronto para operar a partir de sua aquisição, mas apenas irá operar junto ao sistema, após ser instalado no mesmo. Quando o componente é

utilizado no sistema, ele passa a contabilizar horas de operação, que levam às necessidades de manutenção reativa ou pró-ativa, segundo os modos de falha do componente.

Quando da ocorrência do modo de falha, o componente passa ao estado de indisponível, necessitando de uma ação de manutenção no sentido de levá-lo de volta ao estado de disponível para operar.

Conforme citado, um componente indisponível pode causar indisponibilidade no sistema como um todo, sendo esta indisponibilidade minorizada com a utilização de sobressalentes, quando os mesmos estiverem disponíveis no estoque. Quando não houver a contribuição do estoque, o período de indisponibilidade será definido pelo tempo necessário à manutenção do componente. A este tempo de manutenção, ou retirada de estoque, acrescenta-se o tempo de transporte e instalação do componente.

O momento de uma falha irá determinar um evento que inicia atividades diversas, tais como retirada e recolocação de componentes, verificação de estoque, transporte e reparo, ficando o sistema, em grande parte das vezes, indisponível durante o tempo gasto pelas atividades necessárias para o conserto da falha e o restabelecimento do sistema.

Para cada evento que muda o estado deverá haver um instante de tempo definido que deverá ser uma data/hora.

Para que seja possível, então, armazenar esse histórico de possíveis estados do sistema com um todo e de seus componentes que são julgados significativos para sua manutenção, para cada instância foi criada a classe linha de vida de sistema. Uma informação a ser adicionada à linha de vida para componentes será a localização do mesmo. Cada componente deverá armazenar, a cada mudança de estado, o local onde ocorreu esta mudança, seja este local um órgão operacional, de manutenção, ou de suprimento. Por exemplo, se um componente apresenta uma falha em um determinado órgão operacional e este possui componentes equivalentes disponíveis em estoque, o item retirado do estoque será utilizado no sistema, passando a contabilizar sua utilização junto com a operação do mesmo, e atribuindo o componente ao órgão citado. Já o componente que falhou, após ser submetido a uma manutenção, será adicionado ao estoque, apresentando-se em estado disponível para uso. Logo, haverá momentos em que o estado do produto se mantém, porém, em locais diferentes, devido às atividades de transporte.

Dentro da cadeia logística de manutenção, o acompanhamento ponto-a-ponto da localização do componente será extremamente importante para o cálculo do custo de transporte e para a escolha do estoque a ser utilizado para a reposição do componente.

Durante a operação do sistema. Várias tarefas podem ser executadas. Como muitos modos de falha ocorrem a partir de um determinado número de vezes em que uma tarefa é executada, torna-se necessário, também, o acompanhamento destas tarefas, com o acréscimo de contadores referentes às mesmas à linha de vida do componente (ou sistema) que as executa. Exemplos de tarefas são: tiros, pousos, decolagens etc.

Foram relacionados na tabela 22 alguns dos atributos referentes à classe linha de vida de sistema e a sua relação com o levantamento dos dados a serem coletados por ocasião das transações típicas da cadeia logística de manutenção realizado no capítulo 6.

Esta modelagem preliminar não levou em consideração as normas e padrões mencionados no capítulo 7. Um sistema de informação real deverá ser desenvolvido seguindo estas normas e padrões, visando a permitir que o mesmo possa atender todas as fases do ciclo de vida do sistema e a troca de informações com outros sistemas de informação.

Tabela 22: Relacionamento da Classe linha de vida de sistema com as transações típicas da Cadeia Logística de Manutenção

CLASSE	ATRIBUTO	DADO ORIUNDO DO LEVANTAMENTO	TRANSAÇÃO/EVENTO
Linha de vida de sistema	DATA-HORA_Evento	DATA/HORA do evento	Ocorrência de um evento de mudança de estado/localização
	Localização		
	Estado		

9. CONCLUSÃO

O processo de análise de apoio logístico e as transações ao longo da cadeia logística de manutenção foram identificados como fontes de dados para a modelagem de um sistema de informações.

A partir destes dois processos foram identificados dados que deveriam ser considerados numa modelagem conceitual preliminar de um sistema de informações.

Em seguida, foram identificados e relacionados as normas e os padrões aplicados ao processo de engenharia de sistemas, mais especificamente, aqueles relacionados ao sistema de missão principal e ao sistema de apoio, ênfase deste trabalho. Estas normas e padrões não foram utilizados em sua plenitude na modelagem do sistema de informações, por demandarem um esforço que requer uma equipe de profissionais capacitados e dedicados a esta atividade, extrapolando o objetivo de um trabalho acadêmico. Porém, o exame destas normas serviu para oferecer um panorama da tendência atual no desenvolvimento de sistemas de informações associados ao processo de engenharia de sistemas. Este levantamento será útil para pesquisas futuras que pretendam se aprofundar no desenvolvimento de um sistema de informação completo.

O levantamento das transações típicas que ocorrem na cadeia logística de manutenção também se mostrou muito útil em auxiliar no desenvolvimento da modelagem de algumas classes e atributos especialmente àquelas relativas à execução de atividades e ao histórico de uso de sistemas.

Utilizando-se a UML, foi desenvolvida uma modelagem conceitual preliminar de um sistema de informação para projeto, implantação e gerência de cadeias logísticas de manutenção de sistemas técnicos. O modelo de Pilla e alterado por Cople, utilizados como referência na modelagem, se mostrou perfeitamente adequado às aplicações de engenharia de sistemas, até por ter sido desenvolvido para análise de custo de ciclo de vida, uma das análises

que auxiliam no referido processo. Algumas alterações se fizeram necessárias para permitir sua adaptação.

A escolha do processo de análise de apoio logístico como fonte para a modelagem se mostrou adequada, pois os diversos dados exigidos para a sua execução orientaram a criação das classes e de seus atributos. Isto se deve ao fato de este processo ter sido criado para cuidar dos aspectos de apoio logístico associados ao processo de engenharia de sistemas, estando integrado e coordenado ao mesmo.

Outro objetivo do trabalho foi chamar a atenção para a importância de se dispor de sistemas de informação para apoiar todas as fases do ciclo de vida de um sistema técnico. Estes sistemas devem ser desenvolvidos seguindo a tendência atual sugerida por padrões como o ISO 10303, de:

- a) não ser de uso exclusivo no meio militar, reduzindo, assim, os custos de manutenção de normas, que são elevados;
- b) se criar o dado uma vez e utilizá-lo várias vezes ao longo do ciclo de vida do sistema técnico, evitando re-trabalho e a possibilidade de introdução de erros, pois esta troca se dá automaticamente entre os sistemas de informações das organizações; e
- c) permitir a troca de dados entre os diversos interessados no processo, dispostos ao redor do mundo, atualmente, globalizado.

9.1 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Como o trabalho não foi exaustivo na modelagem conceitual preliminar, sugere-se que a mesma seja expandida para permitir o desenvolvimento de um sistema de informação completo, seguindo a abordagem sugerida.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLANCHARD, Benjamin S. **Logistics engineering and management**. 6. ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2004. 546 p.

BONDARCZUCK, A. B. **Definição operacional da apoiabilidade de sistemas de materiais de emprego militar**. 2005. 207 f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia de Produção) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. 2005.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2004. 526p.

COPLÉ, D. G. **Simulação de custo de ciclo de vida para sistemas técnicos**. 2004. 199 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2004.

DEPARTMENT of Defense. **MIL-HDBK-505** – Handbook for definitions of item levels, item exchangeability, models, and related terms. Washington, D. C., 1998.

_____. **MIL-STD-721C** – Definitions of Terms for Reliability and Maintainability. Washington, D. C., 1981.

_____. **MIL-HDBK-502** – Handbook Acquisition Logistics. Washington, D. C., 1997.

EBELING, Charles E. **An introduction to reliability and maintainability engineering**. 2. ed. Illinois: Waveland Press, Inc, 2005. 486 p.

HAMAOKA, R. E. **Otimização de sistemas logísticos**: metodologia aplicada à unidade de manutenção de aviação do Exército Brasileiro. 1999. 171 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Sistemas e Computação) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro. 1999.

JONES, James V. **Integrated logistics support handbook**. [s.l.]: McGraw-Hill, 1995.

LOGISTIC Support Analysis Record (LSAR). Informações diversas. Disponível em: < http://www.dr.mod.uk/info_lsar.htm >. Acesso em: 28 nov. 2005.

MARINHA do Brasil. Centro de Análise de Sistemas Navais. **Avaliação do Sistema DISPON**. Rio de Janeiro, 1984.

_____. Estado-Maior da Armada. **Manual de Logística da Marinha**, 2ª revisão, 2003.

_____. Estado-Maior da Armada. **Normas para Logística de Material**, 2ª revisão, 2002.

_____. Secretaria-Geral da Marinha. **Normas para Abastecimento**, 5ª revisão, 2006.

MARTIN, J. N. **Overview of the EIA 632 Standard**: processes for engineering a system. Disponível em: <http://www.taa.com.au/SEGGoldMine/PPA_SECD_v4_CD2/Standards/EIA_Stds/EIA_632/EIA632_Overview.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2006.

MINISTÉRIO da Defesa. **Doutrina de Logística Militar**, 2ª edição, 2002.

MINISTRY of Defence. **Defence Standard 00-60**, Part 1, Issue 3, 2004.

_____. **Defence Standard 00-60**, Part 2, Issue 4, 2000.

_____. **Defence Standard 00-60**, Part 0, Issue 6, 2004.

NATIONAL Shipbuilding Research Program Advanced Shipbuilding Enterprise Strategic Investment Plan, 2005 (Revisão 4).

OBJECT Management Group. **OMG Unified Modeling Specification**. Version 2.0, August-2005. Disponível em < <http://www.omg.org>>. Acesso em: 20 set. 2006.

OFFSHORE Reliability Data (OREDA). Informações diversas. Disponível em: <<http://www.sintef.no/static/tl/projects/oreda/>>. Acesso em: 28 nov. 2005.

PBL Toolkit. Disponível em: <<https://acc.dau.mil/CommunityBrowser.aspx?id=22482>>. Acesso em: 19 nov. 2006.

PILLA, L. H. L. **Um modelo conceitual para o processo de análise de custo de ciclo de vida**. 2003. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2003.

PLANT, R. M. A. (2005) **Project definition document for the Through Life Support Standard (TLSS)**. Disponível em: <http://www.ams.mod.uk/ams/content/docs/ils/ils_web/tlss/project_definition_issue_1.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2006.

RUSSEL, S.H. Growing World of Logistics. **Air Force Journal of Logistics**, v.XXIV, n. 4 p.14-19. 2000.

SANTOS, P. A. C. **Avaliação estatística da gestão da manutenção e acompanhamento do grau de obsolescência de máquinas marítimas militares**. 2003. 270 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em engenharia Oceânica) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

SANTOS, Paulo Antônio Cheriff dos; BENEDITO, Marco Eugênio Madeira Di; SILVEIRA, Maurício Pires Malburg da. Sistema de Apoio à Decisão Logística. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 9. 2004, Rio de Janeiro.

SHERBROOKE, Craig C. **Optimal inventory modeling of systems**: multi-echelon techniques. [s.l.]: John Wiley & Sons, 1992. 274 p.

SILVA, C. A. V. Logística militar e empresarial: uma abordagem reflexiva. **Military Review**, ano 2004, 1º Trim, 25-35.

SPEC2000. Informações diversas. Disponível em: <<http://www.spec2000.com/index.html>>. Acesso em: 25 nov. 2005.

11. APÊNDICES

APÊNDICE 01: ANÁLISE DE MODOS DE FALHA, EFEITOS E CRITICALIDADE (FMECA)

A identificação de todas as maneiras pelas quais partes e equipamentos podem falhar, as causas para cada falha e o efeito que a falha vai provocar na capacidade do equipamento desempenhar sua missão, provêem uma ferramenta valiosa para a engenharia de confiabilidade.

São detalhados no quadro abaixo alguns dos dados necessários para se realizar a FMECA.

DADO	DESCRIÇÃO	
Sistema	Identificação do sistema	
Nível de identificação	Nível de identificação do item dentro do sistema que está sendo analisado	
Desenho de referência	Número do desenho de engenharia, referente ao item, utilizado como referência para a análise	
Missão	Identificação da função do item que está sendo analisado	
NCAAL	Número de Controle de Análise de Apoio Logístico (NCAAL), utilizado para permitir uma rastreabilidade com as demais atividades do apoio logístico integrado	
NOMENCLATURA do item	Identificação do item ou função contida no item	
Part Number	Número de parte atribuído pelo fabricante	
CODEMP	Código de empresa (Sistema OTAN de Catalogação)	
NSN	NATO Stock Number (Número de Estoque OTAN)	
FUNÇÃO	Declaração da função desempenhada pelo item que está sendo analisado	
MODOS DE FALHA E CAUSAS	Lista de todos os possíveis modos de falha do item que está sendo analisado	
FASE DA MISSÃO/MODO OPERACIONAL	Identificação da fase da operação ou missão em que a falha é prevista de ocorrer	
EFEITOS DA FALHA	EFEITOS LOCAIS	Identificação do que vai acontecer com o item sendo analisado, quando a falha ocorrer
	EFEITOS NO PRÓXIMO NÍVEL ACIMA	Identificação do que vai acontecer com o item do próximo nível de identificação em relação ao item que está sendo analisado, quando a falha ocorrer
	EFEITOS FINAIS (NA MISSÃO)	Identificação do que vai acontecer com o item final, quando a falha ocorrer
MÉTODO DE DETECÇÃO DA FALHA	Identificação de como o operador vai saber que ocorreu uma falha em determinado item	
PROVISÕES COMPENSATÓRIAS	Identificação de precauções de projeto ou ações do operador que permitirão mitigar ou circunscrever o efeito da falha durante a operação do sistema	
CLASSE DE SEVERIDADE	Designar a classificação apropriada para a severidade das consequências da ocorrência da falha	

PROBABILIDADE DA FALHA	Probabilidade de ocorrência de um determinado modo de falha daquele item sob análise
FONTE DOS DADOS DE TAXA DE FALHA	Fonte de onde foram retirados os dados de taxa de falha
PROBABILIDADE DE EFEITO DA FALHA (β)	Probabilidade condicional de que o efeito da falha irá resultar na classificação de severidade identificada
PROPORÇÃO DE MODO DE FALHA (α)	A fração da taxa de falha da parte referente ao modo de falha particular que está sendo considerado
TAXA DE FALHA (λ_p)	A taxa de falha da parte oriunda de apropriada previsão de confiabilidade
TEMPO DE OPERAÇÃO (t)	Tempo operacional em horas ou ciclos de operação do item por missão
NÚMERO DE CRITICIDADE DE MODO DE FALHA (C_m)	C_m é a porção do número de criticidade para o item devido a um dos seus modos de falha sob uma determinada classificação de severidade. Para uma determinada classe de severidade e fase operacional, o C_m para um modo de falha pode ser calculado utilizando-se a seguinte fórmula: $C_m = \beta \alpha \lambda_p t$
NÚMERO DE CRITICIDADE DE ITEM (C_r)	O número de criticidade de item é o número de falhas do sistema de um tipo específico devido aos modos de falha do item. O tipo específico de falha do sistema é expresso pela classe de severidade para os modos de falha do item. Para uma determinada classe de severidade e fase da missão, o C_r é a soma dos números de criticidade de modo de falha (C_m) dentro da classificação de severidade e pode ser calculado pela seguinte fórmula: $C_r = \sum C_m$
PREVISIBILIDADE DA FALHA	Lançar informações a respeito de indicadores incipientes que são peculiares às tendências de falha do item e permitam prever falhas com antecedência. Quando a falha é previsível com antecedência, descrever os dados que devem ser coletados, como devem ser utilizados para prever falhas e identificar quaisquer testes ou inspeções que devem ser cumpridos para detectar a evidência de condições que poderiam causar o modo de falha.
MEIOS DE DETECÇÃO DA FALHA	Identificar como cada modo de falha será detectado pelo técnico de manutenção do nível organizacional e até que nível de identificação eles serão localizados. Descrever métodos pelos quais ambigüidades serão resolvidas quando mais de um modo de falha causar a mesma indicação de falha. Descrever qualquer aparelho de monitoramento ou alarme que irão prover uma indicação de falha iminente e quaisquer testes ou inspeções que poderiam detectar a ocorrência do modo de falha. Identificar até que nível de identificação, falhas podem ser isoladas pelo uso de características de teste embutido e indicar quando será requerido equipamento de teste auxiliar para isolamento da falha.
AÇÕES DE MANUTENÇÃO BÁSICAS	Descrever as ações básicas de manutenção que devem ser realizadas pelo técnico de manutenção para corrigir a falha. Identificar provisões de projeto especiais para substituição modular e os prováveis requisitos de ajuste e calibração que se seguirão ao reparo.
OBSERVAÇÕES	Qualquer observação pertinente a alguns dos demais itens ou que os esclareça melhor.

APÊNDICE 02: ANÁLISE DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE
(RCM – *RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE ANALYSIS*)

São detalhados na tabela abaixo os dados necessários para se realizar a análise de manutenção centrada em confiabilidade.

DADO	DESCRIÇÃO
NOMENCLATURA DO SUBSISTEMA	Listar a nomenclatura do subsistema, LRU ou SRU
SUBSISTEMA	Identificação do subsistema que está sendo analisado, utilizando seu NCAAL (Número de controle de análise de apoio logístico)
PART NUMBER	Número de parte atribuído pelo fabricante
CODEMP	Código de empresa (Sistema OTAN de Catalogação)
NSN	NATO Stock Number (Número de Estoque OTAN)
NOMENCLATURA ITEM FINAL	Listar a nomenclatura do item final
NÍVEL DE IDENTIFICAÇÃO	Listar o número que identifica o nível de identificação do sistema/subsistema que está sendo analisado
NCAAL	Número de controle de análise de apoio logístico dos itens de nível de identificação abaixo daquele referenciado no campo SISTEMA/SUBSISTEMA
NOMENCLATURA DO ITEM	Listar a nomenclatura de cada item sob análise
NÚMERO DA TAREFA DA RCM	Número preliminar da tarefa de manutenção, atribuído durante o processo de análise de RCM
DESCRIÇÃO DA TAREFA DA RCM	Descrição da tarefa de manutenção sugerida pelo processo de análise de RCM
FREQUÊNCIA PRELIMINAR DA TAREFA	Listar a frequência preliminar sugerida para cada tarefa de manutenção
FREQUÊNCIA DA TAREFA DENTRO DO PACOTE DE AÇÕES de MANUTENÇÃO	Listar a frequência atribuída a cada tarefa de manutenção dentro do pacote de ações de manutenção
CÓDIGO DA TAREFA DE MANUTENÇÃO AAL	Código da tarefa de manutenção atribuído pelo processo de AAL
NÍVEL DE MANUTENÇÃO	Listar o nível de manutenção, onde deve ser realizada a tarefa

APÊNDICE 03: ANÁLISE DE TAREFAS DE MANUTENÇÃO (MTA – *MAINTENANCE TASK ANALYSIS*)

São detalhados na tabela abaixo os dados necessários para se realizar a análise de tarefas de manutenção (MTA – *Maintenance Task Analysis*).

DADO	SUBDIVISÃO DO DADO	DESCRIÇÃO
SISTEMA		Listar a nomenclatura do sistema ou item final coberto pela análise
NÍVEL DE IDENTIFICAÇÃO		Listar o número que identifica o nível de identificação do sistema/subsistema que está sendo analisado
NOMENCLATURA DO ITEM		Listar a nomenclatura do item reparável que está sendo coberto por essa tarefa de manutenção
PART NUMBER		Número de parte atribuído pelo fabricante do item que está sendo considerado por esta tarefa de manutenção
CODEMP		Código de empresa (Sistema OTAN de Catalogação)
NSN		NATO Stock Number (Número de Estoque OTAN)
DESCRIÇÃO DO CONCEITO DE MANUTENÇÃO		Descrição sucinta do conceito ou política de manutenção do item que está sendo analisado. A descrição deve incluir referências aos níveis ou escalões de manutenção, a profundidade da manutenção, o ambiente de manutenção e qualquer informação adicional considerada apropriada.
DESCRIÇÃO FUNCIONAL		Descrição da função desempenhada pelo item que está sendo analisado. A descrição deve ser completa o suficiente para averiguar o que é o item e a que função ele serve, devendo ter ligação com a análise funcional.
ESPECIFICAÇÃO DE PROJETO		Descrição da especificação de projeto ou desempenho para o item que está sendo analisado. O documento listado serve para ligar os requisitos de apoio a manutenção com o critério de projeto básico.
ITEM IMEDIAT SUP		Nomenclatura do item imediatamente superior, ou seja, um nível de identificação acima do item que está sendo considerado
PART NUMBER		Número de parte atribuído pelo fabricante do item do item imediatamente superior, ou seja, um nível de identificação acima do item que está sendo considerado

CODEMP		Código de empresa (Sistema OTAN de Catalogação)
NSN		NATO Stock Number (Número de Estoque OTAN)
CÓDIGO DA TAREFA DE MANUTENÇÃO AAL		Código que identifica e individualiza uma tarefa de manutenção requerida para o item que está sendo analisado
DESCRIÇÃO DA TAREFA DE MANUTENÇÃO AAL		Descrição técnica e a justificativa de uma tarefa de manutenção. A necessidade de execução da tarefa deve ser claramente estabelecida.
FREQUÊNCIA DA TAREFA DE MANUTENÇÃO		Frequência esperada de ocorrência da tarefa, calculado considerando-se o número de vezes que se espera que a tarefa seja executada por hora de operação do sistema
NÍVEL DE MANUTENÇÃO		Listar o nível de manutenção, onde deve ser realizada a tarefa
NCAAL		Número de controle de análise de apoio logístico do item que está sendo considerado por esta tarefa de manutenção
CÓDIGO DA SUBTAREFA DE MANUTENÇÃO		Código atribuído a cada passo a ser executado para cumprimento de uma determinada tarefa de manutenção
TEMPO GASTO PARA CADA PASSO		Lançar o tempo gasto para execução de cada passo da tarefa.
TEMPO TOTAL GASTO NA TAREFA		Somatório dos tempos necessários para completar cada passo da tarefa
TEMPO DE UTILIZAÇÃO DE PESSOAL (HOMEM-MIN)	BÁSICO	Tempo de utilização de mão-de-obra por nível de qualificação
	INTERMED	
	SUPERVISOR	
TEMPO TOTAL DE UTILIZAÇÃO PESSOAL (HOMEM-MIN)	TOTAL	Somatório do tempo de utilização de pessoal por nível de qualificação. Considera-se o tempo de utilização por cada trabalhador
PARTES SOBRESSALENTES OU DE REPARO E CONSUMÍVEIS	QTD NECESSÁRIA	Quantidade de itens (partes sobressalentes, partes de reparo ou consumíveis) que serão necessários para a execução de cada subtarefa que compõe a tarefa de manutenção sob análise
	UM	Unidade de medida utilizada para medir a demanda de itens
	NOMENCLATURA	Nomenclatura do item que será necessário
	PART NUMBER	Número de parte atribuído pelo fabricante do item que será necessário
	CODEMP	Código de empresa (Sistema OTAN de Catalogação)
	NSN	NATO Stock Number (Número de Estoque OTAN)
	FREQ. SUBSTITUIÇÃO	Frequência de utilização dos itens que estão sendo considerados

EQUIPAMENTOS DE APOIO/MANUSEIO/TESTE	NOMENCLATURA	Nomenclatura do equipamento de apoio/manuseio/teste que será necessário para executar cada subtarefa de manutenção
	PART NUMBER	Número de parte atribuído pelo fabricante do equipamento de apoio/manuseio/teste que será necessário para executar cada subtarefa de manutenção
	CODEMP	Código de empresa (Sistema OTAN de Catalogação)
	NSN	NATO Stock Number (Número de Estoque OTAN)
	QTD	Quantidade do equipamento de apoio/manuseio/teste que será necessária para executar cada subtarefa de manutenção
	TEMPO USO	Tempo de utilização de cada equipamento de apoio/manuseio/teste
REQUISITOS DE INSTALAÇÕES		Estabelecer o local onde será realizada a tarefa de manutenção e os requisitos de instalações necessárias. Esses requisitos devem determinar espaço requerido, necessidades de equipamentos, espaço de armazenagem, energia e luz, controles ambientais entre outros.
PUBLICAÇÕES/INSTRUÇÕES TÉCNICAS		Listar o procedimento referente à tarefa que está sendo analisada, descrevendo a mesma. Deverão ser lançadas, também, qualquer instrução especial, observações de precaução ou segurança ou outras informações que devem ser passadas ao técnico de manutenção.

APÊNDICE 04: ANÁLISE DE NÍVEL DE REPARO (LORA – *LEVEL-OF-REPAIR ANALYSIS*)

De acordo com JONES (1995, p. 15.1),

A análise de nível de reparo é utilizada para avaliar uma tarefa de manutenção e identificar se é econômica e onde ela deve ser executada para apresentar a melhor relação custo-eficácia. O processo de análise de nível de reparo também enfoca questões não-econômicas que podem determinar que a manutenção seja executada de uma certa maneira, tais como capacidades limitadas, política, segurança ou tecnologia.

As tarefas de manutenção que serão utilizadas como dados de entrada da LORA serão oriundas da análise de tarefas de manutenção. Serão detalhados nesse item os dados necessários para se realizar a análise de nível de reparo. Estes serão divididos em duas categorias: Dados para análise não-econômica e econômica.

DADOS PARA ANÁLISE NÃO-ECONÔMICA					
Fator não-econômico	PERGUNTA	Sim	Não	Nível de manutenção afetado ou restringido	Razão para a restrição
SEGURANÇA	Existem condições perigosas que excluam o item de ser reparado em um determinado nível de manutenção? (as condições a serem consideradas incluem, mas não se restringem a: alta voltagem; radiação; temperaturas extremas; gases tóxicos ou químicos; barulho excessivo; explosivos; peso excessivo, entre outras).				
SEGURANÇA (MILITAR)	Existem condições de segurança que excluam o item de ser reparado em um determinado nível de manutenção?				
POLÍTICA/CONCEITOS DE MANUTENÇÃO JÁ EXISTENTES	Existem especificações, normas ou regulamentos relativos ao nível de manutenção no qual o item pode ou não ser reparado? (Isso inclui políticas ou conceitos de manutenção de sistemas similares a serem utilizados como base para comparação)				

GARANTIAS	Existem garantias relativas a algum dos itens que estão sendo analisados na LORA que restrinjam o nível de manutenção para reparo ou descarte?				
	A garantia elimina o apoio orgânico de um item?				
PRONTIDÃO/SUCESSO DA MISSÃO	A prontidão para missão será comprometida se um determinado item for reparado ou descartado em um nível de manutenção específico?				
TRANSPORTE/TRANSPORTABILIDADE	Existem fatores de transporte que podem excluir a transferência de sistemas do usuário para a instalação de manutenção para reparo?(Os fatores incluem: peso; tamanho; volume; requisitos de manuseio especiais; suscetibilidade a dano, entre outros)				
EQUIPAMENTO DE APOIO/EQUIPAMENTO DE DIAGNÓSTICO, MEDIDA E TESTE	Existem ferramentas especiais/equipamento de teste que seja, requeridos que poderiam forçar o reparo a ser executado em um determinado nível de manutenção?				
	Esse item requer calibração que obriga a execução de manutenção em um determinado nível devido a sensibilidade do sistema ou a falta de equipamento de calibração em um nível?				
	A disponibilidade, mobilidade, tamanho, ou peso dos equipamentos de apoio/equipamento de diagnóstico, medida e teste restringem os níveis de manutenção?				

EMBALAGEM, MANUSEIO E ARMAZENAGEM	O tamanho, peso ou volume do item impõe restrições para a armazenagem?(Isto pode restringir o nível onde itens/partes podem ser estocados. Isto pode incluir a armazenagem de equipamentos de apoio/equipamento de diagnóstico, medida e teste)				
	Existem requisitos especiais de embalagem, manuseio e armazenagem (por exemplo: embalagem de hardware/software de computador, materiais perigosos, material frágil, controle de clima e embalagem de materiais suscetíveis à dano durante o transporte)				
MÃO-DE-OBRA E PESSOAL	Existe um número adequado de pessoal qualificado para executar reparo em um determinado nível de manutenção?				
	O reparo ou o descarte em um determinado nível criaria um problema na carga de trabalho existente?				
INSTALAÇÕES	Requisitos de instalações únicos/especiais: salas limpas; tamanho de equipamento de teste; controle de clima; controle de corrosão; forja/fundição/cunha; equipamento de calibração sofisticado; requisitos rígidos nucleares.				
	Procedimentos especiais para reparo: unidades seladas hermeticamente; tempos de reparo excessivos; inspeções de partículas magnéticas; inspeções de raio-X; procedimentos de teste(análises de choque/vibração; teste de túnel de vento); procedimentos de alinhamento.				
OUTROS FATORES (QUANDO APLICÁVEL)					

DADOS PARA ANÁLISE ECONÔMICA	
DADOS	DEFINIÇÃO
TIPO DE EQUIPAMENTO	Identifica o item final que está sendo analisado.
REQUISITOS DE OPERAÇÃO ANUAIS (BASE DE MEDIDA /ANO)	Taxa, anualmente estimada ou requerida, de uso de um item.
ANO BASE	Ano fiscal contra o qual todos os dados quantitativos relacionados a custos devem ser ajustados.
TEMPO DE ATRASO DE EQUIPE DE CONTATO (HORAS)	Tempo (em horas) requerido para uma equipe de contato viajar de um local de manutenção intermediária para o local organizacional.
FATOR DE CONVERSÃO (DECIMAL)	Um fator usado para converter os requisitos de operação anuais do sistema para os requisitos de operação anuais do item que está sendo analisado. O fator é obtido dividindo-se a taxa de uso do item sob análise (expresso em ciclos, milhas, horas ou qualquer outra unidade de medida apropriada) pela taxa de uso do sistema/equipamento (também expresso na mesma base de medida). O fator de conversão é expresso na forma decimal.
CUSTO POR REQUISIÇÃO	Custo Administrativo para preparar e submeter uma requisição para uma parte de reparo/sobressalente
TAXA DE DESCONTO	Taxa de juros utilizada para descontar ou calcular custos e benefícios futuros para se chegar ao valor presente. A taxa de desconto inclui ajustes para inflação
DISTÂNCIA	Distância geográfica entre dois pontos
CÓDIGO ACRÔNIMO DO ITEM FINAL	Um código que identifica unicamente o sistema/item final sob análise. Esse número será atribuído pela autoridade requerente e será mantido ao longo do ciclo de vida do item
CÓDIGO DE ESSENCIALIDADE	Código que indica o grau em que a falha do item afeta a habilidade do item final em desempenhar sua operação pretendida
PROPORÇÃO DO MODO DE FALHA (DECIMAL)	A fração da taxa de falha da parte referente ao modo de falha particular que está sendo considerado. É a probabilidade, expressa como uma fração decimal, que a parte ou item falharão no modo identificado.
PERCENTAGEM DO CUSTO DE POSSE (DECIMAL)	Porcentagem do valor do inventário a ser contabilizado para armazenagem, perda, obsolescência, e custo de lucro incorrido como resultado de se manter inventário.
CUSTO DE CAIXA INICIAL(MOEDA/ITEM/LOCAL)	Custo inicial de introduzir um novo item no sistema de suprimento de varejo.
CUSTO DE CATALOGAÇÃO INICIAL	Custo de atribuição de NSN ao item.
NOME DO ITEM	Substantivo identificador com modificador adjetivo apropriado tal como contido no Diretório Federal de Nomes de Itens para Catalogação de Suprimento (H6-1)
TAXA DE TRABALHO (MOEDA/HORA)	Taxa média de trabalho direto por hora para um determinado nível de operação/manutenção.
EXPECTATIVA DE VIDA (ANOS)	Vida útil estimada, em anos, do equipamento de apoio/teste.
FATOR DE CARGA	Fator que é aplicado aos custos de mão-de-obra anuais e horários para contabilizar <i>overhead</i> , benefícios, trabalho perigoso etc.

DISTRIBUIÇÃO DE TAREFAS DE MANUTENÇÃO	Porcentagem de um item reparável esperada que seja reparado e enviado para o estoque em um determinado nível de manutenção.
TEMPO MÉDIO ENTRE FALHAS (<i>MEAN TIME BETWEEN FAILURES – MTBF</i>) (BASE DE MEDIDA)	Vida funcional total de uma população de um item dividida pelo número total de falhas dentro da população durante o intervalo de medida. A definição é válida para tempo, ciclos, tiros, milhas, eventos ou outra medida de unidade de vida (ex.: base de medida)
TEMPO MÉDIO ENTRE MANUTENÇÕES (<i>MEAN TIME BETWEEN MAINTENANCE – MTBM</i>) (BASE DE MEDIDA)	Vida funcional total de uma população de um item dividida pelo número total de ações de manutenção (planejadas e não-planejadas) dentro da população durante o intervalo de medida. A definição é válida para tempo, ciclos, tiros, milhas, eventos ou outra medida de unidade de vida (ex.: base de medida)
TEMPO MÉDIO PARA REPARAR (<i>MEAN TIME TO REPAIR – MTTR</i>) (HORAS)	Tempo despendido total (horas de relógio) para manutenção corretiva dividida pelo total de ações de manutenção corretiva durante um dado período de tempo.
BASE DE MEDIDA	Código que identifica a unidade de medida para um período de tempo de operação ou número de eventos particular. Base de medida é associado e designado para os seguintes dados: REQUISITOS DE OPERAÇÃO ANUAIS; FATOR DE CONVERSÃO; TEMPO MÉDIO ENTRE MANUTENÇÕES (<i>MEAN TIME BETWEEN MAINTENANCE – MTBM</i>) (BASE DE MEDIDA); TEMPO MÉDIO ENTRE MANUTENÇÕES (<i>MEAN TIME BETWEEN MAINTENANCE – MTBM</i>) (BASE DE MEDIDA)
NÚMERO DE LOCAIS DE OPERAÇÃO	Número de locais que vão receber e operar o item sob análise.
NÚMERO DE “SHOPS”	Número de locais de manutenção disponíveis para executar reparo em cada nível manutenção
CUSTO DE OPERAÇÃO E APOIO(MOEDA/ANO)	Custo de posse anual projetado por item final de equipamento de teste/medida de teste e equipamento de diagnóstico, em média ao longo de sua vida útil esperada.
NÍVEL DE OPERAÇÃO (DIAS)	Número de dias de duração do estoque pretendido para sustentar operações normais durante o intervalo entre o recebimento de um carregamento de reposição e submissão da requisição de reposição subsequente.
VIDA OPERACIONAL (ANOS)	Número de anos esperados em que o item estará em serviço.
DISPONIBILIDADE OPERACIONAL (A_0)	A probabilidade que, quando utilizado sob condições estabelecidas, um sistema irá operar satisfatoriamente a qualquer tempo. A_0 inclui tempo de <i>standby</i> , administrativo e de atraso logístico.
FATOR DE PRODUTIVIDADE (DECIMAL)	Esse fator é utilizado para contabilizar tempo não-produtivo e tem o efeito de aumentar os requisitos de mão-de-obra para executar manutenção. Esse fator é a fração do tempo, expresso na forma decimal, o pessoal de reparo está disponível para executar ações de manutenção.
QUANTIDADE POR ITEM FINAL	Número total de vezes que um item é utilizado no sistema completo.
CUSTO DE CAIXA RECORRENTE (MOEDA/ITEM/LOCAL/ANO)	Custo administrativo recorrente de manter uma caixa para um item no sistema de suprimento de varejo por um ano.

CUSTO DE CATALOGAÇÃO RECORRENTE (MOEDA/ANO)	Custo administrativo de manter um item no sistema de suprimento por atacado por um ano.
TEMPO DE CICLO DE REPARO (DIAS)	Tempo despendido, em dias, do ciclo de reparo completo para um item reparável, esperado em cada nível de manutenção ou instalação do fornecedor. O tempo despendido, em dias, do recebimento de um item com falha no nível de manutenção até o item estar pronto para distribuição como um item que pode ser utilizado. Esse tempo inclui o tempo de transporte para o nível de manutenção e retorno ao ponto de suprimento.
CUSTO DE ESPAÇO PARA TRABALHO DE REPARO(MOEDA/PÉ QUADRADO/MÊS)	Custo, em moeda por pé quadrado por mês, de espaço no chão necessário para uma instalação de manutenção para um determinado nível de manutenção.
CRITÉRIO DE ESTOCAGEM NO VAREJO (NÚMERO DE DEMANDAS/ANO)	Número de demandas a serem atendidas antes de ser permitida a estocagem de um item.
NÍVEL DE SEGURANÇA (DIAS)	Número de dias de estoque em adição ao nível operacional para compensar demandas não-esperadas, atrasos não previstos etc.
TEMPO DE ENVIO (DIAS)	Número de dias do momento em que uma requisição para uma parte de reparo/sobressalente é colocada no sistema de suprimento até o item ser recebido na oficina de manutenção.
NOME COMPLETO DO ITEM DE EQUIPAMENTO DE APOIO	Nome do equipamento de apoio.
FATOR DE CUSTO DE APOIO DE EQUIPAMENTO DE APOIO (DECIMAL)	Valor decimal que expressa o fator de custo para apoiar equipamento de apoio. Esse fator é derivado da proporção dos custos dos equipamentos de apoio anuais em relação aos custos unitários dos equipamentos de apoio.
TOTAL DE SISTEMAS APOIADOS	Número total de sistemas pretendidos para uso operacional.
CUSTO DE TREINAMENTO (MOEDA/PESSOAL DE REPARO)	Custo de treinar uma única pessoa de reparo.
CÓDIGO DE TIPO DE SISTEMA DE SUPRIMENTO	Código que indica o tipo de sistema de suprimento a ser empregado.
PESO DO PACOTE DA UNIDADE	Peso bruto do pacote da unidade. Esse peso inclui o do container no qual o item é enviado, se existir.
PESO DA UNIDADE	Peso do item sem o pacote.
NOMENCLATURA DO ITEM	Listar a nomenclatura do item reparável que está sendo coberto por essa tarefa de manutenção
PART NUMBER	Número de parte atribuído pelo fabricante do item que está sendo considerado por uma determinada tarefa de manutenção
CODEMP	Código de empresa (Sistema OTAN de Catalogação)
NSN	NATO Stock Number (Número de Estoque OTAN)
NCAAL	Número de controle de análise de apoio logístico do item que está sendo considerado por uma determinada tarefa de manutenção
NÍVEL DE IDENTIFICAÇÃO	Listar o número que identifica o nível de identificação do item que está sendo analisado

APÊNDICE 05: ANÁLISE DE CUSTO DE CICLO DE VIDA (LCCA – *LIFE-CYCLE COST ANALYSIS*)

	Custo total de Ciclo de Vida		
		Investimento	Operações e Manutenção
CATEGORIA	Pesquisa e Desenvolvimento	Fabricação	Operações
ELEMENTOS DE CUSTO	Gerência do Programa	Construção	Manutenção: • Pessoal de manutenção • Parte de Sobressalentes e de Reparo • Equipamento de Teste e Apoio • Transporte e distribuição • Treinamento de Manutenção • Instalações de Manutenção e Apoio • Dados/Informação
	Pesquisa e Desenvolvimento Avançados	Apoio Logístico	Modificações no sistema
	Projeto de Engenharia		Retirada de serviço (descarte) do sistema
	Desenvolvimento e Teste de equipamento		
	Dados de engenharia		

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)