

**IMPACTO OPERACIONAL DO SISTEMA ELETRO-ÓPTICO NAS MISSÕES
DA AVIAÇÃO DE PATRULHA REALIZADAS NO PERÍODO NOTURNO
PELA AERONAVE P-95M**

TÍTULO DO ARTIGO

MAJ AV ALEXANDRE TADEU FERREIRA DA SILVA

AUTOR

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	3
2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA ELETRO-ÓPTICO	4
2.1 Conceituação	4
2.2 Princípios de funcionamento	5
2.3 Características de desempenho.....	7
3 REFERENCIAL TEÓRICO	8
4 METODOLOGIA	9
5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	10
5.1 Apresentação dos dados	10
5.2 Análise dos dados.....	11
6 CONCLUSÃO	16
7 REFERÊNCIAS	17

1 INTRODUÇÃO

A recente descoberta das reservas do Pré-Sal e a proteção dos recursos existentes na “Amazônia Azul”, aliadas à projeção internacional do Brasil nos últimos anos, provocaram uma nova postura do país quanto à necessidade de garantir que esses recursos sejam adequadamente explorados e protegidos contra possíveis ações danosas ao patrimônio nacional.

Com o advento de novas tecnologias incorporadas à Força Aérea Brasileira para o patrulhamento ostensivo das Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), como a recente aquisição da aeronave P-3AM e seus diversos sensores, e a modernização da aeronave P-95B, os quais recolocam a FAB à vanguarda do Teatro de Operações Marítimo no Atlântico Sul, faz-se mister adequar-se cada vez mais os meios humanos e materiais aos avanços já verificados no cenário atual.

A modernização das aeronaves P-95B, já em curso, deverá permitir executar as missões que já são executadas nos dias de hoje, porém com menor carga de trabalho por parte dos pilotos. A ausência até então, no processo de modernização, de um sensor eletro-óptico é uma restrição que limita o emprego noturno de todas as missões atribuídas às Unidades Aéreas que operarão os P-95 modernizados.

O sensor eletro-óptico é um *scanner* de espectro múltiplo capaz de adquirir imagens desde o espectro visível até o infravermelho. É inteiramente passivo de energia, recebendo-a de forma emitida ou refletida pelo próprio alvo. A energia utilizada é produzida naturalmente, pois, de fato, qualquer material cuja temperatura seja maior que zero absoluto emite radiação. Este dispositivo converte, então, a energia radiante coletada em sinal elétrico, o qual será transformado em imagem para o operador em cena.

Dado o exposto, a utilização deste sensor é imprescindível nas missões realizadas pelos Esquadrões de Patrulha, pois aumentará a probabilidade de detecção e de identificação de alvos e, principalmente, possibilitará a realização de missões noturnas sob quaisquer condições de cenário, já que os registros termais fornecem vários dados importantes sobre as plataformas, tais como a existência de carga a bordo, leitura do nome e porto de registro da embarcação, possíveis vazamentos de combustível em Águas Jurisdicionais Brasileiras, etc.

Cabe ainda salientar que a empresa encarregada do processo de modernização dos P-95B, já disponibilizará nessas aeronaves, as modificações físicas necessárias à instalação de um sistema eletro-óptico. Dessa forma, torna-se também oportuna e viável a aquisição em pauta, visto que o impacto da instalação desse sistema nas aeronaves modernizadas deverá ser bastante reduzido.

Para que se possa esclarecer e justificar a necessidade operacional de aquisição de um sistema eletro-óptico para a aeronave P-95B modernizada, esta pesquisa pautar-se-á no seguinte problema: Qual o impacto operacional causado pela instalação de um sistema eletro-óptico na aeronave P-95M, para a realização das missões da Aviação de Patrulha no período noturno?

Com o intuito de responder à inquietação supracitada, formulou-se o seguinte objetivo geral: analisar o impacto operacional causado pela instalação de um sistema eletro-óptico na aeronave P-95M, para a realização das missões da Aviação de Patrulha no período noturno.

Em seguida, serão observadas as seguintes questões norteadoras:

QN1: Qual a importância do emprego de tais dispositivos nas missões Aviação de Patrulha no período noturno, na visão dos operadores, os quais já empregam a referida tecnologia?

QN2: Quais os efeitos da utilização do dispositivo eletro-óptico na capacidade operacional do P-95M em realizar tais missões?

QN3: Quais são as características mandatórias e desejáveis de um dispositivo eletro-óptico a bordo do P-95M, para que este possa cumprir as missões Aviação de Patrulha no período noturno, na visão dos operadores?

Para que as questões levantadas sejam respondidas, faz-se necessária a consecução dos seguintes objetivos específicos:

OE1: Avaliar a importância do emprego de tais dispositivos nas missões Aviação de Patrulha no período noturno, na visão dos operadores, os quais já empregam a referida tecnologia.

OE2: Analisar os efeitos da utilização do dispositivo eletro-óptico na capacidade operacional do P-95M em realizar tais missões.

OE3: Descrever as características mandatórias e desejáveis do dispositivo eletro-óptico a bordo do P-95M, para que este possa cumprir as missões da Aviação de Patrulha no período noturno, na visão dos operadores.

2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA ELETRO-ÓPTICO

Para que se possa compreender a importância do emprego noturno do sensor eletro-óptico nas missões da Aviação de Patrulha, evidenciada na contextualização, é necessária a apresentação de conceitos, princípios de funcionamento, e características de desempenho desse equipamento.

2.1 Conceituação

O sensor eletro-óptico é um *scanner* de espectro múltiplo capaz de adquirir imagens desde o espectro visível até o infravermelho. Os principais sensores, para uso militar, dividem-se em imageadores termais (*Forward Looking Infrared – FLIR*), e intensificadores de imagem (*Low Light Level Television – LLLTV*). Pode-se dizer que tanto o imageador termal quanto o intensificador de imagem servem para o reconhecimento e a identificação de alvos. Estes equipamentos podem, inclusive, auxiliar sobremaneira nas missões de busca e salvamento, em períodos de paz ou guerra. (BRASIL, 2007)

Os imageadores termais não necessitam de iluminação externa e detectam a radiação infravermelha dos corpos, de forma a contrastá-los. Os dispositivos mais avançados operam com um arranjo de sensores muito sensíveis, refrigerados criogenicamente, de modo a possibilitar a criação de um contraste térmico, ainda que esses objetos emitam pouquíssima quantidade de calor. Caso não houvesse tal refrigeração, esses dispositivos emitiriam radiação e gerariam ruídos para si mesmos. O processador de imagem digital, desses imageadores, permite a correção automática de distorções oriundas dos fenômenos atmosféricos e outras interferências, para obtenção de imagens de grande nitidez e qualidade. Em geral, são equipamentos mais pesados e complexos que os intensificadores de imagem.

Já estes amplificadores de imagem, como são denominados similarmente, captam a luz e amplificam-na, de forma a apresentar a cena ao operador. Entretanto, não operam na ausência total de luminosidade e necessitam de um mínimo de luz ambiente. Se comparados aos sensores de imageamento termal ou infravermelho, são mais leves, simples, e não necessitam de sistemas de refrigeração.

Embora um sensor de radar seja eficaz, particularmente nas suas formas avançadas, ele tem uma fundamental deficiência, uma vez que exige que o transmissor

ilumine o alvo com energia. Ao fazê-lo, ele identifica-se e mostra a sua localização, sem falar na sua vulnerabilidade às Medidas de Ataque Eletrônico (MAE)¹, ou simplesmente, em despistar. Os sensores eletro-ópticos, por outro lado, não possuem essas deficiências, já que são inteiramente passivos de energia, recebendo energia emitida ou refletida do próprio alvo. A energia utilizada é produzida naturalmente, pois, de fato, qualquer material cuja temperatura seja maior que zero absoluto (-273° C ou 0 K) emite radiação. Estes dispositivos convertem, então, a energia radiante coletada em sinal elétrico. (PAES, 2006)

Sobre o mar tem-se a vantagem da constância tonal das águas. Respostas termais diferentes do oceano são facilmente perceptíveis e o registro de imagens termais pode fornecer vários dados importantes sobre as plataformas, tais como a existência de carga a bordo, leitura do nome e porto de registro da embarcação, possíveis vazamentos de combustível em Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), etc. (Figura 1)



Figura 1: Registro termal de uma embarcação.

Fonte: <http://sistemasdearmas.com.br/ca/p29.html>.

2.2 Princípios de funcionamento

Os princípios de funcionamento dos imageadores termais ou FLIR serão especificados nesta seção, já que não necessitam de iluminação externa, e, portanto, são essenciais para as Missões da Aviação de Patrulha no período noturno.

Segundo Acetta e Shumaker (1993, tradução nossa), essencialmente a geração de imagens FLIR ocorre em duas etapas. Primeiro, o espectro infravermelho é adequadamente focalizado e, em seguida, convertido em luz visível. Esta luz é, posteriormente, usada para transmitir a imagem para um sistema de TV devidamente adaptado.

A razão pela qual o infravermelho é usado para detecção de alvos é a sua associação intrínseca com o calor - como os objetos aquecem, suas moléculas vibram mais rapidamente, como elas vibram, os campos elétricos associados (em um nível atômico) vibram e, portanto, emitem, em variadas formas, fótons de radiação de baixa energia. Estes fótons são a luz infravermelha, e todos os objetos em temperaturas razoáveis podem irradiá-la. Por conseguinte, é possível usar esta luz para a detecção e imagem. Além disso, a luz solar tem um grande componente infravermelho e, também, aquecem os objetos, forçando-os a irradiar.

¹ Envolve as ações para impedir ou reduzir o uso efetivo do espectro eletromagnético do inimigo, bem como destruir, neutralizar ou degradar sua capacidade de combate, usando energia eletromagnética ou armamento que empregue a emissão do alvo para o seu guiamento.

O efeito, além de tudo, é que toda uma paisagem, incluindo alvos, irradiam energia infravermelha, e como não há dois objectos, os quais terão a mesma temperatura, cada um irradiará quantidades variadas. O FLIR pode, então, ser utilizado durante a operação diurna ou noturna, com a única diferença de o operador ter a necessidade de fixar diferentes níveis de contraste no seu ecrã. Outro trunfo do infravermelho é sua capacidade de se propagar através de neblina, fumaça e algumas formas de precipitação de água que obstruem a luz visível (sistemas FLIR operam na banda de 10 μm , utilizando a janela de 8 a 14 μm , cuja radiação de corpo negro² abrangente está associada a centenas de temperaturas Kelvin).

Um sistema FLIR (Figura 2), inicialmente, filtra a luz visível e infravermelha indesejada com uma janela especial (geralmente um filtro de interferência, portanto, a imagem produzida é equivalente àquela que poderia ser vista em um espelho). O espectro infravermelho “puro”, em seguida, entra na lente óptica, que proporciona ângulos de visão específicos (geralmente NFOV e WFOV³) para sistemas específicos, as lentes ópticas são, geralmente, mudadas mecanicamente.

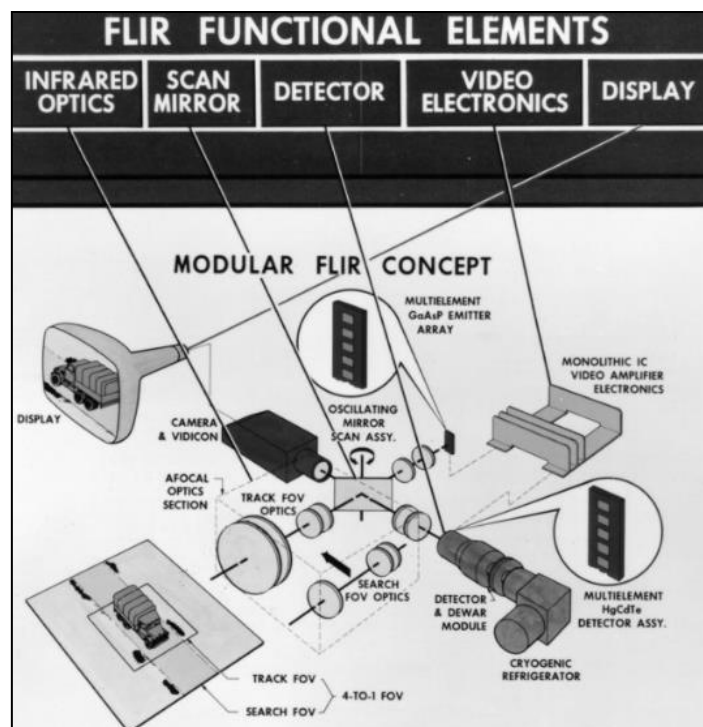


Figura 2: Elementos Funcionais do Sistema FLIR.
Fonte: Acetta e Shumaker (1993).

A imagem focalizada, em seguida, cai sobre um espelho rotativo ou oscilante, o qual, em conjunto com a lente óptica, incide uma estreita fatia vertical da imagem, sobre um arranjo vertical de elementos detectores de infravermelho. Estes elementos detectores são pequenos pedaços de telureto de mercúrio e cádmio, um semi-condutor que é muito sensível à banda de 10 μm . Pela mesma razão que HgCdTe é sensível a infravermelho, é, também, sensível à temperatura e, por conseguinte, deve ser

² O corpo negro é, por conseguinte, um emissor e absorvedor ideal de radiação em todas as temperaturas e para qualquer comprimento de onda. Além de agir como um modelo ideal para formulações matemáticas, o corpo negro é hoje o padrão com o qual comparamos os materiais reais. (BRASIL, 2007)

³ Campos de visão estreito e alargado (*Narrow Field of View* e *Wide Field of View*).

arrefecido, para que as vibrações térmicas no material não saturam os efeitos da radiação detectada.

Por estas razões, o arranjo detector está contido num módulo de Dewar com um refrigerador criogénico, o qual mantém uma temperatura constante de 77 K (ou -200° C). O infravermelho impingido sobre o arranjo de elementos detectores gera um sinal eléctrico, o qual é alimentado para um arranjo de LED's na faixa do visível geometricamente idênticos, o que, portanto, emite uma estreita fatia de uma imagem visível correspondente em brilho para a fatia da imagem infravermelha detectada.

Esta é, então, refletida para o outro lado do espelho em um tubo vidicon⁴, que gera uma imagem de TV para o telespectador. A elegância do sistema reside na sincronização inerentemente simples e precisa das varreduras do espectro infravermelho e visível usando ambos os lados do espelho de digitalização. A linha de varredura do vidicon é então acoplada à rotação do espelho, assim, apenas a linha de varredura é iluminada pela fatia da cena.

2.3 Características de desempenho

Mais do que meramente apresentar conceitos e princípios de funcionamento acerca do sistema eletro-óptico, é primordial descrever as características desejáveis e mandatórias⁵, para que se possa assessorar os decisores no processo de seleção e aquisição, já que a modernização do P-95B disponibilizará nessa aeronave, as modificações físicas⁶ necessárias à instalação de um sistema eletro-óptico. Dessa forma, torna-se também oportuna a aquisição em pauta, visto que o impacto da instalação desse sistema nas aeronaves modernizadas será bastante reduzido.

O sistema eletro-óptico ou OIS⁷ (Figura 3) deverá possuir as seguintes características mandatórias:

- Gerar imagens na faixa da luz visível e do termal (IR), com zoom contínuo, para busca, identificação e acompanhamento de alvos típicos como navios militares, pesqueiros, botes de sobrevivência e homem ao mar;
- Determinar azimute, dimensão aproximada e velocidade dos alvos;
- Possuir teleobjetiva colorida (zoom contínuo na faixa do visível);
- Proporcionar a identificação positiva de um navio militar (tipo Navio de Patrulha Costeira, por exemplo) a uma distância de 25 NM ou mais.
- Possuir capacidade de acompanhamento automático de alvos;
- Ser completamente funcional em todo o envelope de voo da aeronave;
- Ser integrado ao radar para o apontamento automático da torreta para alvos designados pelo radar;
- Ter interface com o radar embarcado, a fim de acompanhar alvos, enviar e receber imagens captadas para análise e informações de posição de alvos;
- Ter a capacidade de gravação digital, em mídia removível, de todos os vídeos e imagens, bem como das análises feitas na console e as identificações positivas obtidas, para análise posterior no solo para, no mínimo, 5 dias de operação fora de sede e esforço diário de 12 horas (60 horas totais de gravação, no mínimo). Toda gravação de

⁴ Um tubo de câmara de televisão pequena que forma uma imagem de densidade de carga sobre uma superfície fotocondutoras para verificação subsequente de feixe de elétrons.

⁵ Essas informações foram extraídas do Pedido de Necessidade Operacional (PNOP) elaborado pela Subseção de Guerra Eletrônica do 3º/7º GAV no ano de 2012, em fase de aprovação pela Segunda Força Aérea.

⁶ "Provision for".

⁷ *Optical and Infrared System* – Sistema Óptico e Infravermelho.

dados deverá conter a informação de tempo presente (data/ hora) e de posição presente da aeronave, no momento da coleta da imagem ou vídeo, em latitude e longitude, com a maior precisão fornecida pelo GPS integrado aos aviônicos;

- Ser compatível com o sistema de alimentação elétrica da aeronave, com o objetivo de reduzir os riscos de oscilação de energia e aumentar a qualidade de operação do equipamento; e

- Não deverá interferir em nenhum sistema já instalado, ou com instalação prevista, para as aeronaves modernizadas.

É desejável que possua:

- Designador laser para medição da distância diagonal entre a aeronave e os alvos; e

- Sensor termal (IR), de 3ª Geração ou superior, o qual deverá operar em faixa de comprimentos de onda adequada à operação em climas tropicais e equatoriais.

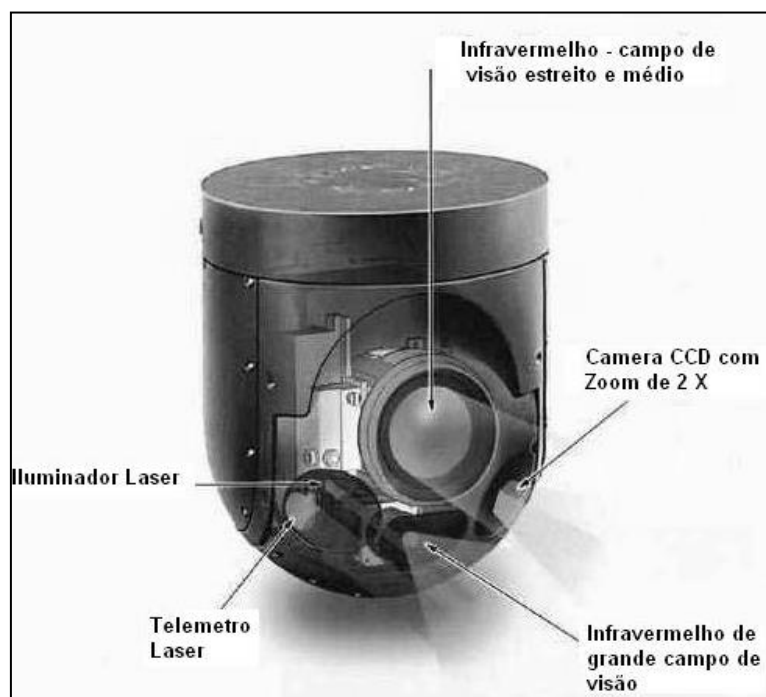


Figura 3: Sistema OIS (STAR SIFARE II).

Fonte: <http://sistemasdearmas.com.br/ca/p29.html>.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A pesquisa pauta-se nos princípios basilares da Guerra Eletrônica e da Teoria da Decisão.

As bases conceituais do sistema eletro-óptico são abordadas no volume 5 “Passive Electro-Optical Systems” da obra clássica “The Infra-Red and Electro-Optical Systems Handbook” de Acetta e Shumaker (1993), bem como, na Apostila de Guerra Eletrônica “Eletro-óptica: Infravermelho”, do Curso Operacional de Guerra Eletrônica (COGE-OF), ministrado pelo Grupo de Instrução Técnica e Especializada (GITE) (2007). As características desejáveis e mandatórias foram extraídas do Pedido de Necessidade Operacional (PNOP), elaborado pela Subseção de Guerra Eletrônica do 3º/7º GAV no ano de 2012, em fase de aprovação pela Segunda Força Aérea.

A análise do impacto operacional será realizada à luz da Teoria da Decisão e dos Métodos Multicritérios. Na obra “Teoria da Decisão”, Gomes (2007) corrobora que

esta Teoria é “o estudo dos paradigmas subjacentes à decisão e seus fundamentos analíticos”. Afirma ainda que decisão “é o processo que leva – direta ou indiretamente – à escolha de, ao menos, uma dentre diferentes alternativas, todas estas candidatas a resolver determinado problema”. O Método Multicritério a ser utilizado é o Método AHP (Processo de Análise Hierárquica), criado pelo professor Thomas L. Saaty em meados da década de 70, o qual faz uma comparação aos pares entre os vários elementos da hierarquia, utilizando-se uma escala (Escala de Saaty), que relaciona a força com que um fator domina o outro, conferindo ao processo precisão e simplicidade para a obtenção de pesos ou valores necessários a uma ordenação. (LINCOLN, 2009)

A força deste método reside em sua capacidade de estruturar hierarquicamente um problema complexo, multipessoal e multiatributo e, então, investigar cada nível da hierarquia separadamente, combinando os resultados à medida que a análise progride (SHTUB, BARD e GLOBERSON, 2005, apud LINCOLN, 2009).

Segundo Costa (2006), na obra intitulada “Auxílio multicritério à decisão: método AHP”, na construção e utilização de um modelo de estabelecimento de prioridades fundamentado no uso de AHP, as seguintes etapas são desenvolvidas: construção de hierarquia, aquisição de dados ou coleta de julgamentos de valor emitidos por especialistas, síntese dos dados obtidos dos julgamentos, e análise da consistência do julgamento.

A coleta de julgamentos de valor emitidos por especialistas, uma das etapas do Método AHP será realizada por meio de questionários enviados aos Coordenadores Táticos, os quais são as populações-alvo desta pesquisa. Estes questionários (Apêndices A e B), por sua vez, foram elaborados com base na Escala de Likert, e consistem de um conjunto de assertivas, em relação a cada uma das quais se pede ao respondente para manifestar o seu grau de concordância desde o “discordo plenamente”, até o “concordo plenamente”. (CUNHA, 2007)

Na obra original “A simple and reliable method of scoring the Thurstone attitude scales”, de 1934, Likert afirmou:

“[...] É apresentado um método simples de atribuir scores em Escalas de Atitude de Thurstone, que não envolve o uso de um grupo de juízes e ainda se baseia em várias amostras para ser consistentemente mais fidedigno do que o método original. [...]” (LIKERT; ROSLOW; MURPHY, 1993 apud CUNHA, 2007)

A seguir, será apresentada a metodologia, com base nas premissas do referencial teórico.

4 METODOLOGIA

O método de abordagem utilizado nesta pesquisa é o dedutivo, pois, segundo Lakatos e Marconi (2009), “[...] as premissas verdadeiras levam inevitavelmente à conclusão verdadeira [...]”. Portanto, a escolha do método é justificada, pois a elaboração do estudo foi realizada a partir da premissa que o sistema eletro-óptico aumenta a probabilidade de detecção e de identificação de alvos, para que se possam obter conclusões acerca do impacto operacional causado pela instalação deste sistema no P-95M nas missões da Aviação de Patrulha realizadas no período noturno.

Em relação ao objetivo geral, esta pesquisa pode ser classificada como descritiva, pois segundo Gil (2002) “[...] As pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis. [...]”. Dessa forma, este estudo tem

como escopo a descrição das características e os princípios de funcionamento do sistema eletro-óptico, que propiciam o cumprimento das missões no período noturno.

Quanto aos procedimentos técnicos de coleta de dados, o Objetivo Específico OE-1 será alcançado utilizando-se a observação direta extensiva, conforme classificado por Lakatos e Marconi (2009), por meio de questionários eletrônicos enviados aos Coordenadores Táticos (população-alvo) da Aviação de Patrulha, os quais foram delimitados em duas amostras, respectivamente, os Coordenadores Táticos do 1º/7º GAV, e os Coordenadores Táticos do 2º/7º GAV e 3º/7º GAV.

De posse da coleta de dados realizada a partir das assertivas, baseadas no escalonamento de Likert, as quais relacionam as capacidades das aeronaves P-95B e P-3AM às principais missões realizadas atualmente pelas Unidades Aéreas de Patrulha, será utilizado o método comparativo à luz da Teoria da Decisão e do Método Multicritério AHP, para alcançar o Objetivo Específico OE-2. Segundo Lakatos e Marconi (2009), este método comparativo “[...] realiza comparações, com a finalidade de verificar similitudes e explicar divergências. [...]”. A análise do impacto operacional do emprego noturno será realizada pela comparação entre a aeronave P-95B, a qual não possui um sensor eletro-óptico, e a aeronave modernizada P-95M, já com o referido sensor. A simulação da capacidade operacional do P-95M, com instalação do sistema eletro-óptico, só foi possível graças a coleta de dados realizada a partir da amostra do 1º/7º GAV. Esta Unidade Aérea opera o P-3AM, que possui a capacidade de empregar um dispositivo com características semelhantes ao proposto neste estudo, para equipar o P-95M futuramente.

Finalmente, para alcançar o Objetivo Específico OE-3, serão realizadas pesquisa bibliográfica a partir de obras consagradas da Guerra Eletrônica, como livros e apostilas, e pesquisa documental baseada no Pedido de Necessidade Operacional, elaborado pela Subseção de Guerra Eletrônica do 3º/7º GAV. Conforme Gil (2002):

“[...] A pesquisa documental assemelha-se muito à pesquisa bibliográfica. A diferença essencial entre ambas está na natureza das fontes. Enquanto a pesquisa bibliográfica se utiliza fundamentalmente das contribuições dos diversos autores sobre determinado assunto, a pesquisa documental vale-se de materiais que não recebem ainda um tratamento analítico, ou que podem ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa. [...]” (GIL, 2002)

A seguir, serão apresentadas a análise e a discussão dos resultados.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

5.1 Apresentação dos dados

Os dados necessários foram coletados através de questionários eletrônicos enviados por e-mail, via intraer, às duas amostras desta pesquisa, respectivamente, os Coordenadores Táticos do 1º/7º GAV, e os do 2º/7º GAV e 3º/7º GAV, de forma congênere. Segundo Silva *et al* (1997) “[...] o questionário eletrônico é aquele que utiliza meio eletrônico para sua aplicação [...]”, e possui vantagens tais como agilidade na aplicação, no controle e *follow-up*⁸ das respostas, e agilidade na tabulação dos resultados. (EVANS; MATHUR, 2005)

O índice ou taxa de retorno foi satisfatório, visto que, em média, os questionários expedidos pelo pesquisador alcançam 25% de devolução, segundo Marconi e Lakatos (2009). Para as amostras supracitadas, as taxas de retorno foram,

⁸ Buscar uma resposta para algo que foi solicitado.

respectivamente, de 57,14% e 38,89%, considerando o número total de Coordenadores Táticos de cada Quadro de Tripulantes (QT).

Os questionários foram elaborados através de uma pergunta fechada ou dicotômica, cuja finalidade era delimitar o universo da amostragem nas Unidades Aéreas, e doze perguntas com base no escalonamento de Likert, diante de uma assertiva, sobre a capacidade das aeronaves P-95B e P-3AM em cumprir determinadas missões da Aviação de Patrulha. As questões foram similares para ambas as aeronaves.

Nas assertivas foram adotados quatro critérios ou missões (Patrulha Marítima, Controle Aéreo Avançado, Busca e Resgate e Reconhecimento Eletrônico), e três subcritérios (Diurno VFR⁹, Diurno IFR¹⁰ e Noturno sob quaisquer condições), nas quais o respondente assinalava somente uma alternativa, com base na sua percepção e experiência. Cada alternativa, por sua vez, recebeu uma valoração mínima de 1 e máxima de 5, desde o “discordo plenamente” até o “concordo plenamente”. A mensuração de cada questão foi obtida através da média aritmética dos questionários respondidos para cada amostra, de acordo com a fórmula $X = \sum X_i / n$, onde X_i é o valor do conjunto, e o n é o número de valores.

Deste modo, quanto mais a média aritmética X aproximar-se do valor máximo 5, mais as aeronaves serão capazes de cumprir determinada missão. Em contrapartida, quanto menor essa média aritmética, menos serão capazes de satisfazer tal critério (Quadro 1).

Quadro 1: Compilação dos Questionários.

Critérios											
Patrulha Marítima			Controle Aéreo Avançado			Busca e Resgate			Reconhecimento Eletrônico		
Subcritérios											
Diurno VFR	Diurno IFR	Noturno	Diurno VFR	Diurno IFR	Noturno	Diurno VFR	Diurno IFR	Noturno	Diurno VFR	Diurno IFR	Noturno
$X = \sum X_i / n$											
2º/7º GAV e 3º/7º GAV (P-95B)											
4,86	3,00	1,86	4,71	2,14	1,57	4,86	1,57	1,14	4,86	4,28	3,71
1º/7º GAV (P-3AM)											
5,00	4,25	3,50	5,00	4,75	4,25	5,00	3,75	2,75	5,00	5,00	4,75

Fonte: Autor (2013).

5.2 Análise dos dados

Para a construção da Estrutura Hierárquica (Figura 4), segundo o Método AHP proposto por Saaty, para a análise do impacto operacional, consideram-se os seguintes critérios: Patrulha Marítima, Controle Aéreo Avançado, Busca e Resgate, e Reconhecimento Eletrônico. Apenas o subcritério Noturno será utilizado, visto que é o objetivo deste estudo, e teve as maiores diferenças entre as médias obtidas.

Em face da complexidade imposta pela existência de múltiplos critérios envolvidos no processo decisório, o Método AHP apresentou o maior destaque na literatura encontrada, entre os métodos multicritérios, sendo abordado com maiores detalhes. (LINCOLN, 2009) Deste modo, justifica-se a análise do impacto operacional à luz do Método AHP.

⁹ Voo efetuado de acordo com as regras de voo visual.

¹⁰ Voo efetuado de acordo com as regras de voo por instrumento.

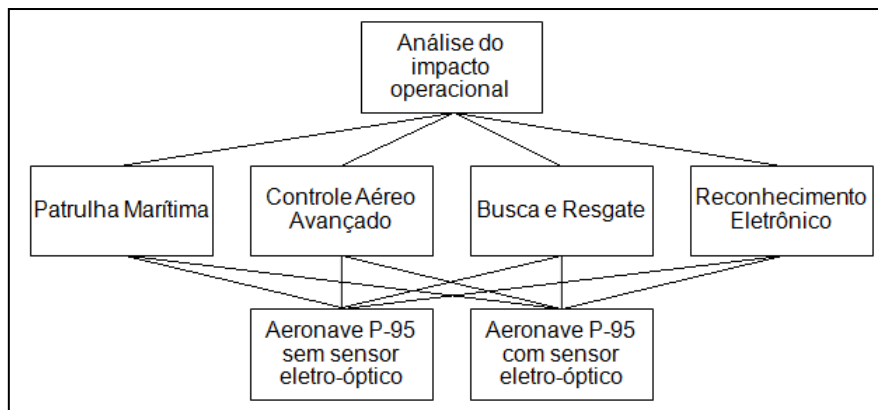


Figura 4: Estrutura Hierárquica com três níveis.

Fonte: Autor (2013).

Para a comparação aos pares entre os critérios, será utilizada uma correlação entre as respostas obtidas na compilação dos questionários, e a escala proposta por Saaty (Tabela 1). Desconsideram-se os valores intermediários “2, 4, 6 e 8” e o valor sem relação “0”, para o propósito da pesquisa.

Tabela 1: Escala Fundamental de Saaty.

VALOR	DESCRIÇÃO	OBSERVAÇÃO
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o juízo favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o juízo favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é favorecida de maneira muito forte em relação à outra e esta dominância pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.
2,4,6,8	Valores intermediários	Condição de compromisso entre duas definições.
0	Sem relação	O fator não contribui para o objetivo.

Fonte: Gomes, Araya, Carignano, 2004 apud Lincoln, 2009.

Como se vê no Quadro 1, a diferença entre as médias aritméticas de um determinado critério ou missão, ao se comparar as duas amostras, pode ser definida como a maior ou menor capacidade de uma aeronave realizar tal missão, caso esta tenha o sistema eletro-óptico ou não. Deste modo, tão logo essa diferença se aproxime a 4,00, maior será a capacidade de uma em relação à outra, pois a maior média pode ser 5,00, e a menor, 1,00. Por exemplo, ao se realizar a comparação entre a aeronave P-95 com sistema eletro-óptico, e a aeronave P-95 sem sistema eletro-óptico à luz do critério Patrulha Marítima, obtém-se a diferença de 1,64 (3,50 – 1,86). Considera-se apenas o subcritério Noturno, conforme mencionado anteriormente. Ao se efetuar a correlação com a Escala de Saaty, utilizando-se para isto a Tabela 2, verifica-se que a diferença de 1,64 está contida no intervalo entre 2,39 e 1,60, e corresponde, portanto à valoração 5 da referida Escala. Destarte, a aeronave P-95 com sistema eletro-óptico, tem uma

“importância grande ou essencial” em relação à aeronave P-95 sem sistema eletro-óptico, à luz do critério Patrulha Marítima.

Tabela 2: Correlação entre a compilação dos questionários (Quadro 1) e a Escala Fundamental de Saaty (Tabela 1).

Diferença entre as médias aritméticas	Valoração da Escala de Saaty
Entre 4,00 e 3,20	9
Entre 3,19 e 2,40	7
Entre 2,39 e 1,60	5
Entre 1,59 e 0,80	3
Entre 0,79 e 0	1

Fonte: Autor (2013).

De forma análoga, este raciocínio é feito para as demais comparações entre as aeronaves à luz dos quatro critérios apresentados. De acordo com o impacto operacional causado pela instalação de um sistema eletro-óptico, obtém-se a seguinte ordenação de forma decrescente: Controle Aéreo Avançado, Patrulha Marítima, Busca e Resgate, e Reconhecimento Eletrônico. Ou seja, a missão de Controle Aéreo Avançado sofreu um maior impacto do que a missão de Patrulha Marítima no período noturno, e assim, sucessivamente.

Desta ordenação, obtém-se a comparação aos pares entre os critérios ou missões, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Comparação aos pares entre os critérios ou missões.

Análise do Impacto Operacional	Patrulha Marítima	Controle Aéreo Avançado	Busca e Resgate	Reconhecimento Eletrônico
Patrulha Marítima	1/1	1/3	1/1	3/1
Controle Aéreo Avançado	3/1	1/1	3/1	5/1
Busca e Resgate	1/1	1/3	1/1	3/1
Reconhecimento Eletrônico	1/3	1/5	1/3	1/1

Fonte: Autor (2013).

O que permite escrever a matriz de decisão:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0,33 & 1 & 3 \\ 3 & 1 & 3 & 5 \\ 1 & 0,33 & 1 & 3 \\ 0,33 & 0,2 & 0,33 & 1 \end{bmatrix}$$

Aplicando-se a equação $A\bar{w} = \lambda_{\max}\bar{w}$ com o auxílio do software *Mathcad*[®], que possui funções específicas para o cálculo de autovalores e autovetores de uma dada matriz, através da função $\lambda := \text{eigenvals}(A)$, tem-se quatro autovalores:

$$\lambda = \begin{bmatrix} 4,035 \\ 0 \\ -0,017 + 0,425i \\ -0,017 - 0,425i \end{bmatrix}$$

Assim, tem-se que $\lambda_{\max} = 4,035$, valor a ser utilizado na função $w := \text{eigenvec}(A, 4,035)$, a qual fornece o seguinte autovetor:

$$\bar{w} = \begin{bmatrix} -0,333 \\ -0,873 \\ -0,333 \\ -0,130 \end{bmatrix} \text{ que, uma vez normalizado, é igual a } \begin{bmatrix} 0,196 \\ 0,523 \\ 0,196 \\ 0,078 \end{bmatrix}$$

Portanto, tem-se que o peso associado ao critério Controle Aéreo Avançado é de 0,523, classificando-o como a missão que teve o maior impacto devido à instalação do sistema eletro-óptico na aeronave P-95, seguido pelos critérios Patrulha Marítima e Busca e Resgate com o mesmo peso (0,196), e por fim, o Reconhecimento Eletrônico (0,078).

Segundo Shtub, Bard e Globerson (2005) apud Lincoln (2009), o “Índice de Consistência” (*CI*) permite avaliar a qualidade da matriz *A*. Saaty obteve, através de simulações, a seguinte tabela de valores para comparação com o índice *CI*.

Tabela 4: Índices para comparação com *CI*.

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>RI</i>	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Shtub, Bard e Globerson (2005) apud Lincoln (2009).

Para a verificação de consistência empregam-se as seguintes equações:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{4,035 - 4}{4 - 1} = \frac{0,035}{3} = 0,012$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,012}{0,9} = 0,013$$

O valor 0,013 indica que a confiança no resultado pode ser considerada ideal, já que é obtida para valores de *CR* menores que 0,1.

O próximo passo refere-se à comparação aos pares entre as aeronaves, dentro de cada critério.

Tabela 5: Comparação aos pares (Critério 1).

Patrulha Marítima	Aeronave P-95 sem sensor eletro-óptico	Aeronave P-95 com sensor eletro-óptico
Aeronave P-95 sem sensor eletro-óptico	1/1	1/5
Aeronave P-95 com sensor eletro-óptico	5/1	1/1

Fonte: Autor (2013).

Tabela 6: Comparação aos pares (Critério 2).

Controle Aéreo Avançado	Aeronave P-95 sem sensor eletro-óptico	Aeronave P-95 com sensor eletro-óptico
Aeronave P-95 sem sensor eletro-óptico	1/1	1/7
Aeronave P-95 com sensor eletro-óptico	7/1	1/1

Fonte: Autor (2013).

Tabela 7: Comparação aos pares (Critério 3).

Busca e Resgate	Aeronave P-95 sem sensor eletro-óptico	Aeronave P-95 com sensor eletro-óptico
Aeronave P-95 sem sensor eletro-óptico	1/1	1/5
Aeronave P-95 com sensor eletro-óptico	5/1	1/1

Fonte: Autor (2013).**Tabela 8: Comparação aos pares (Critério 4).**

Reconhecimento Eletrônico	Aeronave P-95 sem sensor eletro-óptico	Aeronave P-95 com sensor eletro-óptico
Aeronave P-95 sem sensor eletro-óptico	1/1	1/3
Aeronave P-95 com sensor eletro-óptico	3/1	1/1

Fonte: Autor (2013).

As matrizes obtidas para cada critério são designadas, respectivamente por C_1 , C_2 , C_3 e C_4 . São elas:

$$C_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0,2 \\ 5 & 1 \end{bmatrix}, C_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0,14 \\ 7 & 1 \end{bmatrix}, C_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0,2 \\ 5 & 1 \end{bmatrix} \text{ e } C_4 = \begin{bmatrix} 1 & 0,33 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}$$

Assim, calculou-se os autovalores máximos e os autovetores:

$$\lambda_{\max C_1} = 2, \lambda_{\max C_2} = 1,99, \lambda_{\max C_3} = 2 \text{ e } \lambda_{\max C_4} = 1,995$$

$$\vec{w}_{C_1} = \begin{bmatrix} 0,196 \\ 0,981 \end{bmatrix}, \vec{w}_{C_2} = \begin{bmatrix} -0,14 \\ -0,99 \end{bmatrix}, \vec{w}_{C_3} = \begin{bmatrix} 0,196 \\ 0,981 \end{bmatrix} \text{ e } \vec{w}_{C_4} = \begin{bmatrix} -0,315 \\ -0,949 \end{bmatrix}$$

Após a normalização destes, tem-se que:

$$\vec{w}_{C_1} = \begin{bmatrix} 0,167 \\ 0,833 \end{bmatrix}, \vec{w}_{C_2} = \begin{bmatrix} 0,124 \\ 0,876 \end{bmatrix}, \vec{w}_{C_3} = \begin{bmatrix} 0,167 \\ 0,833 \end{bmatrix} \text{ e } \vec{w}_{C_4} = \begin{bmatrix} 0,249 \\ 0,751 \end{bmatrix}$$

Os valores normalizados dos pesos obtidos para os critérios e das comparações das aeronaves em cada critério podem, então, ser lançados na Tabela 9, onde a coluna M se refere aos valores obtidos nos autovetores normalizados dos critérios (\vec{w}_{C_1} , \vec{w}_{C_2} , \vec{w}_{C_3} e \vec{w}_{C_4}), e P se refere ao peso de cada critério obtido no cálculo do autovetor normalizado \vec{w} .

Para chegar aos valores para a ordenação final faz-se o somatório dos produtos (M x P) de cada aeronave, para, então, obter a média aritmética da aeronave (Tabela 9).

Tabela 9: Obtenção da ordenação.

Aeronave	C1		C2		C3		C4		Prioridade	
	M	P	M	P	M	P	M	P	$\sum_{C=1}^4 (P \cdot M) / 4$	Ordenação
Sem sensor eletro-óptico	0,167	0,196	0,124	0,523	0,167	0,196	0,249	0,078	0,037	2°
Com sensor eletro-óptico	0,833	0,196	0,876	0,523	0,833	0,196	0,751	0,078	0,211	1°

Fonte: Autor (2013).

Os valores de CR serão desconsiderados para os autovalores $\lambda_{\max C_1}$, $\lambda_{\max C_2}$, $\lambda_{\max C_3}$ e $\lambda_{\max C_4}$, pois estes foram calculados a partir de matrizes de ordem 2 ($n=2$), e verificando-se a Tabela 4, o RI será 0,00 para $n=2$. Portanto, o conjunto-solução será inexistente.

De posse da análise de dados realizada nesta seção, constata-se, portanto, o ganho operacional causado pela instalação de um sensor eletro-óptico na aeronave P-95M para a realização das missões da Aviação de Patrulha no período noturno, consoante com a ordenação da Tabela 9. No julgamento realizado pelos operadores, esses ganhos serão mais acentuados nas missões de Controle Aéreo Avançado. Já nas missões de Patrulha Marítima e Busca e Resgate, o impactos serão similares, porém bem mais salientes, caso não houvesse a instalação de tal equipamento. Por fim, a missão de Reconhecimento Eletrônico não será afetada.

6 CONCLUSÃO

A modernização das aeronaves P-95B, já em curso, deverá permitir executar as missões que já são executadas nos dias de hoje, porém com menor carga de trabalho por parte dos pilotos. A ausência até então, no processo de modernização, de um sensor eletro-óptico é uma restrição que limita o emprego noturno de todas as missões atribuídas às Unidades Aéreas que operarão os P-95 modernizados.

Com base nesta premissa, este estudo apresentou resultados que justificam e viabilizam a necessidade operacional da aquisição de um sensor para a aeronave P-95B modernizada, a fim de torná-la plenamente capaz de executar, de maneira mais eficiente e segura, as missões atribuídas a ela. Resultados, estes, baseados no questionamento inicial: Qual o impacto operacional causado pela instalação de um sistema eletro-óptico na aeronave P-95M, para a realização das missões da Aviação de Patrulha no período noturno?

Foram coletados dados através de questionários, acerca das capacidades atuais das aeronaves de Patrulha, em cumprir determinadas missões nas mais diversas condições meteorológicas e de luminosidade, para atender ao Objetivo Específico OE-1. Os dados extraídos foram analisados sob a égide da Teoria da Decisão e do Método Multicritério AHP, e os resultados apresentados corroboraram a ideia-núcleo do Objetivo Específico OE-2, quanto ao significativo ganho operacional da instalação do sensor, principalmente nas missões de Controle Aéreo Avançado, além do impacto consubstancial nas missões de Patrulha Marítima e Busca e Resgate.

Mais do que meramente apresentar resultados que justificam a aquisição, foi oportuno, também, descrever as características desejáveis e mandatórias, com vista a atender ao Objetivo Específico OE-3, e para que se possa assessorar os decisores no processo de seleção e aquisição, já que a modernização do P-95B disponibilizará nessa aeronave, as modificações físicas necessárias à instalação de um sistema eletro-óptico. Dessa forma, torna-se também viável a aquisição em pauta, visto que o impacto da instalação desse sistema nas aeronaves modernizadas será bastante reduzido.

A adoção da solução proposta aumentará significativamente a probabilidade de detecção e de localização de navios não cooperativos ou hostis, que estejam nas Águas Jurisdicionais Brasileiras, no período noturno. Além disso, permitirá a operação da aeronave fora do alcance de armamento antiaéreo das embarcações militares, no Teatro de Operações da América Latina. E, finalmente, elevará sobremaneira a probabilidade de localização do objetivo e de sobrevivência de eventuais naufragos à deriva.

7 REFERÊNCIAS

ACETTA, J. S.; SHUMAKER, D. L. **The Infra-Red and Electro-Optical Systems Handbook**. Michigan: SPIE/ ERIM, 1993.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Grupo de Instrução Tática e Especializada. Eletro-óptica: Infravermelho. **Apostila de Guerra Eletrônica**. Curso Operacional de Guerra Eletrônica. Parnamirim, RN, 2007.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Segunda Força Aérea. **Manual da Aviação de Patrulha**. MCA 55-2. Rio de Janeiro, RJ, 2000.

COSTA, H. G. **Auxílio multicritério à decisão: método AHP**. Rio de Janeiro: Abepro, 2006.

CUNHA, L. M. A. **Modelos Rasch e Escalas de Likert e Thurstone na Medição de Atitudes**. 2007. 78f. Dissertação (Mestrado em Probabilidades e Estatística) – Departamento de Estatística e Investigação Operacional, Universidade de Lisboa Faculdade de Ciências, Portugal, Lisboa, 2007.

EVANS, J. R.; MATHUR, A. The Value of Online Surveys. **Internet Research**, v. 15, n. 2, 2005, p. 195-219.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, L. F. A. M. **Teoria da Decisão**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2009.

LINCOLN, V. S. S. **Contribuições do Método AHP ao Processo de Priorização dos Projetos de Sistemas de Defesa no Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial**. 2009. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (CCEM)–Escola de Comando e Estado-Maior da Aeronáutica, Universidade da Força Aérea. Rio de Janeiro, 2009.

PAES, R. L. Sensores Eletro-ópticos e Reconhecimento Automático de Alvos: Utilização Estratégica. **Revista UNIFA**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 21, p. 66-74, dez. 2006.

SILVA, S. M. *et al.* **O Uso do Questionário Eletrônico na Pesquisa Acadêmica: Um Caso de Uso na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**. In: II Semead – Seminários em Administração do Programa de Pós-Graduação em Administração da FEA/USP, 1997. p. 408-421.