

INTERFACE GRÁFICA PARA TREINAMENTO DE OBSERVADORES DA AVIAÇÃO DE BUSCA E SALVAMENTO

GRAPHICAL INTERFACE FOR TRAINING OF SEARCH AND RESCUE AVIATION OBSERVERS

O 1º Sgt BMB Túlio Falconi da Gama Leite concluiu o CFS em 2000 e possui Mestrado Profissional em Matemática pela Universidade Federal de Santa Catarina (2017), Graduação em Licenciatura Matemática pela Universidade Federal de Santa Catarina (2013), e curso técnico em química pela Escola Técnica Federal de Química do Rio de Janeiro (1995). O militar foi tripulante do 2º/7º GAv no qual exerceu as funções operacionais de Instrutor de Observadores SAR e Instrutor de Operadores de Equipamentos Especiais 2.

Contato: falconitfgl@fab.mil.br



Leonardo Koller Sacht é professor Adjunto A do Departamento de Matemática da Universidade Federal de Santa Catarina. Ele recebeu o grau de bacharel em Matemática e Computação Científica em 2008 pela UFSC, e os graus de mestre e doutor em Matemática pelo IMPA em 2010 e 2014. Ele também passou um ano entre 2012 e 2013 como estudante visitante no ETH Zürich, na Suíça. Suas principais áreas de pesquisa são Processamento de Imagens, Processamento Geométrico e Análise Numérica.

Contato: leonardo.sacht@ufsc.br



RESUMO

Este artigo relata o desenvolvimento de uma interface gráfica que simula a movimentação da aeronave P-95 BM nas missões de busca marítima. Para ambientar o leitor, inicialmente informa-se a respeito da aeronave, da tripulação e do tipo de missão. Após, demonstra-se como, a partir da coleta de dados de voo, estabeleceu-se uma relação entre inclinações de curva e alterações na direção de avanço da aeronave, por meio do método matemático de aproximação por quadrados mínimos, da geometria plana e da trigonometria. Com o conhecimento dessa relação é possível embasar a programação desta nova ferramenta gráfica para treinamento das tripulações de busca.

Palavras-Chave: Busca Marítima, Observação de Busca e Salvamento, Busca Visual, Interface Gráfica.

ABSTRACT

This paper reports the development of a graphical interface that simulates the movement of the P-95 BM aircraft in the maritime search missions. To familiarize the reader, information about the aircraft, the crew and the type of mission are presented. After that, it is shown how, from data collected of flight, a relation between curve inclinations and changes in the direction of advance of the aircraft was established, by means of the mathematical method of least squares approximation, plane geometry and trigonometry. With the knowledge of this relation it is possible to base the programming of this new graphic tool for training the search crews.

Keywords: Maritime Search, Search and Rescue Observation, Visual Search, Graphical Interface.

I – INTRODUÇÃO

O Segundo Esquadrão do Sétimo Grupo de Aviação (2º/7º GAV), Patrulha Marítima da Força Aérea Brasileira, foi elevado no ano de 2005 à condição de meio primário de busca, ou seja, recebeu a responsabilidade pela execução de missões de busca marítima.

Desde então, os estudos e treinamentos foram intensos, visando adequação ao novo tipo de missão e constante elevação da capacidade operacional da unidade aérea, pois a urgência em encontrar vidas em perigo exige máximas presteza e eficiência.

As missões de busca marítima são desafiadoras, pois o ambiente marítimo oferece dificuldades como ausência de referências visuais, ondulações, correntes e curta expectativa de sobrevivida para os sobreviventes dos acidentes, os quais geralmente ocorrem em condições climáticas adversas.

Dentro do ideal de aperfeiçoamento, percebeu-se a oportunidade de estudar o movimento da aeronave P-95 BM. Ampliar a consciência situacional dos observadores é sempre um objetivo para que promovam uma melhor coordenação com os pilotos, a fim de elevar a precisão da pilotagem em torno de objetos de interesse na superfície do mar e favorecer a identificação destes últimos.

P-95 BM é a denominação militar do modelo EMB-111. Aeronave desenvolvida pela Empresa Brasileira de Aeronáutica (EMBRAER) para inicialmente executar missões de Patrulha Marítima na FAB. O P-95 BM, conhecido como “Bandeirulha” (bandeirante de patrulha), tem autonomia de aproximadamente sete horas de voo e possui, entre outros equipamentos, horizontes artificiais e janelas de observação conforme se apresenta na Fig. 1.

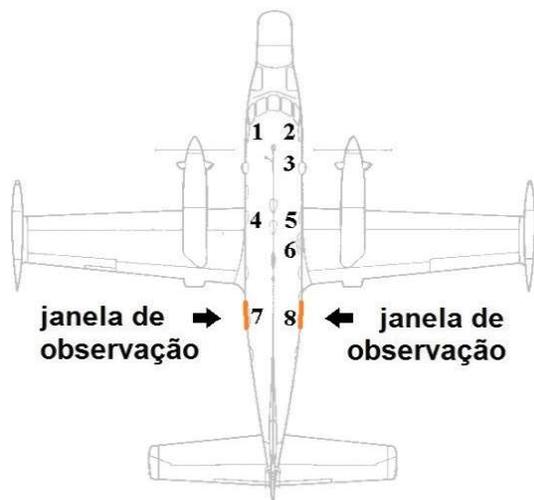


Figura 1 - Posição da tripulação no P-95 BM, adaptado de [1].

Para o cumprimento das missões de busca marítima, a aeronave P-95 BM é guarnecida com os

seguintes tripulantes:

1. Piloto: responsável pela condução da aeronave;
2. Copiloto: auxilia o piloto na condução da aeronave;
3. Mecânico de Voo: prepara a aeronave e monitora o comportamento da mesma durante a missão a fim de manter o voo seguro;
4. Coordenador Tático: coordena a missão, operando o radar e executando a comunicação com os órgãos de apoio à missão de busca (Salvaero, Marinha do Brasil, outras aeronaves ou embarcações);
- 5, 6, 7 e 8. Observadores: observam a superfície do mar a fim de visualizar o objetivo da busca. Sentados em posição perpendicular ao sentido de voo da aeronave, em frente às janelas de observação, um observa para a direita (8), outro para a esquerda (7) e dois descansam (5 e 6). As duplas se alternam para evitar a fadiga.

II – EXECUÇÃO DA MISSÃO DE BUSCA MARÍTIMA

Cada Esquadrão de busca da FAB conta com uma tripulação de sobreaviso, que se encontra constantemente pronta para uma eventual necessidade. Por ocasião de acidente no ambiente marítimo, a aeronave de busca marítima decolará o mais rápido possível, a fim de cobrir a área de interesse, na qual procurará sobreviventes que se encontrem desaparecidos.

Os alvos das missões de busca marítima costumam ser embarcações, aeronaves, botes de sobrevivência e pessoas flutuando. No sobrevoo da área de busca, ao visualizar algum objeto relevante na superfície do mar, o observador solicita mudanças na direção de avanço da aeronave ao piloto, iniciando assim a vetorização.

Durante a vetorização, o observador orienta o piloto, por meio da solicitação de curvas, a fim de conduzir e manter a aeronave em posição relativa ao objeto que permita uma melhor visualização deste e favoreça a sua identificação como um possível objetivo da missão [2].

O observador pode solicitar curvas para seu respectivo lado de observação, e ainda solicitar aumento, manutenção ou diminuição destas razões de curvas, as quais são realizadas pelo piloto, por meio de alterações da inclinação da aeronave em torno de seu eixo longitudinal.

Entre os instrumentos que monitoram o comportamento da aeronave, os pilotos contam com o horizonte artificial, que oferece as seguintes leituras de inclinações da aeronave em torno de seu eixo longitudinal: 10°, 20°, 30° e 45° tanto para a direita como para a esquerda.

III – COLETA DE DADOS

Realizou-se um voo experimental no qual o piloto manteve inclinações constantes da aeronave em torno de seu eixo longitudinal. Em teoria, essa ação de pilotagem faria com que a aeronave realizasse trajetórias com aspecto similar a circunferências, conforme Figs. 2 e 3.

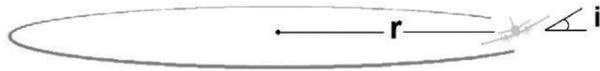


Figura 2 – P-95 BM em curva de inclinação constante.

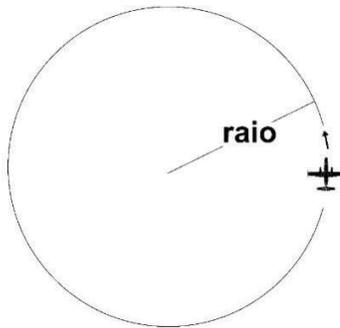


Figura 3 – P-95 BM em curva de inclinação constante com raio da trajetória.

Foram realizadas curvas pela direita e pela esquerda para as inclinações de 10°, 20°, 30° e 45°. A trajetória foi registrada por aparelho navegador do sistema de posicionamento global (GPS), conforme Fig. 4.

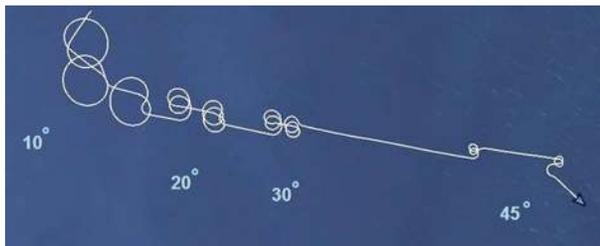


Figura 4 – Trajetória experimental para a coleta de dados [Google Earth].

Na prática, por ação do vento as trajetórias registradas apresentaram o aspecto de espirais, conforme Fig. 4. Assumiu-se que o diâmetro da trajetória teórica, ou seja, da circunferência esperada como resultado de uma inclinação constante é igual à largura da espiral obtida, conforme Fig. 5.



Figura 5 – Trajetória teórica versus trajetória experimental.

Mediram-se as larguras das espirais resultantes de curvas para direita e esquerda em cada inclinação, realizaram-se as médias aritméticas e encontraram-se os valores expressos na Tabela 1 e Fig. 6.

Tabela 1 - Raio da Trajetória por Inclinação.

INCLINAÇÃO (°)	RAIO (nm)
10	1,75
20	0,85
30	0,55
45	0,35

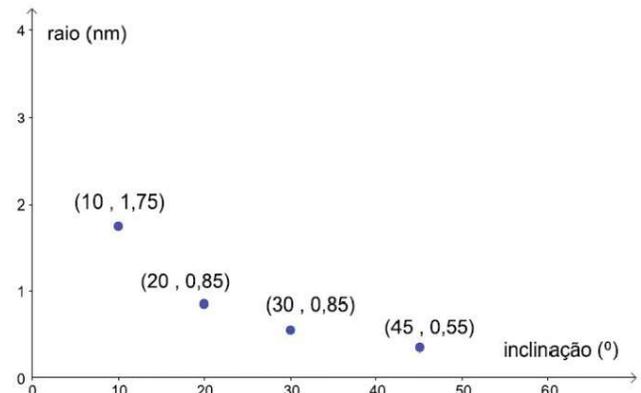


Figura 6 – Raio da trajetória em função da inclinação [GeoGebra].

Com 0° de inclinação, ou seja, com a aeronave nivelada, a trajetória reta resultante pode ser considerada uma circunferência de raio infinito.

De posse destas informações encontrou-se, por meio do método matemático de aproximação por quadrados mínimos [3, 4], uma função para conhecer o raio da trajetória circular em qualquer inclinação realizada pela aeronave, conforme a Fig. 7, na qual se percebe o gráfico da função encontrada na cor laranja e os pontos experimentais na cor azul. Todos os detalhes para obtenção desta função estão na dissertação de mestrado do primeiro autor deste artigo [5].

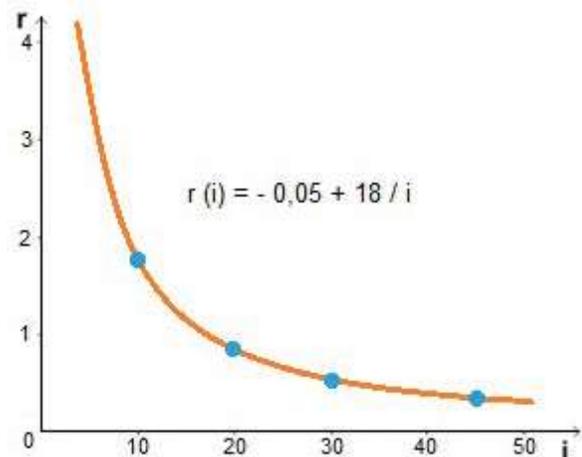


Figura 7 – Função encontrada [GeoGebra].

IV – INTERFACE

A reprodução do comportamento da aeronave em uma tela de computador por meio do software Matlab [6] permite aos observadores imporem à aeronave em movimento na tela as solicitações de curva (aumento, diminuição ou manutenção da inclinação). Com isso, eles podem perceber os efeitos dos comandos de curva na trajetória da aeronave em torno de um alvo fixo, que simula um alvo de interesse encontrado durante a missão.

Os alvos geralmente requerem uma aproximação para serem identificados. Esta aproximação deve ser feita sem que se perca o contato visual.

Foi preciso conhecer as efetivas variações na direção de avanço da aeronave resultantes das inclinações de curva. Por meio de (1) é conhecido o raio da circunferência da trajetória a partir da inclinação de curva.

$$r(i) = -0,05 + 18 / i$$

Foi necessário conhecer então a mudança de direção em função deste raio.

No dispositivo gráfico utiliza-se uma cadência de 30 qps (quadros por segundo), uma sobreposição de imagens suficiente para uma boa sensação de movimento. De um quadro para o próximo, a aeronave realiza pequenos “saltos”, imperceptíveis ao olho humano, daí a impressão de movimento, conforme Fig. 8.

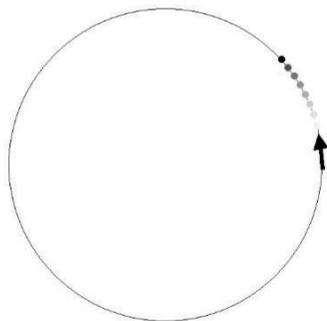


Figura 8 – “Movimento” de um objeto quadro a quadro.

Esses pequenos saltos, ou seja, a mudança de posição, ocorrem por meio da soma de um vetor movimento a cada novo quadro. Existe um eixo de coordenadas comum a todos os quadros, nos quais o objeto possui um endereço, o qual irá mudar na passagem de um quadro para o próximo, conforme Fig. 9.

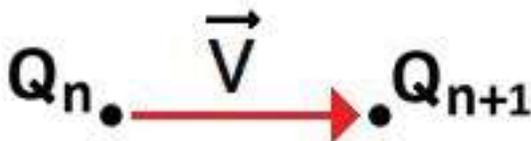


Figura 9 – Vetor movimento na passagem de um quadro para o próximo.

Para obtenção de um vetor são necessários direção, sentido e módulo. Em teoria, a aeronave se desloca com velocidade constante durante a cobertura da área de busca. Por isso a distância percorrida no intervalo de tempo entre dois quadros é constante e independente da inclinação de curva. Essa porção da trajetória foi chamada de arco deslocamento (d). Durante o sobrevoo nas áreas de busca a aeronave se desloca com velocidade constante de 140kt = 259km/h = 72 m/s. Com uma cadência de 30qps temos um quadro a cada 1/30s. Assim, a distância percorrida pela aeronave entre quadros será de 2,40m, que é o comprimento do arco d.

Por meio do conhecimento do raio da circunferência (r) realizada pela trajetória da aeronave em inclinação constante e ainda do comprimento do arco deslocamento (d), é possível chegar às características do vetor movimento conforme Fig. 10.

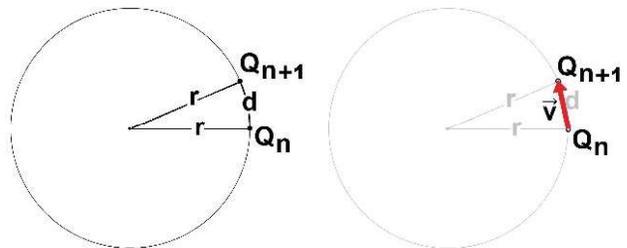


Figura 10 – Construção do vetor v.

Vale esclarecer que as imagens se encontram fora de escala para favorecer o entendimento visual. Na realidade a razão entre (d) e (r) é muito menor.

A construção dos vetores (v) acontece por sucessão, ou seja, cada novo vetor (saída do quadro) é uma transformação do anterior (chegada no quadro), conforme Fig. 11, tanto em direção e sentido, quanto em módulo. São realizadas rotações e escalamentos sobre cada vetor para encontrar seu sucessor (o vetor inicial será imposto conforme as condições de um voo reto e nivelado).

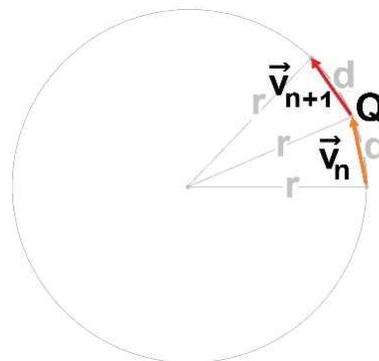


Figura 11 – Sucessão dos vetores.

A Fig. 12 mostra que o ângulo da mudança de direção de um vetor para seu sucessor é congruente ao ângulo central (α). Tanto na soma dos ângulos internos do triângulo, quanto na composição do ângulo raso, α + β + β = 180°.

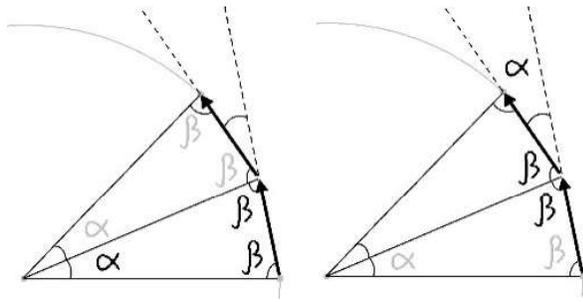


Figura 12 – Congruência entre ângulos α (alpha).

O ângulo (α) é encontrado a partir de r , por meio da seguinte regra de 3:

$$\frac{\alpha}{d} = \frac{360}{2\pi r}$$

$$\alpha = 360 \cdot d / 2\pi r \quad (2)$$

Substituindo (1) em (2), obtém-se (3):

$$\alpha = 360 \cdot d / 2\pi (-0,05 + 18 / i) \quad (3)$$

O módulo do vetor movimento (v) é encontrado em função do ângulo (α), conforme a seguinte regra de 3, (4) e Fig.13:

$$\frac{|\vec{v}| / 2}{r} = \frac{\text{sen}(\alpha/2)}{1}$$

$$|\vec{v}| = 2 r \text{sen}(\alpha/2) \quad (4)$$

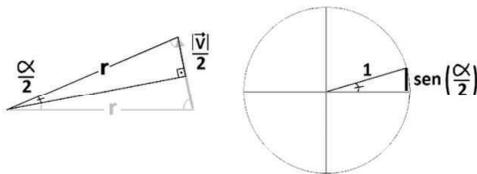


Figura 13 – Módulo do vetor v .

Com as funções que regem a construção do vetor movimento (v) a partir da inclinação (i), desenvolveu-se uma programação com o seguinte algoritmo, para embasar a interface gráfica:

_____ Algoritmo Nova Posição _____

Função Nova Posição (P_n, i, \vec{v})

Entrada:

P_n : Posição da partícula aeronave.

i : inclinação da aeronave no eixo longitudinal.

\vec{v} : vetor movimento anterior

Saída:

P_{n+1} : Nova posição da partícula aeronave

_____ faça _____

i

$$r(i) = -0,05 + 18 / i$$

r = raio da circunferência

r

$$\alpha = (2,40 \cdot 360) / (2 \cdot \pi \cdot r)$$

α = rotação de $\vec{v}_{n-1} \rightarrow \vec{v}_n$

α

$$|\vec{v}_n| = 2 \cdot r \cdot \text{sen}(\alpha/2)$$

$|\vec{v}_n|$ = módulo do vetor movimento

$$\begin{bmatrix} \cos(\alpha) & -\text{sen}(\alpha) \\ \text{sen}(\alpha) & \cos(\alpha) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vec{v}_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \vec{v}_n \end{bmatrix}$$

rotação

\vec{v}_n

fim

$$P_n + \vec{v}_n = P_{n+1} \quad (5)$$

atualizar posição

fim da função

A interface gráfica apresenta aspecto visual conforme a Fig. 14.

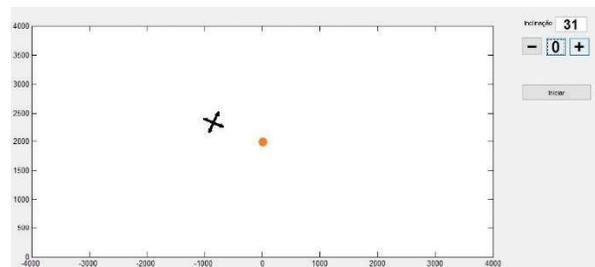


Figura 14 – Aspecto Visual da Interface Gráfica [MatLab].

Na interface é simulada uma vista superior da movimentação da aeronave em torno de um alvo na superfície do mar.

Existe um painel de controle com quatro botões nos quais o observador pode comandar:

- “iniciar” : começar a simulação;
- “+” : aumentar a razão de curva;
- “0” : manter a razão de curva; e
- “-” : diminuir a razão de curva.

No painel existe também um mostrador que exhibe a inclinação atual da representação (i).

O alvo está programado para aparecer quando em uma distância da aeronave inferior ou igual a

2 nm. Entre 2 e 2,5 nm ocorre uma diminuição gradual na frequência de aparição do alvo, até a sua não aparição para distâncias superiores a 2,5 nm.

Quanto à posição relativa entre aeronave e alvo para aparição deste, a Fig. 15 mostra os ângulos entre os limites de visualização do observador e a reta perpendicular ao eixo longitudinal da aeronave. Dentro destes limites (e das distâncias apresentadas no parágrafo anterior) o alvo será visível e fora deles não.

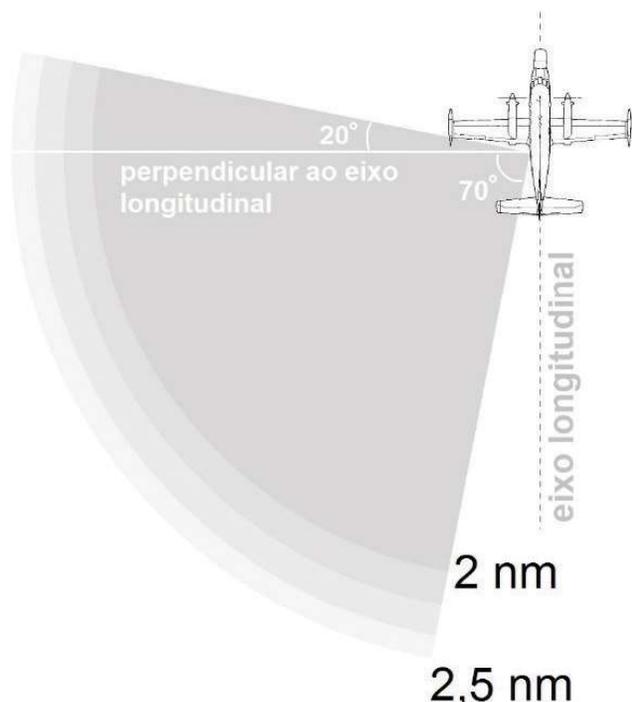


Figura 15 – Posição relativa de visibilidade do alvo, adaptado de [1].

Essas limitações têm por finalidade restringir a aparição do alvo de maneira semelhante a que ocorre na visão do observador através da janela de observação durante a missão, em virtude da estrutura física da aeronave.

V – CONCLUSÕES

Apresentou-se uma ferramenta interativa que pode colaborar para a capacitação dos observadores das missões de busca marítima e com isso aumentar a probabilidade de localizar sobreviventes. É possível testá-la no treinamento das tripulações e obter resposta dos instrutores e alunos no que diz respeito ao fato de o processo de formação dos observadores ser favorecido com a utilização da nova ferramenta. Enxerga-se como opção de continuidade para este trabalho, o aprofundamento no estudo sobre o movimento relativo entre aeronave e objetos sobre a superfície do mar, a fim de entender os aspectos relacionados à terceira dimensão e simular na tela de um computador a visão do observador através da janela.

REFERÊNCIAS

- [1] EMPRESA BRASILEIRA DE AERONÁUTICA. **Ordem técnica da aeronave P-95 B**. São José dos Campos: 1978.
- [2] BRASIL. Comando da Aeronáutica. Segundo Esquadrão do Sétimo Grupo de Aviação. **Procedimentos para a realização de missões de busca em aeronave P-95 B**. Florianópolis: 2008.
- [3] DATTA, B. N. **Numerical Linear Algebra and Applications**. 2nd edition, SIAM, Philadelphia: 2010.
- [4] STRANG, G. **Álgebra linear e suas aplicações**. Editora Cengage Learning. São Paulo: 2010.
- [5] LEITE, T. F. G. **Movimentação da aeronave P-95 BM em torno de um ponto na superfície do mar**. Florianópolis: 2017.
- [6] HANSELMAN, D. C.- LITTLEFIELD, B. **The Student Edition of Matlab: Version 5, User's Guide**. Prentice Hall, New Jersey: 1997.