

TRATA-SE DE ANALISAR AS CONSEQUÊNCIAS DE ALTERAÇÃO DOS PARÂMETROS DO CONCEITO DE MANUTENÇÃO NA OPERAÇÃO DOS SUBMARINOS IKL-209-1400.

ABSTRATO: No presente artigo o autor analisa a operacionalidade e apoiabilidade dos submarinos IKL-209-1400 em consequência de alterações dos parâmetros do CONCEITO DE MANUTENÇÃO, decorrentes de reconfiguração ou extensão de seu CICLO BÁSICO (do original 50-40 para 60-30 e para 90-30).

São conceituadas algumas das características gerais desse tipo de navio (autonomia, ciclos de atividades e ciclo básico, coeficientes de indiscrição, coeficiente operativo e coeficiente de utilização, etc.) e relatadas as influências na PRONTIDÃO OPERACIONAL, também conhecida como DISPONIBILIDADE OPERACIONAL, em consequência das alterações das características básicas.

Conclui o autor que alterações do CONCEITO DE MANUTENÇÃO, pelo aumento dos ciclos de atividades além do que foi projetado, inviabilizam as operações de guerra para o horizonte temporal considerado para o tipo de submarino em questão e acrescentam cargas de trabalho de manutenção e riscos desnecessários às operações, estes tanto em tempo de paz como de guerra, por manutenção inadequada.

Por se tratar de assunto técnico, há necessidade de certos conhecimentos básicos sobre como obter sistemas complexos, no caso submarinosⁱ, além de algumas noções sobre confiabilidadeⁱⁱ.

1. HISTÓRICO

1A . O primeiro submarino desta classe a operar no Brasil foi o Tupi, a partir de 1984. Foi construído na Alemanha, a partir de 1980.

1B. Em seguida foram construídos no Brasil os Tamoio, Timbira e Tapajó. Segue em construção o Tikuna, início em 1996.

1C. Quanto ao modo de operação, o Tupi operou segundo um **CICLO BÁSICO** DE 50-40, sendo sua AUTONOMIA de 52 dias.

Seu **CICLO DE ATIVIDADES** seria de 7 anos e meio, constituído de um PERÍODO OPERATIVO de 6 ANOS e um PERÍODO DE GRANDE MANUTENÇÃO de 18 meses.

1D. A partir de 1991, mudou-se este CICLO BÁSICO para 60-30, muito embora a AUTONOMIA continuasse a ser de 52 dias. Portanto, não temos, aí, mais a idéia convencional de CICLO BÁSICO, estando mais para um PERFIL DE OPERAÇÕES.

1E. Atualmente, discute-se a idéia de se fazer outra experiência: mudar este PERFIL para 60-30

2. ALTERAÇÕES PRATICADAS NOS NAVIOS

Desconhecidas e não consideradas.

3. DEFINIÇÕES CLÁSSICAS

AUTONOMIA - Período de tempo que um navio pode permanecer no mar limitado apenas pelo Óleo Combustível (OC) e pelos Víveres.

CICLO DE VIDA - Período de tempo que vai da concepção até a baixa do navio, estando aí incluído o período de tempo de utilização, que é a maior parcela do tempo do CICLO DE VIDA. Este período de utilização decompõe-se em CICLOS DE ATIVIDADES.

CICLO DE ATIVIDADES - Períodos de tempo em que se decompõe o período de utilização, de modo a permitir OPERAR o navio e MANTÊ-LO, periodicamente. Cada CICLO DE ATIVIDADES é, pois, composto de um PERÍODO OPERATIVO, seguido de um PERÍODO DE MANUTENÇÃO GERAL. Neste CICLO pode ocorrer outras fainas de manutenção, tais como DOCAGENS DE ROTINA, DOCAGENS INTERMEDIÁRIAS, DOCAGENS EXTRAORDINÁRIAS, etc., como programado e como necessário.

PERÍODO OPERATIVO - tempo em que o submarino permanecerá operando, ainda que segundo CICLOS BÁSICOS.

PERÍODO DE MANUTENÇÃO GERAL - tempo em que o submarino estará imobilizado para atender a uma Manutenção Geral de 18 meses.

CICLO BÁSICO - decomposições dos PERÍODOS OPERATIVOS em menores parcelas de tempo, de modo a organizar a operação e a manutenção do submarino, respeitando sua AUTONOMIA, e suas necessidades de tempo para descanso da guarnição, seu preparo pela instrução e adestramento, e a manutenção necessária para restaurar equipamentos (ações corretivas) e manter os demais equipamentos/sistemas no estado operacional desejado (ações preventivas), além do re completamento de sobressalentes/partes de reparo, e reabastecimento de OC/Víveres e consumíveis (gachetas, juntas, OL, etc), para atender ao próximo período de utilização. Aí incluído, também, os re completamentos do armamento despendido na última comissão, além das pinturas externas/internas como necessário, limpezas de compartimentos, restauração da habitabilidade, etc.

COEFICIENTE DE INDISCRICÃO C_i - para submarinos convencionais é a relação do Tempo em Snorkel para o Tempo Total de Trânsito (ou, de uma maneira, genérica, a relação entre o tempo que o submarino navega indiscreto para o tempo total de navegação). Principal fator condicionador da Velocidade de Avanço, quando em trânsito..

COEFICIENTE OPERATIVO C_o - Relação entre o Tempo em Patrulha e o Tempo Total da missão (Tempo de Patrulha + Tempo em Trânsito).

[REGRA - se considera que Tempos de Patrulha menores que 1/3 do Tempo Total da missão não são rentáveis.]

COEFICIENTE DE UTILIZAÇÃO C_u - é a relação entre o Tempo que o submarino está Operativo e o Tempo Total do CICLO DE ATIVIDADES (PERÍODO OPERATIVO + PERÍODO DE MANUTENÇÃO GERAL)

[Este Coeficiente é importante para determinar o número de submarinos necessários para manter pelo menos um operativo.]

[REGRA - em qualquer caso, o número mínimo de submarinos para manter 1 operativo é 3, já que inevitavelmente haverá períodos em que 1 submarino estará em OPERAÇÃO, e pelo menos 1 dos dois restantes estará em MANUTENÇÃO]

NÚMERO DE SUBMARINOS PARA MANTER PELO MENOS UM NA ZP = $1 / [C_o \times C_u]$

CONFIABILIDADE - $R(t)$ é a probabilidade de que um sistema ou produto se desempenhará de modo satisfatório por um determinado período de tempo, quando usado sob condições operacionais especificadas. (Os parâmetros para obtenção de um submarino constam da Figura 2).

DISPONIBILIDADE - Medida da "prontidão" do submarino (ou de um sistema/equipamento), ou seja, o grau, percentagem ou probabilidade de que o submarino estará pronto ou disponível quando requisitado seu uso. A DISPONIBILIDADE pode ser expressa de várias formas dependendo do sistema ou da missão, sendo as mais comuns a DISPONIBILIDADE INERENTE (A_i), a DISPONIBILIDADE OBTIDA (A_a) e a DISPONIBILIDADE OPERACIONAL (A_o). Suas definições estão em várias referências, mas para esclarecer, a DISPONIBILIDADE OPERACIONAL é "probabilidade de que o submarino (ou um equipamento qualquer), quando

usado segundo condições especificadas, num ambiente operacional real, operará satisfatoriamente quando solicitado."

Ela é normalmente expressa como a relação entre o tempo médio entre manutenções (MTBM) e a soma do MTBM com o tempo médio de paralisação MDT (chamado de *mean DOWNTIME*, é o período de indisponibilidade por ações de manutenção) ($A_o = \text{MTBM} / (\text{MTBM} + \text{MDT})$).

Ao usar o termo DISPONIBILIDADE, deve-se ter cuidado de bem definir do que se está tratando, para evitar mal entendidos.

PERFIL DE MISSÕES - modo como se deseja operar o submarino, para cada caso considerado.(50-40; 60-30; 90-30).

FALHA - definida como uma instância (um caso) em que o sistema não esteja operando dentro de um conjunto pré-definido de parâmetros.

TAXA DE FALHAS - λ é a taxa em que ocorrem as falhas num intervalo de tempo especificado. Em outras palavras, o número de falhas dividido pelo número total de horas de operação. Valor inverso do MTBF. Também conhecida como **freqüência de manutenções corretivas**.

4. DEFINIÇÕES CLÁSSICAS APLICADAS AO EXERCÍCIO ANALÍTICO

DADOS DISPONÍVEIS

(CONVERSÕES: Como se trata de um exercício teórico, usaremos as seguintes bases de conversão: 1 ano = 360 dias; 1 mês = 30 dias; Autonomia=50 dias.)

CICLO DE ATIVIDADES (6 ANOS OPERANDO, ou 2160 dias + 18 MESES DE MANUTENÇÃO GERAL, ou 540 dias)

CICLO BÁSICO - 50 Dias de AUTONOMIA + 40 dias de MANUTENÇÃO (ver item 3 tópico definição de CICLO BÁSICO, para compreender que não se trata exatamente somente de tempo destinado à MANUTENÇÃO, muito embora possa ser totalmente aproveitado para esta finalidade).

PERFIS DE MISSÕES:

50-40; 60-30; e 90-30

NR DE **CICLOS BÁSICOS**₅₀₋₄₀ NO CICLO DE ATIVIDADES = 2160 dias/ (50 + 40) dias = 24 ciclos

NR DE **CICLOS**₆₀₋₃₀ NO CICLO DE ATIVIDADES = 2160 dias/ (60 + 30) dias = 24 ciclos

NR DE **CICLOS**₉₀₋₃₀ NO CICLO DE ATIVIDADES = 2160 dias/ (90 + 30) dias = 18 ciclos

(Nota: nos Perfis de 60-30 e 90-30 não mencionamos CICLO BÁSICO, pois contraria à definição. Nestes dois casos os conceitos de Ci, Co e Cu devem ser utilizados com reserva, pois não estamos mais lidando com a AUTONOMIA do submarino)

No **CICLOS BÁSICOS**₅₀₋₄₀ DIAS DE OPERAÇÃO = 50 dias x 24 ciclos = 1200 dias
DIAS DE MANUTENÇÃO = 40 dias x 24 ciclos = 960 dias

No **CICLOS**₆₀₋₃₀ teremos: DIAS DE OPERAÇÃO = 60 dias x 24 ciclos = 1440 dias
DIAS DE MANUTENÇÃO = 30 dias x 24 ciclos = 720 dias

No **CICLOS**₉₀₋₃₀ teremos: DIAS DE OPERAÇÃO = 90 dias x 18 ciclos = 1620 dias
DIAS DE MANUTENÇÃO = 30 dias x 18 ciclos = 540 dias

Pelos números acima, podemos observar que no caso da primeira alteração (**60-30**), com relação aos parâmetros fundamentais de projeto/construção do IKL, tivemos, ao longo do CICLO DE ATIVIDADES, um aumento de 20 % no tempo de operação, e uma redução de 25% no tempo de manutenção (ver a definição em 3. Do CICLO BÁSICO, para entender que este tempo não é só destinado à manutenção, muito embora possa ser integralmente aproveitado para tal); enquanto que no caso seguinte (**90-30**) teremos um aumento de 35% no tempo de operação para uma drástica redução de 43,75% no tempo de manutenção. **Em ambos os casos, as operações de guerra estarão, de qualquer maneira, condicionadas pela AUTONOMIA, nada se ganhando com relação a elas, pela mudança dos parâmetros.**

Muito embora o interesse deste estudo seja verificar as **consequências logísticas** para tais tipos de alteração, verifiquemos o que pode ter sido alterado em termos dos Coeficientes que condicionam o emprego dos submarinos:

Quanto ao Coeficiente de Indiscrição, **nada se ganha numericamente**, uma vez que o trânsito e a patrulha continuam condicionados pela AUTONOMIA, e função das características de desempenho do projeto/construção do submarino em questão.

O mesmo pode ser dito com relação ao Coeficiente Operativo, inteiramente dependente da AUTONOMIA do submarino, e pelas mesmas razões acima.

Quanto ao Coeficiente de Utilização, teremos: (cálculos em dias)

$$Cu (\text{CICLOS BÁSICOS}_{50-40}) = 1200 / (1200 + 960 + 540) = 0,44$$

$$Cu (\text{CICLOS}_{60-30}) = 1440 / (1440 + 720 + 540) = 0,53$$

$$Cu (\text{CICLOS}_{90-30}) = 1620 / (1620 + 540 + 540) = 0,60$$

Ganha-se 20,45% para a primeira mudança, com relação ao ciclo de projeto (50-40), e ganhar-se-á 36,36% no Coeficiente de Utilização para o segundo caso (90-30). Como o submarino já opera com o perfil de 60-30, ganhar-se-á apenas 13,13% no Coeficiente de Utilização.

Isto induz a acreditar, ainda que falaciosamente, que precisaremos um número menor de submarinos para manter um determinado número operando em uma ZP. Mas cuidado deve ser tomado para aceitar esta "verdade" apenas pela variação do Coeficiente de Utilização do submarino em questão, pois não se está tratando de condições clássicas, e pode ser que se conclua, ao final, que houve ou haverá sérias restrições logísticas para operá-los, tendo em vista a mudança dos parâmetros fundamentais de projeto/construção.

Apenas como exercício de raciocínio, se considerarmos como 1 o valor de Co, para o caso de **50-40** precisaríamos de $1/0,44=2,27$ submarinos para manter um operando; no caso **60-30** precisaríamos $1/0,53 = 1,89$ submarinos para manter um operando, e no caso extremo **90-30**, precisaríamos de $1/0,60 = 1,67$ submarinos para ter um operando, ou seja, se atentarmos para a regra básica de que "**precisamos de no mínimo 3, para manter um operando**", nada adiantou, sob estes aspectos, ter alterado o perfil de operação do submarino em questão.

5. AUTONOMIA

Já que falamos muito em AUTONOMIA, vamos tecer algumas considerações, para clarear esta polarização. (Ver Figura 1)

Consideremos nosso submarino IKL fictício como tendo a seguinte característica de projeto, como ditada pelo Estado Maior (Requisitos Operacionais) - a situação tática é tal que precisamos de um submarino de 52 dias de AUTONOMIA, que navegue 8780 milhas, com a velocidade de 7 nós em snorquel. ($52 \text{ dias} \times 24 \text{ horas} \times 7 \text{ nós} = 8780 \text{ milhas}$)

A curva de Velocidades x Distâncias está em anexo (Figura 1). Por ela podemos observar que para velocidades maiores que 7 nós, o submarino pára por falta de Óleo Combustível; e para velocidades menores que 7 nós, o submarino volta por falta de Víveres. A faixa operacional está limitada pelas linhas hachuriadas.

Por este conceito, verificamos que não há milagre possível. Dados os parâmetros de construção, a AUTONOMIA limita o que é possível fazer.

Como temos a possibilidade de navegar 8780 milhas, e pela regra do 1/3, teremos limitadas as nossas ZP a 17,3 dias da base, para poder permanecer 17,3 dias na ZP. Este é o limite máximo. Fora disso, só com reabastecimento no mar.

Então nosso tempo máximo de trânsito é de 17,3 dias $\times 2$, para patrulha de 17,36 dias numa ZP a 2926' da base, ou 52 dias de patrulha na origem (base), sem trânsito. O tempo de patrulha do nosso submarino fictício, dependendo da localização da ZP, está entre 17,3 dias e 52 dias, para respeitar a AUTONOMIA.

Um requisito que poderia ter sido levantado, logo na fase conceitual, seria o das frequências que poderia se esperar operar em cada ZP, tanto nas mais como nas menos afastadas. Ajudaria na análise logística necessária para definir o abastecimento e o apoio ao submarino em questão.

Enfatizamos que não adianta alterar o CICLO BÁSICO, para algum ganho operativo de guerra, se a AUTONOMIA for mantida.

O fato de alterar o ciclo 50-40 para 60-30 só teria significado tático, se a AUTONOMIA fosse ampliada para 60 dias. Isto pode ser possível em alguns tipos de submarinos, convertendo tanques de lastro em tanques de nafta, e armazenando mais víveres no seu interior. Para 90-30, teria que se alterar a autonomia para 90 dias, o que parece muito radical, dado o espaço interno do submarino. Por isto, nem pensar.

6. ANÁLISE DE APOIO LOGÍSTICO (OU DE APOIABILIDADE)

Chegamos finalmente ao ponto de interesse para o presente exercício analítico. A Análise de Apoiabilidade do meio.

Quando o submarino em questão foi projetado/construído, os seguintes elementos do apoio logístico foram levados em consideração, segundo o **conceito de manutenção**: o nível antecipado de apoio logístico; as linhas de ação globais de manutenção e restrições; as responsabilidades organizacionais pela manutenção; os elementos fundamentais do apoio logístico como aplicáveis ao submarino (isto é, se um equipamento padronizado de teste devia ser incorporado ou se adotada uma certa filosofia de teste); os requisitos de eficácia associados com a capacidade de apoio ao

sistema(isto é, a resposta do abastecimento, a confiabilidade do sistema de teste, a frequência de utilização dos estabelecimentos de manutenção, a eficiência do pessoal, etc) e o ambiente operacional da manutenção.

A análise do sistema e definição da infra-estrutura logística para apoiá-lo foram feitas de maneira concomitante com o desenvolvimento do projeto do submarino, desde suas fases iniciais, segundo um processo técnico administrativo conhecido com Apoio Logístico Integrado, cujos principais elementos apreciados e analisados foram:

(1) - planejamento da manutenção; (2) - pessoal de apoio logístico; (3) - treinamento e treinamento em apoio; (3) - dados e informações técnicas de caráter logístico; (4) - equipamentos de teste e apoio; (5) - apoio de sobressalentes e itens de reparo; (6) - facilidades de apoio à manutenção; (7) - manutenção contratual; (8) - transporte e manuseio (acondicionamento, manuseio, armazenamento) do material; e (9) - apoio de recursos de informática.

Por não dispor de dados suficientes para análise de todas as ingerências das mudanças "*a posteriori*" dos perfis de operação do submarino em questão na sua **apoabilidade** (existe toda uma metodologia para proceder a **análise de apoiabilidade**, e serve de exemplo as MIL STD 1388 1A e a 1388 2B, que tratam da Análise de Apoio Logístico e da formação do Banco de Dados composto dos resultados obtidos)[nota: as MIL STD citadas já se encontram fora de vigor, substituídas pelo MIL HDBK 502, ACQUISITION LOGISTICS, em 1997, e pela MIL-PRF-49506 LOGISTICS MANAGEMENT INFORMATION, mas ainda são inteiramente pertinentes], consideremos apenas superficialmente cada elemento acima apontado.

a) **O planejamento da manutenção** estará inteiramente prejudicado. Seria preciso proceder nova análise, para ajustá-lo às novas condições. A **manutenibilidade (facilidade para manter), como parâmetro de projeto**, estaria prejudicada, pela mudança do perfil.

b) Haverá esforço diferenciado sobre o **pessoal de apoio logístico**, e somente a análise deste elemento poderá ajustar as novas condições de operação. Exemplo de consequência desta consideração é o fato de que, COMO FOI MANTIDO O PMG, nada aliviou o trabalho do AMRJ, e como diminuiu ou virá a diminuir drasticamente as horas de manutenção para o primeiro e segundos escalões, vai sobrecarregar o pessoal de bordo e quem faz segundo escalão. De igual modo devemos raciocinar com a **frequência de uso instalações de manutenção e apoio**, que irá variar. É preciso re-estudar o assunto para ajustar às novas condições. Por exemplo, mais tempo no mar diminui a carga sobre a BACS e sobre as oficinas de manutenção, no entretanto, ao voltar ao porto, existirá uma demanda reprimida de serviços, a serem atendidos em menor tempo, para a qual as instalações de manutenção e o sistema de abastecimento podem não responder a contento.

c) Porém, o elemento que mais sobressai neste contexto, sem desmerecer os demais, é o **APOIO DE SOBRESSALENTES/PARTES DE REPARO**.

O submarino foi projetado para uma AUTONOMIA DE 52 DIAS, para ter uma alta DISPONIBILIDADE, e operar com elevada CONFIABILIDADE. Ainda na fase de projeto avançado, definido o **conceito de manutenção**, e quais os **níveis de manutenção** que cristalizaram a **linha de manutenção adotada**, foi feita a **determinação técnica das necessidades de sobressalentes/itens de reparo**, sendo definidos e obtidos, naquela ocasião, quais os que seriam colocados a bordo, para permitir a manutenção organizacional ou de primeiro escalão. Esta dotação inicial, necessária para apoiar as operações do submarino num horizonte de até quatro anos, depois de construído, veio sendo recompletada, para permitir o seu funcionamento contínuo, em campo. Tal dotação foi fortemente influenciada pelas características de projeto, e aí, volta a aparecer a AUTONOMIA, como parâmetro chave na definição dos requisitos operacionais.

Neste caso, alguns fatores têm que ser ANALISADOS:

6.1. PROBABILIDADE DE SUCESSO COM CONSIDERAÇÕES SOBRE A DISPONIBILIDADE DE SOBRESSALENTES.

Como a CONFIABILIDADE final do submarino é função das associações de confiabilidades de cada um dos seus componentes (séries, paralelas, e séries-paralelas), e como a CONFIABILIDADE é função do tempo em operação, se aumentarmos este tempo, a probabilidade de sucesso, **em função da quantidade de sobressalentes/partes de reparo estocados a bordo**, só se manterá se eu **aumentar a CONFIABILIDADE individual dos componentes**, ou **se aumentar o número desses sobressalentes/partes de reparo estocados a bordo**.

Em outras palavras, aumentando-se o tempo de operação, *coeteris paribus*, será degradada a CONFIABILIDADE geral, e conseqüentemente, a DISPONIBILIDADE OPERATIVA.

6.2. PROBABILIDADE DE COMPLETAR A MISSÃO

Trata-se, por exemplo, de determinar a probabilidade de que o submarino complete uma missão de 1200 horas sem falhar, quando ele tem uma vida média de 12000 horas (confiabilidade de 90%), para o caso 50-40, e comparar para ver o que acontece quando se ampliar o tempo de operação para 2160 horas (90 dias), mantida a mesma vida média. No primeiro caso a confiabilidade é de 90%, já no segundo, cai aproximadamente para 82%, o que, associado à deterioração da **Manutenibilidade**, fará com que caia a DISPONIBILIDADE OPERATIVA.

Sendo no primeiro caso (de projeto) $\lambda = 1$ falha por 12000 horas, o tempo de operação $t = 1200$ horas, $n = 1$ submarino, teremos $n\lambda t = (1)(1/12000)(1200) = 0,10$ e de ábaco especializado [NAVAIR 01-1A-32, Probabilidades Cumulativas de Poisson], encontraremos o valor de 91% de probabilidade de completar a missão;

Já no segundo caso (90-30), teremos $n\lambda t = (1)(1/12000)(2160) = 0,18$ o que indica uma probabilidade de sucesso de completar a missão de cerca de 82% (não exatamente assim, pois o submarino terá que parar para reabastecer, diminuindo suas horas operativas.) Mas a DISPONIBILIDADE OPERATIVA e a DEPENDABILIDADE* (condição de prontidão em um determinado instante), estarão comprometidas.

***[Pode-se imaginar que, no perfil 90-30, decorridos 40 dias de operação, por exemplo, quando o submarino estará numa condição desconhecida de prontificação (depende do que aconteceu nos 40 dias anteriores), ele seja convocado para uma missão de guerra - a DISPONIBILIDADE, corre-se este risco, estará provavelmente, degradada.]**

Apenas para exercer o mesmo raciocínio referente à alteração do CICLO BÁSICO para o qual foi projetado o submarino, podemos estendê-lo para o CICLO DE ATIVIDADES, e pensar na possibilidade de ser adotada uma estratégia para aumentar a vida planejada do submarino. Imaginemos que, mantendo os CICLOS BÁSICOS para o qual foi projetado (50-40), seja a de passar toda a carga dos PMG (18 meses) e demais docagens anuais, para estes CICLOS BÁSICOS.

Assim como no caso de alterar o CICLO BÁSICO, sem muita análise e adaptações necessárias, a transferência dessa carga resulta em forte deterioração da PRONTIDÃO OPERATIVA. Agora, com mais razão, esta PRONTIDÃO será impactada. A carga de ações de manutenção corretiva variará francamente (implica em alterar todos os demais elementos do ALI, tais como quantidade/qualidade dos sobressalentes/partes de reparo estocados a bordo [vai caber?]; rever o nível de habilitação do pessoal de bordo; rever todo o sistema orgânico de testes, etc.) as ações de manutenção preventiva terão que ser re-analisadas, uma a uma, e formado novo conjunto; a qualidade da manutenção terá que melhorar muito (adotando uma metodologia de execução, como por exemplo a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC)) para estabelecer sua rotina, para garantir que não haverá excesso de gastos; etc.

Enfim, serão tantos os gastos com estudos dos impactos, com a implementação de medidas para atender às novas alterações de material e especificações (pois que ocorrerão circunstâncias em que o custo do reparo se tornará economicamente impraticável), que a extensão da vida planejada, mantendo-se os mesmos parâmetros da construção, poderá se tornar inviável.

Poderá então se aventar outra estratégia, para manter os mesmos objetivos acima, qual seja, a de estender a vida planejada, mantendo os mesmos parâmetros da construção, através da revisão de todas as tarefas de manutenção, segundo uma filosofia tal como a MCC. Como seguramente

poder-se-á obter melhorias nos gastos com manutenção, a vida planejada poderá ser estendida, talvez, proporcionalmente. Ou se tentar a estratégia de se manter o esquema de manutenção e aceitar a deterioração de todos os demais parâmetros, etc.. Em qualquer caso fica claro que os riscos inerentes devem ser bem avaliados.

Em resumo, o que queremos enfatizar é que, antes de qualquer decisão de que um equipamento deva continuar em funcionamento, o órgão responsável deve, no mínimo, avaliar plenamente o impacto de continuar operando além da vida planejada, sendo que, para tanto, deverá se basear numa estimativa de investimentos nos diversos fatores de apoio, bem como na possibilidade do equipamento ultrapassar o ponto econômico de reparo. Isto é verdadeiro tanto para equipamentos, quanto para o sistema (submarino) como um todo.

Há, no mundo moderno, navios que já foram construídos segundo esta filosofia de disponibilidade máxima, com manutenção contínua - os navios doca que recebemos da USNavy (Select Restricted Availability), a classe Hunt, e possivelmente a classe das fragatas 23, da Royal Navy, são exemplos a serem consultados.

Mas alterar um projeto que foi concebido, e construído, para determinada vida planejada, pode se tornar uma tremenda dor de cabeça, e grande desperdício de recursos. Sem contar os riscos às vidas humanas.

CONCLUSÃO

Para o exercício proposto, a mudança pretendida, em termos logísticos, ainda que superficialmente analisada, parece inviabilizar qualquer operação de guerra.

Para operação em tempo de paz, ao longo do ciclo de vida acarretará mais perdas e gastos, além dos riscos à segurança da vida humana, do que o que se aparenta ganhar pela mudança do modo de operar para o qual foi projetado.

Algumas notas esclarecedoras:

Nota 1. Tratando-se a CONFIABILIDADE pelo modelo exponencial, e considerando a vida média θ como sendo a média de todos os tempos de vida de todos os itens considerados, ou, em outras palavras, a vida média como o **MTBF**, se o tempo de operação t for igual ao MTBF, a probabilidade de sobrevivência do submarino será de 37%, para uma dada taxa instantânea **constante** de falhas λ (ou a frequência de manutenções corretivas.)

Nota 2. Dizendo de outra forma, num tempo t , se um item tem uma taxa de falhas λ constante (pois no modelo exponencial ela é constante), a CONFIABILIDADE R deste item no tempo médio de vida θ é aproximadamente 0,37; em outras palavras, há 37% de probabilidade de que o submarino sobreviva seu tempo médio de vida sem falhar.

Neste caso estamos falando de $t = \text{MTBF}$.

Nota 3. Para que CONFIABILIDADE do submarino seja, por exemplo de 0,80, o MTBF do submarino (conjunto de todas suas partes) tem que ser aproximadamente cinco vezes maior que o tempo de operação ($1/5 = 0,2$, que dá no gráfico exponencial, $R = 0,8$); igualmente, para a CONFIABILIDADE de 90%, o MTBF do submarino (conjunto de todas suas partes) tem que ser aproximadamente dez vezes maior que o tempo de operação ($1/10 = 0,1$, que dá no gráfico exponencial, $R = 0,9$)

Nota 4. **Exemplo** de Cálculo da DISPONIBILIDADE OPERATIVA

Seja $\text{MTBM}_{\text{ManCorretiva}} = 10$ horas; seja $\text{MTBM}_{\text{ManPreventiva}} = 50$ horas.

0,1 por hora é a frequência de avarias, 0,02 é a frequência de Manutenção programada;

$0,1 + 0,02 = 0,12$ do que resulta $1/0,12 = \text{MTBM} = 8,33$ horas e se $\text{MDT} = 2$ horas

teremos a DISPONIBILIDADE OPERATIVA $= 8,33 / (8,33 + 2) = 81 \%$

(onde MTBM é o tempo médio entre manutenções, e o MDT é o tempo médio parado)

RCapetti

Valte(RRm) SB

Figura 1.

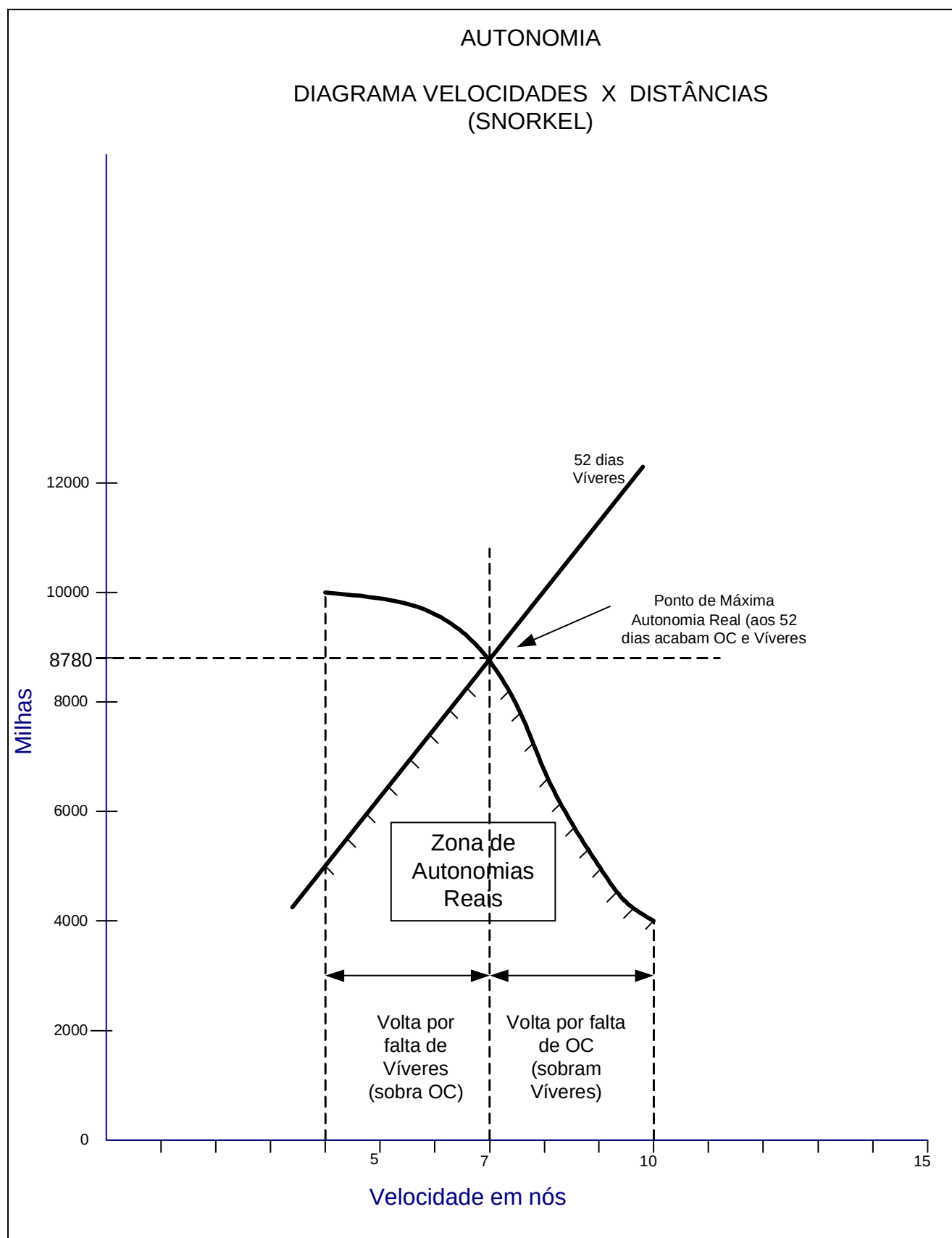


Figura 2



*Disciplinas ou Elementos do ALI

Planejamento da Manutenção
 Pessoal e Força de Trabalho
 Apoio de Abastecimento
 Equipamento de Apoio e Teste
 Treinamento e dispositivos de treinamento

Documentação Técnica
 Recursos Computacionais
 Embalagem, manuseio, armazenagem e transportabilidade
 Instalações físicas
 Confiabilidade & Manutenibilidade

ⁱ Sugere-se consultar o Artigo do autor em

<http://paginas.terra.com.br/relacionamento/submarinosdobr/Artigo82.htm>

ⁱⁱ Uma boa referência pode ser encontrada em LOGISTICS ENGINEERING AND MANAGEMENT, Benjamin S. Blanchard. Sixth Edition, Prentice Hall. Cap 2)