

PREVISÃO METEOROLÓGICA PARA AS COMISSÕES DA ESQUADRA BRASILEIRA: CONSIDERAÇÕES SOBRE A GESTÃO DE RISCO NAS OPERAÇÕES NAVAIS

Amaury Caruzzo

Instituto de Tecnológico de Aeronáutica – Grupo de Estudos de Análise de Decisão (GEAD)
Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 – São José dos Campos/SP – 12228-900
e-mail: acaruzzo@ita.br

Mario Henrique Trentim

Instituto de Aeronáutica e Espaço
Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 – São José dos Campos/SP – 12228-904
e-mail: mario.trentim@gmail.com

Mischel Carmen Neyra Belderrain

Instituto de Tecnológico de Aeronáutica - Grupo de Estudos de Análise de Decisão (GEAD)
Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 – São José dos Campos/SP – 12228-900
e-mail: carmen@ita.br

RESUMO

O objetivo deste artigo é avaliar o uso e aplicação da informação METOC – METeteorologia e Oceanografia, nas comissões da Esquadra Brasileira, sob o ponto de vista da incerteza da informação e do gerenciamento de risco nas operações navais. Através de uma abordagem quantitativa, foram avaliadas as incertezas da previsão Metoc, executadas remotamente, pelo serviço meteorológico marinho e presencialmente, com um oficial-meteorologista a bordo do meio naval. Os resultados das simulações indicam que a presença de um oficial-meteorologista nas comissões da Esquadra, melhora significativamente o índice de acerto da previsão e reduz os riscos associados as variáveis Metoc durante as operações navais planejadas.

PALAVRAS CHAVE: risco metoc, meteorologia marítima, marinha do brasil.

ABSTRACT

The aim of this paper is to evaluate the use and application of the METOC – METeteorological and Oceanographic information, during the commission of the Brazilian Fleet, from the point of view of the information uncertainty and the risk management in naval operations. Through a quantitative approach, it was evaluated the uncertainty of the Metoc forecast, performed remotely by the marine weather service and also performed locally by a military officer-meteorologist on board in the ship. Simulation results indicate that the presence of a military officer-meteorologist at the commissions of the Brazilian Fleet significantly improves the success rate of the Metoc forecast and reduces the risks associated to the Metoc variables during planned naval operations.

KEYWORDS: metoc risk, marine meteorology, brazilian navy.

1. INTRODUÇÃO

A meteorologia e a oceanografia (será adotado o termo Metoc) sempre foram fundamentais em diversas atividades humanas. Em situações cotidianas, o “erro” na previsão de tempo é, muitas vezes, motivo de brincadeiras, mas quando, aplicado nas operações militares, um bom prognóstico das informações Metoc, pode fazer a diferença no teatro de operações, seja no comprometimento da missão a ser executada, ou mesmo no risco de perdas de vidas humanas e/ou de equipamentos.

A informação meteorológica, quanto a oceanográfica, tem um papel relevante, no planejamento e na execução das operações militares navais. Como exemplo emblemático, [19] destaca um caso ocorrido na Marinha Americana. Em Dezembro de 1944, próximo às Filipinas, uma frota comandada pelo Almirante W. Halsey sofreu grandes prejuízos materiais, com a perda de três navios e com morte de quase 800 marinheiros, devido a uma avaliação imprecisa na previsão de um furacão na região. Mais recentemente, neste mesmo artigo, é mencionado que em um período de cinco anos (nos anos 1990 e 2000), os prejuízos em navios da Marinha Americana (sem contabilizar aeronaves) devidos às condições Metoc adversas, foram de sete vidas de militares e aproximadamente nove milhões de dólares em equipamentos, entre outros prejuízos indiretos. Em [22] e [27] são apresentados diversos outros casos das forças armadas americanas, em que a informação Metoc foi fundamental para o sucesso das atividades planejadas na operação militar.

A MB – Marinha do Brasil, ciente da importância da informação Metoc nas operações navais e ainda sob os auspícios do Império, criou em abril de 1888, a Repartição Central Meteorológica, considerado como o primeiro órgão de meteorologia no Brasil [6] e [23]. Atualmente, o CHM – Centro de Hidrografia da Marinha, Organização Militar subordinada a DHN – Diretoria de Hidrografia de Navegação, mantém o SMM – Serviço Meteorológico Marinho, sendo hoje, o órgão responsável por toda a previsão meteorológica e oceanográfica provenientes da MB.

O grande desafio, segundo [22], é entender, avaliar e quantificar como a informação Metoc, pode afetar, de forma individual, cada uma das operações militares, afinal em uma batalha, pequenos erros, podem comprometer toda a guerra. Em tempo de paz, a aplicação do Poder Naval da Marinha Brasileira [4], seja nas operações de SAR – Busca e Resgate, nas missões de paz das Nações Unidas ou mesmo, em ações de patrulhamento da costa brasileira, a informação Metoc também necessita ser precisa e deve atender às demandas específicas dos meios navais envolvidos.

Neste contexto, o objetivo deste artigo é fazer algumas considerações e avaliações do uso e da aplicação da informação Metoc nas comissões da Esquadra Brasileira, sob o ponto de vista da incerteza da informação e das respectivas análises de risco nas operações navais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. A previsão de tempo na Marinha

O SMM – Serviço Meteorológico Marinho tem em seus quadros, oficiais e praças especializados em meteorologia, sendo a grande maioria com curso superior e muitos com cursos de pós-graduação. Além de atender todas as demandas da MB na elaboração de previsão de tempo, de boletins climatológicos, entre outros muitos serviços concernentes à meteorologia marítima, o SMM também tem responsabilidades estabelecidas por compromissos internacionais assumidos pelo Brasil, através da Convenção SOLAS – Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar [5]. Entre estes compromissos, esta em elaborar e disseminar gratuitamente as previsões meteorológicas e avisos de mau tempo (Boletim Meteoromarinha), para a chamada Metarea-V, sendo esta a área de responsabilidade do Brasil, no Atlântico Sul.

Para atender as demandas das comissões da MB, nacionais ou internacionais, seja nas atividades de Hidrografia, pelos meios navais da DHN ou nas comissões da Esquadra Brasileira, o SMM mantém um serviço 24/7 e procedimentos específicos para elaborar a chamada PME – Previsão Meteorológica Especial, sendo este boletim, de uso exclusivo da MB e de organizações afins. Através das orientações contidas na norma da DHN, Navemarinst nº 10-11 [3], qualquer organização militar pode solicitar ao CHM, uma Previsão Meteorológica Especial. Outra ação, comumente usada pela Esquadra, é solicitar a PME e também requerer a presença de um oficial com experiência em meteorologia durante a comissão, a fim de oferecer apoio ao navio ou Grupo-Tarefa envolvido. Em todos os casos, o CHM sempre busca atender as demandas solicitadas, seja através dos produtos padrões já disponíveis ou de produtos mais específicos para cada comissão, como: boletins de auxílio à decisão, previsão e acompanhamento de furacões, entre outros.

2.2. Qualidade da Previsão Meteorológica Especial

Diariamente, o SMM – Serviço Meteorológico Marinho, faz um acompanhamento da qualidade da previsão das variáveis Metoc – meteorológicas e oceanográficas, para a Metarea-V e para todas as PMEs em operação [2] e [3]. Entretanto, a qualidade, ou o índice de acerto da previsão e dos demais produtos disponibilizados pelo SMM, assim como em qualquer outro centro meteorológico no mundo, depende de uma série de fatores. Como exemplo, a existência de observações meteorológicas, a execução ou não dos modelos numéricos de previsão, a experiência do meteorologista, observações de satélites meteorológicos e até a época do ano, podem afetar no índice de acerto da previsão [11], [14], [21] e [24].

Ao analisar, mais especificamente, a aplicação da informação da previsão Metoc nas comissões Esquadra Brasileira, existe um aspecto que pode fazer a diferença nos respectivos índices de acerto da previsão: a presença de um oficial-meteorologista a bordo dos meios navais durante a comissão. Importante destacar, que neste caso, o oficial-meteorologista é um militar do QT – quadro técnico da MB, com a graduação em meteorologia e não um “oficial-Metoc”. O chamado “oficial-Metoc” é um militar que não é do QT e que normalmente possui um curso específico pela DHN, mas não possui a graduação em meteorologia.

Portanto, existem duas formas de trabalhar com a previsão Metoc durante as comissões da Esquadra, sendo:

- a) previsão remota: texto e imagens enviadas pelo SMM (do CHM/ Niterói-RJ) até o meio naval, através do sistema de comunicação disponível (rádio VHF, *fac-simile* ou *internet* via-satélite);
- b) previsão presencial: quando existe a presença de um oficial-meteorologista a bordo do meio naval, que recebe a previsão remota do SMM, faz ajustes através de observações das variáveis Metoc em tempo real e repassa para os oficiais do Estado-Maior e demais interessados.

Em um caso real de uma comissão da Esquadra Brasileira, foi realizada uma comparação detalhada entre as duas previsões meteorológicas, remota e presencial com as observações locais, para um período de até 24 horas. Importante destacar, que devido ao grau de sigilo desta comissão (confidencial), não serão fornecidos outros detalhes, somente aqueles pertinente a este trabalho.

Nesta comissão da Esquadra, que será chamada ALFA, foi solicitado ao CHM o envio da PME e também o destaque de um oficial-meteorologista para integrar o Estado-Maior da Divisão da Esquadra. Portanto, o oficial-meteorologista, era o responsável pela avaliação dos produtos enviados do SMM e o repasse da previsão presencial. Através da norma da DHN Navemarist nº 10-11 [3], é possível realizar a comparação entre a previsão e a observação local, onde são estabelecidos no anexo H, os parâmetros de comparação, com a classificação de: incorreta, aceitável e correta. Na tabela 1, são apresentados os valores das comparações (considerando todas as variáveis meteorológicas e oceanográficas juntas) entre a previsão

recebida do SMM (previsão remota) e a previsão ajustada pelo oficial-meteorologista (previsão presencial), com as observações realizadas durante toda a comissão.

Tabela 1: Índice de acerto (%) entre a previsão Metoc, remota e presencial, em comparação com as observações no navio.

	Previsão remota (do SMM – %)	Previsão presencial (ajustada – %)
Correta	67	92
Aceitável	14	5
Incorreta	19	3

No processo de verificação da previsão recebida do SMM, o oficial-meteorologista realizava alguns ajustes na previsão das variáveis Metoc, pois era possível fazer uma validação a bordo, isto é, a checagem com as observações em tempo real, antes de repassar a informação para o usuário final. Na comissão ALFA, foram avaliadas as seguintes variáveis meteorológicas: cobertura de nuvens, visibilidade, intensidade/ duração da precipitação, pressão, intensidade/ direção do vento e umidade relativa; e variáveis oceanográficas: temperatura da superfície do mar, altura e direção das ondas.

Em comparação a outros centros de previsão de tempo, segundo [11], [14] e [20] a NOAA – *National Oceanic and Atmospheric Administration*, responsável pelo Serviço Meteorológico dos Estados Unidos, tem um índice médio para previsão de 7-10 dias entre 62% a 75%, em até 5 dias com índice de acerto acima de 90% e para previsão de 1 dia, superior a 97%. Já [24], obteve o valor de 91% no índice de acerto da previsão para a cidade de São Paulo, em um período de até 24h.

2.3. Previsão Meteorológica e a gestão de risco

Em qualquer atividade humana e em particular, nas operações militares, mesmo em tempos de paz, sempre existe um risco associado, que pode ou não ser percebido [25]. Para avaliar o risco associado às condições Metoc, isto é, o risco das variáveis meteorológicas e oceanográficas provocarem algum tipo de dano ou prejuízo nas operações militares, é necessário identificar e estimar os impactos. Estes impactos podem ser baseados nas preferências dos envolvidos e/ou nos limites operacionais de cada atividade [27]. Nas comissões da Esquadra, diversas atividades necessitam de informações Metoc. Entretanto, as variáveis ambientais têm impactos diferenciados em cada ação planejada ou inopinada. Como exemplo, a direção e velocidade do vento afeta de maneira distinta os voos de aeronaves, a transferência de óleo no mar ou o fundeio do navio. Vale destacar, que uma previsão Metoc pode e deve ter características específicas (otimizada) para cada uma das operações envolvidas, seja um meio naval, ou para o grupamento de fuzileiros navais, por exemplo.

Na literatura científica, diversos autores apresentam estudos relacionando a eventos meteorológicos sob o ponto de vista da análise de risco e dos impactos associados. No caso de eventos meteorológicos extremos [10], [15], [18] e [28] apresentam os efeitos e implicações no aumento no número de ocorrências e de intensidade dos ciclones tropicais e furacões no mundo, em particular no oceano Atlântico e os impactos nas atividades humanas afetadas diretamente. Inclusive [15], demonstra através de dados históricos, a variação no preço internacional do petróleo em função dos efeitos das condições Metoc nas plataformas em alto mar.

Em trabalhos mais aplicados para as forças armadas [8], [19], [22] e [27] ou nas atividades marítimas em geral [7], [17] e [29] destacam os impactos das condições Metoc no mar e a relação com incidentes em que foram utilizados os serviços de SAR – busca e salvamento. [29] propõe um método de correlação dos valores limites das variáveis meteorológicas e oceanográficas com a ocorrência de incidentes marítimos no Atlântico Norte, utilizando modelagem numérica das condições Metoc e o histórico de eventos SAR

Guarda Costeira do Canadá. Os resultados indicam forte correlação entre incidentes SAR e valores elevados de intensidade do vento e altura das ondas.

Já [8] e [19], fazem um amplo estudo das atividades Metoc na Marinha Americana considerando a análise risco nas operações navais. Através de uma abordagem quantitativa, eles debatem o impacto na perda de vida humanas, nos prejuízos materiais e financeiros devido a variáveis Metoc. Na figura 1, é possível identificar diversos pontos no mundo, onde ocorreram eventos Metoc adversos, que provocaram prejuízos para a Marinha Americana. É conveniente destacar, que muito destes locais, são áreas onde ocorrem diversas comissões da Esquadra Brasileira, como a região do Caribe, sul da América do Sul e mais recentemente, o Mar Mediterrâneo.

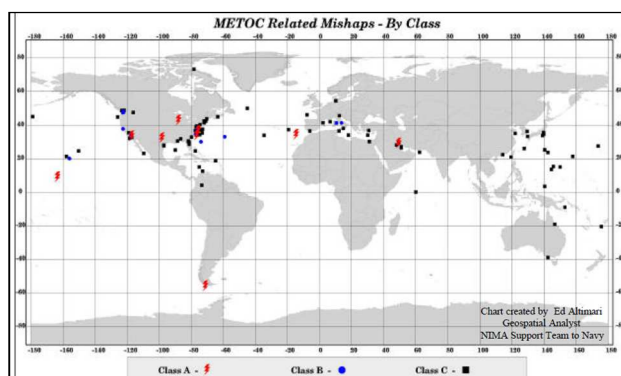


Figura 1: Localização dos pontos onde ocorrem fenômenos Metoc adversos para a Marinha Americana (fonte: [19])

Outro grande impacto nas atividades marítimas discutido por [17], são as colisões ou o encalhamento de navios, onde as variáveis Metoc, principalmente, visibilidade foram preponderantes. Atualmente, a maioria dos modelos para analisar o risco de colisão de navios, considera as condições atmosféricas como fator de influencia.

2.4. Análise e gestão de risco

O conceito de risco está intuitivamente ligado aos resultados incertos de eventos futuros. Não há incerteza no passado, apenas uma variabilidade dos resultados históricos. Logo, o “risco” é a quantificação da incerteza e dos impactos dos eventos futuros nos resultados desejados. A principal diferença entre a concepção intuitiva de riscos e seu tratamento formal é o uso de análises qualitativas e quantitativas para definir a exposição às perdas em sua extensão e potencial de ocorrência [9].

[12] e [13] define risco como a probabilidade e magnitude de uma perda, desastre ou evento indesejado. Apresenta ainda, que o gerenciamento de riscos consiste na identificação, análise e priorização dos riscos (através dos impactos), seguidas da aplicação de recursos para minimizar, controlar e monitorar a probabilidade na ocorrência de eventos indesejados. [25] destaca que uma vez identificado o risco, para a gestão, deve ser estabelecido um plano para minimiza-lo, seja através da comunicação ou de um plano preventivo ou de resposta. Portanto, a gestão do risco é a arte de identificar causas, incertezas e impactos sobre os resultados desejados, de maneira que seja possível controlar a exposição ao risco.

No caso das comissões da Esquadra Brasileira, uma vez identificados todos os riscos operacionais associados das condições Metoc, a importância da qualidade da previsão de tempo é diretamente proporcional aos impactos na operação naval em execução. Uma previsão incorreta pode acarretar sérios prejuízos em operações consideradas críticas, de alto impacto, podendo causar perdas de vidas humanas e/ou de bens materiais. Para avaliar esta relação, foi elaborada uma classificação simplificada (em 3 níveis) das operações navais e os respectivos índice de acerto mínimos (aceitáveis) para a previsão Metoc, apresentada na tabela 2.

Tabela 2: Classificação do tipo de operação militar com os respectivos índices mínimos de acerto da previsão Metoc.

Classificação da operação naval	Índices mínimos aceitáveis da previsão (%)
Rotina	até 90
Atenção	entre 90 até 97
Crítica	acima de 97

Por exemplo, o índice de acerto na previsão de visibilidade tem alto impacto nas operações aéreas (crítica), mas um baixo impacto durante a navegação do navio (rotina). Na literatura, alguns autores denominam este tipo de risco, de Risco Meteorológico ou *Weather Risk* [7]. No caso aplicado à atividade militar naval, é chamado de Risco Metoc ou *Metoc Risk* [19], [26] e [27]. Deste modo, foi elaborada a Matriz de Classificação de Risco Metoc (tabela 3), onde é possível avaliar o grau de impacto das variáveis Metoc nas comissões da Esquadra, através da classificação da operação naval em atividade e os respectivos índices de acerto da previsão Metoc.

Tabela 3: Matriz de Classificação de Risco Metoc nas operações navais.

Classificação da operação naval	Índice de acerto		
	Correta	Aceitável	Incorreta
Rotina	Baixo	Baixo	Moderado
Atenção	Baixo	Moderado	Alto
Crítica	Moderado	Alto	Alto

Em termos de gestão do Risco Metoc, [19] e [26] apresentam 5 passos considerados fundamentais, que devem ser recomendados para compreender os impactos das variáveis Metoc nas operações navais:

- I. identificar o risco (perigo relacionado as condições Metoc)
- II. avaliar o risco (medir os impactos nas operações navais)
- III. decidir ações para a mitigação do risco
- IV. implementar as ações de mitigação ou procedimentos de redução do risco
- V. acompanhar as ações de redução do risco.

A identificação do risco consiste em descrever os resultados em termos de causa → risco → consequência/ impacto. De maneira simplificada, podemos ter: causa = previsão de chuva forte; risco = pode ser correta, aceitável ou incorreta; e consequência/ impacto = se incorreta, cancelamento da missão ou ocorrência de acidentes.

A avaliação do risco pode ser feita de maneira qualitativa ou quantitativa. Análise qualitativa empregam escalas subjetivas quanto à probabilidade de ocorrência do risco e quanto ao seu impacto, sendo possível planejar respostas para os riscos. Já a análise quantitativa, utiliza informações para estimar numericamente a probabilidade e os impactos dos riscos. Esta abordagem permite não apenas quantificar os riscos, mas também realizar simulações de resultados e de análise de sensibilidade. Como exemplo da abordagem quantitativa, [7] e [18], aplicam a Simulação Monte Carlo em avaliações sobre a trajetória de tempestades e efeitos da ressaca na costa dos EUA, com o uso de dados históricos.

Neste trabalho, a partir dos índices de acerto da previsão, foi realizada uma distribuição contínua de probabilidades Beta, representada pela equação 1 [1].

$$f(x, \alpha, \beta) = \frac{x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}}{\int_0^1 u^{\alpha-1}(1-u)^{\beta-1} du} \quad (1)$$

Para o caso particular de modelagem de eventos cujos resultados estão contidos em um intervalo definido por valor mínimo e máximo, a distribuição Beta pode ser simplificada. Portanto, foi utilizada a abordagem PERT – *Program Evaluation Review and Technique*, onde a porcentagem de acerto das previsões Metoc pode ser representada por uma estimativa de três pontos [16], considerado cenários: P = pessimista; M = provável/ média; e O = otimista. Neste caso, a distribuição Beta, possui média e desvio padrão dados pelas equações 2 e 3, respectivamente.

$$\mu(X) = \frac{P+4M+O}{6} \quad (2)$$

$$\sigma(X) = \frac{O-P}{6} \quad (3)$$

Portanto, com os índices de acerto da previsão Metoc da comissão ALFA (tabela 1), foram elaborados 3 cenários, definindo assim os três pontos necessários para a abordagem PERT.

Tabela 4: Possíveis cenários dos índices de acerto para uma previsão remota e presencial.

Cenários	Previsão remota (em %)	Previsão presencial (em %)
Otimista (O)	81 (correta + aceitável)	97 (correta + aceitável)
Provável (M)	67 (correta)	92 (correta)
Pessimista (P)	34 (correta – [aceitável + incorreta])	84 (correta – [aceitável + incorreta])

Com a distribuição Beta, uma vez estabelecidos os valores para os três cenários, a média e o desvio padrão, foram realizadas duas simulações de eventos utilizando Monte Carlo, com uma curva normal. A primeira com os valores da previsão remota e a segunda para a previsão presencial. Neste trabalho, as simulações foram com 1.000 iterações, isto é, como se ocorresse 1.000 comissões da Esquadra com valores do índice de acerto da previsão Metoc determinado pela tabela 4.

3. RESULTADOS

Para a simulação da previsão remota, assumindo os valores do índice de acerto com a classificação pessimista, provável e otimista (tabela 4), foram obtidas as curvas de densidade de probabilidade e de probabilidade cumulativa ascendente (figura 2).

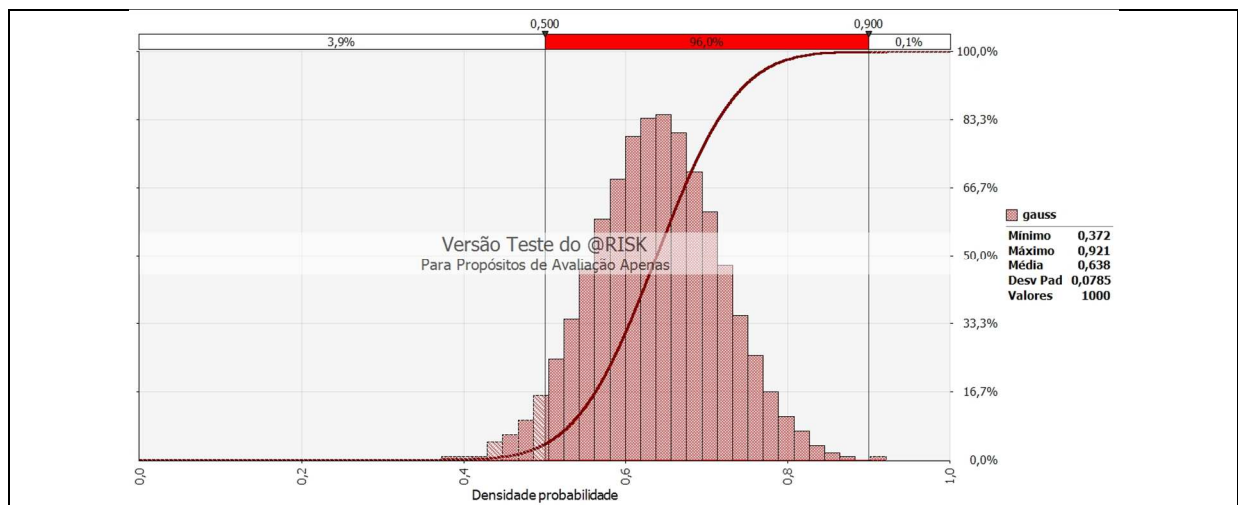


Figura 2: Simulação com as curvas densidade probabilidade e probabilidade cumulativa ascendente para a previsão remota.

Através das classificações dos tipos das operações militares (tabela 2) e dos impactos (tabela 3), para a previsão remota, é possível observar que a maior parte dos eventos ficou entre 50% e 90% no índice de acerto da previsão, que atende as demandas operações com baixo impacto, ou operações navais de rotina. No caso de evento de impacto moderado, onde os índices de acerto da previsão de todas as variáveis Metoc deveriam estar entre 90% e 97%, o valor ficou extremamente baixo ($< 0,1\%$), portanto com uma alta incerteza na informação. No caso de atividade críticas, de alto impacto das variáveis Metoc, onde a incerteza da previsão precisa ser a menor possível (acerto $> 97\%$), o índice foi 0%, isto é, em nenhum dos eventos simulados, o conjunto da previsão Metoc obteve um índice de acerto maior do que 97%.

Para a simulação da previsão presencial, também assumindo as mesmas classificações (tabelas 2 e 3), foram obtidas as curvas de densidade de probabilidade e de probabilidade cumulada ascendente, apresentado na figura 3.

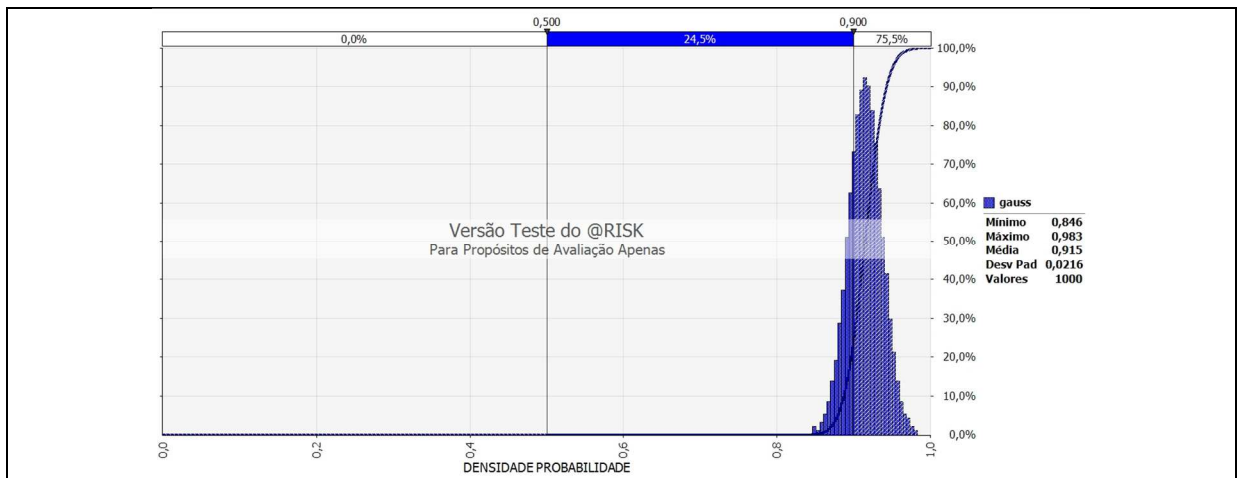


Figura 3: Simulação com as curvas densidade probabilidade e probabilidade cumulada ascendente para a previsão presencial.

Na simulação para a previsão presencial, houve uma melhora significativa nos índices. A maior parte dos eventos ficou acima de 90% no índice de acerto, que atende plenamente as demandas das operações de rotina e de atenção (impacto baixo e moderado, respectivamente). Já no caso das operações de alto impacto (operações críticas), a incerteza ficou alta, onde apenas 0,6% dos eventos tiveram a previsão do conjunto das variáveis Metoc acima de 97%. Na figura 4, é possível observar com maiores detalhes a curva da probabilidade cumulada ascendente para a previsão presencial.

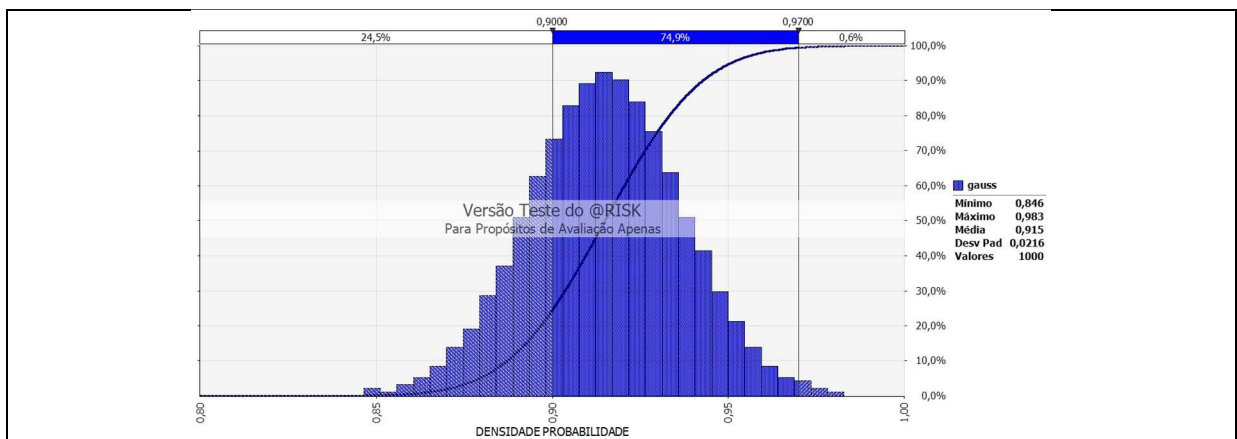


Figura 4: Simulação com a curva mais detalhada da probabilidade cumulada ascendente para a previsão presencial.

4. DISCUSSÃO

Durante a comissão ALFA, para a previsão remota, o índice de acerto é considerado relativamente baixo, com apenas 67% de “correto”. Inicialmente, é possível identificar que existe uma deficiência dos modelos atmosféricos e oceânicos em prever eventos em escala local. Isso indica que ainda é necessário fazer ajustes nas parametrizações dos modelos utilizados no SMM, principalmente no limiar da interação oceano-atmosfera. Outro diagnóstico, esta em aprimorar os modelos numéricos de previsão Metoc (atmosféricos e oceânicos) para um refinamento na escala espacial (regional ou local) sobre os oceanos e também reduzir a escala temporal (inferior a 3 horas), possibilitando uma melhor visualização de todas as variáveis previstas. É conveniente mencionar também, que no caso do SMM, a ausência quase total de observações em tempo real nos oceanos, em particular no Atlântico Sul e a baixa troca de dados e informações (contínua e permanente) entre os oficiais-meteorologistas e os meios navais durante as comissões, também são fatores que contribuem para a incerteza da previsão Metoc.

Como análise preliminar dos riscos associados às condições Metoc, foi assumido neste trabalho, que os resultados de uma única comissão (a ALFA), seriam semelhantes em outras comissões da Esquadra Brasileira. Deste modo, foi possível fazer uma simulação da incerteza e dos impactos nas operações, caso ocorressem vários eventos. Como discutido anteriormente, a índice de acerto ou a incerteza de uma previsão Metoc tem uma variação em função de diversos fatores. Outra característica relevante para a previsão aplicada a Esquadra, esta no fato do meio naval se mover constantemente, isto é, além do deslocamento temporal (em horas), ainda existe um deslocamento espacial contínuo (centenas de milhas/ dia). Acertar a previsão de todas as variáveis meteorológicas e oceanográficas nas comissões em águas exteriores (oceano), conforme preconizado pela norma da DHN, Navemarist nº 10-11 [3], é um desafio, principalmente por que algumas variáveis são complexas, como a precipitação, que tem alta variabilidade no espaço, na duração e também de intensidade. Além disso, requer um aperfeiçoamento contínuo, tanto de pessoal, quanto dos recursos disponíveis.

Os resultados das simulações (remota e presencial) indicam uma alta incerteza da previsão Metoc para as operações navais críticas (índice de acerto acima de 97%). Entretanto, este indicador precisa ser mais bem analisado, pois o erro na previsão de apenas uma variável Metoc (umidade, por exemplo), pode não comprometer uma operação crítica, mas afeta no índice total da previsão. Importante mencionar, que nos índices analisados para a comissão ALFA, era necessário que todas as variáveis previstas (6 meteorológicas e 2 oceanográficas) estivessem nos níveis de “correta” para que a previsão total fosse considerada correta. Se alguma variável estivesse no nível “aceitável” ou “incorreta”, o conjunto da previsão não poderia ser considerada “correta”, reduzindo respectivamente o índice global utilizado neste trabalho.

Na comparação entre as duas simulações, os resultados indicam que a previsão presencial, do oficial-meteorologista, com o suporte de informações remotas provenientes do SMM, tem uma melhora significativa nos índices de acerto da previsão das variáveis Metoc. Apesar disso, nas operações em que a informação Metoc tem alto impacto, como exemplo, o voo noturno de helicópteros com visibilidade “muito restrita” (com a presença de chuva forte ou nevoeiro), a incerteza da previsão ainda pode ser considerada alta. Nesta situação, muitas vezes, durante as operações críticas, o oficial-meteorologista precisa manter os usuários constantemente atualizados da previsão, através de um *briefing* personalizado para a realização das atividades. Este tipo de previsão é comumente chamada de previsão de curto prazo ou *nowcasting*. Neste ponto, a restrição de comunicação entre o navio e o SMM (voz e dados), durante da comissão ALFA e a ausência de instrumentação específica no navio, como exemplo, um sistema de recepção de imagens de satélite de alta definição, não possibilita um maior entendimento entre a situação meteorológica observada e os produtos gerados pelo SMM, prejudicando o ajuste da PME e conseqüentemente reduzindo o índice de acerto.

5. CONCLUSÕES

O presente artigo avaliou as incertezas da previsão Metoc, presencial e remota e os respectivos impactos na gestão de risco nas operações navais. Neste contexto, é possível debater qual o limite em substituir uma previsão presencial, por uma previsão remota. Com o advento de novas tecnologias de telecomunicação, de observação da Terra e da atmosfera e principalmente, através da modelagem numérica de tempo, esta substituição é possível. Entretanto, do ponto de vista da gestão de risco nas operações navais, a presença do oficial-meteorologista a bordo, seja na comissão ALFA ou através das simulações realizadas com os valores da previsão presencial, se demonstrou essencial para o aumento nos índices de acerto da previsão Metoc. Desta forma, houve a respectiva redução dos riscos, seja na segurança da navegação ou no êxito de todas as operações. Este fato é relevante principalmente nas atividades onde as variáveis Metoc tem um impacto moderado e alto, sendo necessário um índice de acerto acima de 90%. Vale ressaltar, que a presença do oficial-meteorologista a bordo do navio e a interação com os demais militares, como pilotos das aeronaves ou com Chefe de Operações, tem uma função importante, para compreender como são os impactos nas diversas ações planejadas. Além disso, a troca de informações, permitiu uma avaliação dos fatores limitantes das operações e de entender como a informação Metoc é utilizada pelo usuário final.

Mesmo com aplicações de novas ferramentas na meteorologia moderna, o Brasil, em particular a MB tem um problema crônico de falta de recursos financeiros. Adquirir, manter e modernizar constantemente todas as ações relacionadas a meteorologia marítima tem um custo altíssimo. Por exemplo, o investimento financeiro para a aquisição e manutenção de uma rede densa de boias meteo-oceanográficas no Atlântico Sul ou de um parque computacional de alto desempenho para o processamento dos modelos numéricos de previsão de tempo, é da ordem de milhões de dólares por ano. Considerando que esta não é a atividade fim da MB, ter a disposição os recursos financeiro e pessoal necessário para fazer a previsão Metoc com um alto grau de acerto, é uma tarefa hercúlea.

Apesar de haver condições tecnológicas para melhorar a qualidade da previsão Metoc, não é possível eliminar os riscos nas operações militares navais. Mesmo com restrições orçamentárias para a MB, a correta gestão do Risco Metoc permite reduzir a incerteza e o impacto negativo nas operações, mas para isso, é necessário que os riscos de cada operação naval sejam mensurados adequadamente, com o objetivo de melhorar o conhecimento dos efeitos das condições Metoc e auxiliar o processo de tomada de decisão.

Como consideração final, segundo [27], é exatamente a variabilidade da informação Metoc e toda a incerteza associada nas operações militares, que deveria fazer com que as Forças Armadas investissem para melhorar a previsão Metoc. Neste sentido, compete a MB, decidir quais serão as ações de gestão do risco Metoc, seja, por exemplo, através da ampliação das parcerias com outras organizações nacionais (militares e civis), na ampliação do quadro de oficiais-meteorologistas e/ou com investimentos substanciais para o suporte das atividades de meteorologia marítima no Brasil.

6. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES

Com objetivo de minimizar o risco nas operações navais devido as condições Metoc e aperfeiçoar as atividades entre o SMM, os oficiais-meteorologistas e os usuários nas diversas unidades operativas da MB, em particular com a Esquadra Brasileira, seguem algumas sugestões baseadas no desenvolvimento deste trabalho:

- Sempre que possível, manter um oficial-meteorologista a bordo nas comissões ou identificar ao longo do ano, quais são as comissões prioritárias ou onde ocorrerão operações críticas, de alto risco (exemplo: comissões para região do Caribe durante o período de furacão ou do NAe São Paulo).

- Antecipar o destaque do oficial-meteorologista em um primeiro período (de 5 dias, por exemplo) algumas semanas antes do início da comissão com o objetivo de: auxiliar na fase de planejamento com as informações disponíveis no Boletim Climatológico; possibilitar um maior conhecimento da programação de eventos planejados, adequando os produtos numéricos e de auxílio à decisão para a operação; melhorar a interação com os demais oficiais envolvidos na comissão, para identificar demandas específicas na previsão Metoc.
- Conforme indicado pela Navemarinst nº 10-10 [2], realizar as observações meteorológicas (MSG SHIP) durante toda a comissão, no mínimo de 4 observações por dia e repassa-las, com a maior brevidade possível para o SMM.
- Avaliar, dentro das características brasileiras, o modelo de operação adotado pela Marinha Americana, com a integração do organismo central, isto é, o órgão responsável pela agregação dos dados Metoc e também pela modelagem numérica, com diversos escritórios regionais [27]. No caso particular dos Estados Unidos, isso é natural, já que eles possuem meios navais espalhados ao redor do mundo. Se aplicarmos no Brasil, seria o equivalente a ter oficiais-meteorologistas em todos os Distritos ou Bases Navais, repassando previsões regionalizadas para os diversos órgãos da MB, mas sempre orientados pelo órgão central, o SMM. É conveniente destacar, que este modelo, de manter um escritório central e vários escritórios regionais, é atualmente utilizado pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, já que o Brasil possui características meteorológicas bem distintas ao longo do território.
- Estabelecer um Grupo de Trabalho entre oficiais-meteorologistas do CHM e oficiais do ComemCh – Comando da Esquadra, com diferentes especializações e experiência específica (submarinista, aviador, Chefe de operações dos navios de escolta e de apoio), a fim de revisar todas as variáveis Metoc limitantes e estabelecer o Risco Metoc para as diferentes exercícios operativos da ForSup – Força de Superfície, da ForS – Força de Submarinos e da ForAerNav – Força Aeronaval. Deste modo, será possível o SMM desenvolver produtos de modelagem numéricos específicos a fim de minimizar o risco associado às atividades Metoc, adequar os oficiais-meteorologistas nas características específicas (presencial e remotamente) de cada comissão e ampliar procedimentos de auxílio à decisão para atender as demandas das unidades operativas durante as comissões da Esquadra.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o apoio do CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, através da Bolsa de Doutorado, processo nº 142212/2011-3 ao primeiro autor.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANDERSON, D.R.; SWEENEY, D. J.; WILLIAMS, T.A. **Statistics for Business and Economics**. 10.ed. New York: South-Western College Pub, 2008. p.1018
- [2] BRASIL. Comando da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação. **Navemarinst nº10-10**. Niterói: DHN, 2002a. 10p.
- [3] BRASIL. Comando da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação. **Navemarinst nº10-11**. Niterói: DHN, 2002b. 20p.
- [4] BRASIL. Comando da Marinha. **Doutrina Básica da Marinha EMA-305**. 1ª revisão. EMA: RJ, 2004. 53p.
- [5] BRASIL. Comando da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação. **Normas da autoridade marítima para as atividades de meteorologia marítima (edição 2011)**. Niterói: DHN, 2011. 19p. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/dhn/dhn/downloads/normam/normam19.zip>>. Acesso em: 30 abr 2012.

- [6] BRASIL. Comando da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação. **Histórico da DHN [1823-1914]**. Rio de Janeiro: DHN, 2012. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/dhn/dhn/hist1823.html>>. Acesso em: 30 abr 2012.
- [7] BOWERS, J. A.; MOULD, G. I. Weather Risk in Offshore Projects. **J Oper Res Soc**, v.45, n.4, p.409-418, 1994. doi: 10.1057/jors.1994.59
- [8] CANTU, R. A. **Hie Role of Weather In Class A Naval Aviation Mishaps FY90-98**. Mar 2001, 103p. Master's Thesis – Naval Postgraduate School, Monterey, 2001.
- [9] CROUHY, M.; GALAI, D.; MARK, R. **The Essentials of Risk Management**. 1.ed. New York: McGraw Hill, 2005. p.416
- [10] GOLDENBERG, S. B.; et al. The recent increase in Atlantic hurricane activity: causes and implications. **Science**, v.293, n.5529, p.474-479, 2001. doi: 10.1126/science.1060040
- [11] HERTZFELD, H. R.; WILLIAMSON, R. A.; SEN, A. Weather satellites and the economic value of forecasts. **54th International Astronautical Conference**. Anais... Bremen: IAC, 2003, 12p. Disponível em: <<http://www.gwu.edu/~spi/assets/docs/Weather.pdf>>. Acesso em: 30 abr 2012.
- [12] HUBBARD, D.W. **The Failure of Risk Management: Why It's Broken and How to Fix It**. 1.ed. New York: Wiley, 2009. p.304
- [13] HUBBARD, D.W. **How to Measure Anything**. 2.ed. New York: Wiley, 2010. p.320
- [14] KALNAY, E. **Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability**. 1.ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. p.364
- [15] KAISER, M. J. The impact of extreme weather on offshore production in the Gulf of Mexico. **Appl Math Model**, v.32, n.10, p.1996-2018, 2008. doi: 10.1016/j.apm.2007.06.031
- [16] KERZNER, H. **Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling**. 10.ed. New York: Wiley, 2009. p.1120
- [17] LI, S.; MENG, Q.; QU, X. An Overview of Maritime Waterway Quantitative Risk Assessment Models. **Risk Anal**, v.32, n.3, p.496-512, 2012. doi: 10.1111/j.1539-6924.2011.01697.x
- [18] LIN, N.; EMANUEL, K. A.; SMITH, J. A.; VANMARCKE, E. Risk assessment of hurricane storm surge for New York City. **J Geophys Res**, v.115, n.D18121, p.1-11, 2010. doi: 10.1029/2009JD013630
- [19] MARTIN, B. S. **Metoc and Naval Afloat Operations: Risk Management, Safety & Readiness**. Dec 2002, 96p. Master's Thesis – Naval Postgraduate School, Monterey, 2002.
- [20] MOURA, A. D. Von Neumann e a previsão numérica de tempo e clima. **Estudos Avançados**, v.10, n.26, p.227-236, 1996. doi: 10.1590/S0103-40141996000100021
- [21] PAIVA, N. S.; SILVA, S. R. S. DA; SILVA, F. B. Comparação entre os dados de pressão atmosférica e temperatura do ar do BNDO/CHM e das reanálises-2/NCEP para a área marítima costeira do Brasil. **XIV Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha**. Anais... Rio de Janeiro: CASNAV, 2011, 10p. Disponível em: <<https://www.casnav.mar.mil.br/versoes/2011/artigos/88440.pdf>>. Acesso em: 30 abr 2012.
- [22] SALIBA, P. **Exploiting the weather gap: Meteorology and naval operations in the 20th Century**. May, 2002, 101p. Master's Thesis – Dartmouth College, Hanover, 2002.
- [23] SILVA, J. F. **El Niño: Fenômeno climático do século**. 1.ed. Brasília: Thesaurus, 2005. 147p.
- [24] SOUZA, E.D.; et al. O sistema de avaliação da previsão de tempo da Weather Services Internacional - WSI. **XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Anais... Rio de Janeiro: SBMET, 2000, 4p. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-81fc4232cde48346625a4bf4a33cc48a.pdf>>. Acesso em: 24 fev 2012.
- [25] SLOVIC, P. Perception of Risk. **Science**, v.236, n.4799, p.280-285, 1987. doi: 10.1126/science.3563507
- [26] USA. Department of the Navy. **OPNAV Instruction 3500.39B – Operational Risk Management**. Washington, DC, 2000. Disponível em: <[http://www.public.navy.mil/navsafecen/Documents/video/orp/pdf/USN_ORM_Instruction_\(OPNAV_3500_39B\).pdf](http://www.public.navy.mil/navsafecen/Documents/video/orp/pdf/USN_ORM_Instruction_(OPNAV_3500_39B).pdf)>. Acesso em: 30 abr 2012.
- [27] USA. Committee on Environmental Information for Naval Use. **Environmental Information for Naval Warfare**. 1st Edition. Washington, DC: National Academy of Sciences, 2003. 218p.
- [28] WEBSTER, P. J.; et al. Changes in Tropical Cyclone Number, Duration and Intensity in a Warming Environment. **Science**, v.309, n.5742, p.1844-1846, 2005. doi: 10.1126/science.1116448
- [29] WU, Y.; PELOT, R.; HILLIARD, C. The Effect of Weather Factors on the Severity of Fishing Boat Accidents in Atlantic Canada. **Risk Management**, v.7, n.3, p.21-40, 2005.