

## Introdução

Originalmente desenvolvido para aplicações militares, os UAV – *Unmanned Aerial Vehicle*, ou, em português, VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado, têm sido utilizados no espaço civil de forma significativa nos últimos anos. Cada dia mais presentes no espaço aéreo brasileiro, tais equipamentos alcançaram reconhecimento pelo termo “drone” (em português: zumbido) e com finalidades recreativas. Entretanto, são inúmeras as possíveis aplicações de tais equipamentos: registro de imagens aéreas, monitoramento de segurança, entregas de correspondências ou equipamentos de primeiros socorros. Faz-se necessário o estudo, em particular, da estabilidade e controle da trajetória desses equipamentos

## Métodos

O projeto trata-se da montagem e utilização de um Drone para o desenvolvimento de um sistema de controle embarcado capaz de seguir uma trajetória de forma autônoma. A montagem do Drone consiste em 3 blocos principais:

**Sistema de propulsão:** Quatro motores brushless;

**Sistema de processamento:** Um microcontrolador de 32 bits da NXP (antiga Freescale), a Freedom KL25Z (Figura 1);

**Sensores embarcados:** Uma unidade de medida inercial Pololu MinIMU-9 v3 com 9 graus de liberdade (Figura 2).

FRDM-KL25Z: Freescale Freedom Development Platform

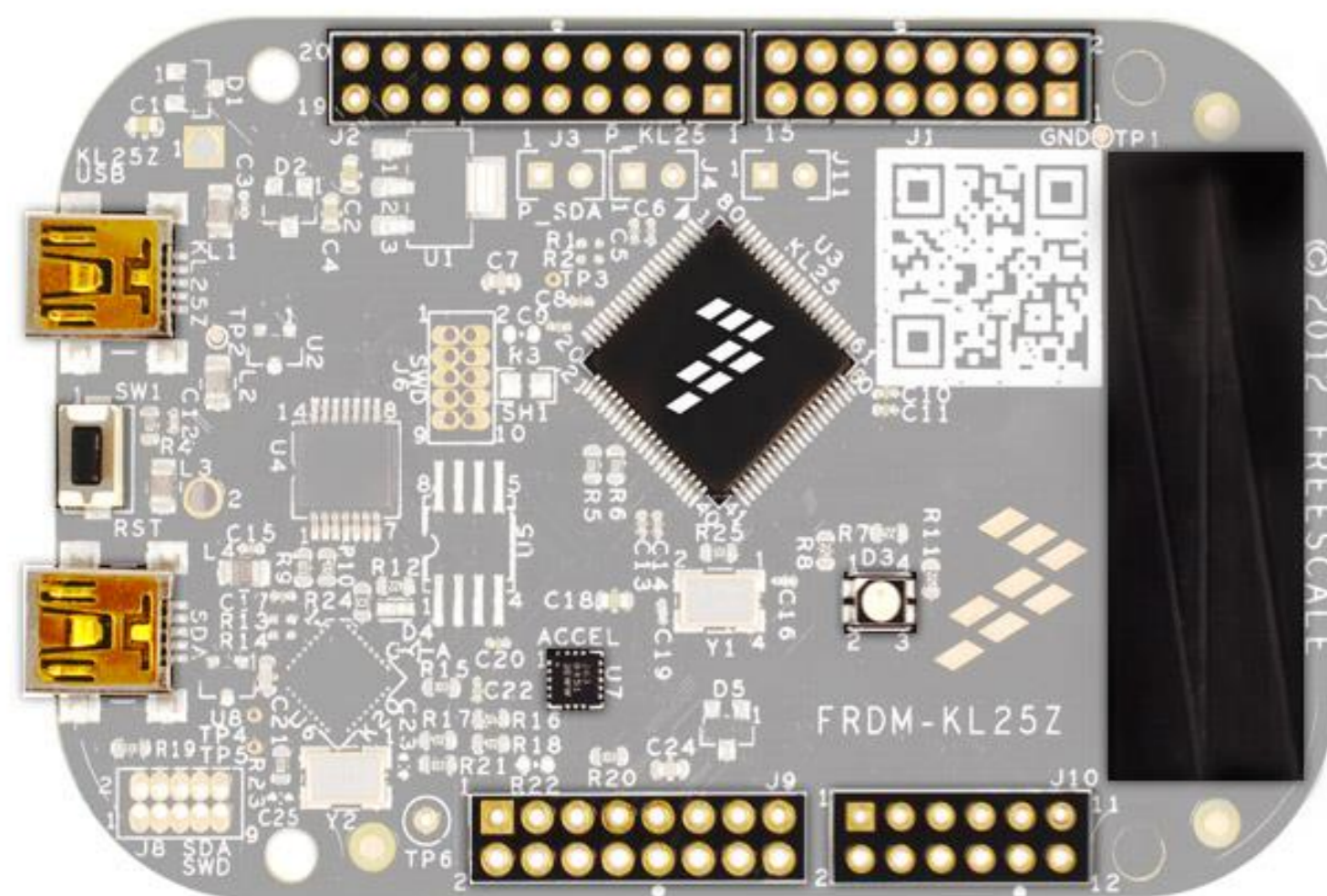


Figura 1 – Placa FRDM KL25Z.



Figura 2 – Sensor Pololu MinIMU-9.

A interpretação dos dados brutos do acelerômetro se faz utilizando uma matriz de rotação A, conforme demonstrado abaixo:

$$A_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & \sin \varphi \\ 0 & -\sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix} \quad A_y = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} \quad A_z = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A = A_z A_y A_x$$

$$A = \begin{bmatrix} \cos \theta \cos \varphi & \cos \varphi \sin \theta \cos \varphi + \sin \varphi \sin \theta \cos \varphi & \sin \varphi \sin \theta \cos \varphi - \cos \varphi \sin \theta \cos \varphi \\ -\cos \theta \sin \varphi & \cos \varphi \cos \theta \sin \varphi - \sin \varphi \cos \theta \sin \varphi & \sin \varphi \cos \theta \sin \varphi + \cos \varphi \cos \theta \sin \varphi \\ \sin \theta & -\sin \theta \cos \varphi & \cos \theta \cos \varphi \end{bmatrix}$$

## Resultados

A dinâmica de voo de um Drone é essencialmente complicada. Temos seis graus de liberdade, sendo três de rotação e três de translação, e, por outro lado, apenas quatro entradas independentes de controle da velocidade dos motores. Em outras palavras, deve haver um sincronismo entre os motores para que o movimento resultante seja o esperado e, conseqüentemente, isso torna o controle altamente não-linear, especialmente se considerados os efeitos aerodinâmicos.

No trabalho realizado com a unidade de medida inercial ‘Pololu MinIMU-9 v3’. A Fig. 3 abaixo trata-se dos dados brutos da projeção da aceleração da gravidade em cada um dos 3 eixos. A Fig. 4 mostra o drone realizando um teste de voo autônomo.

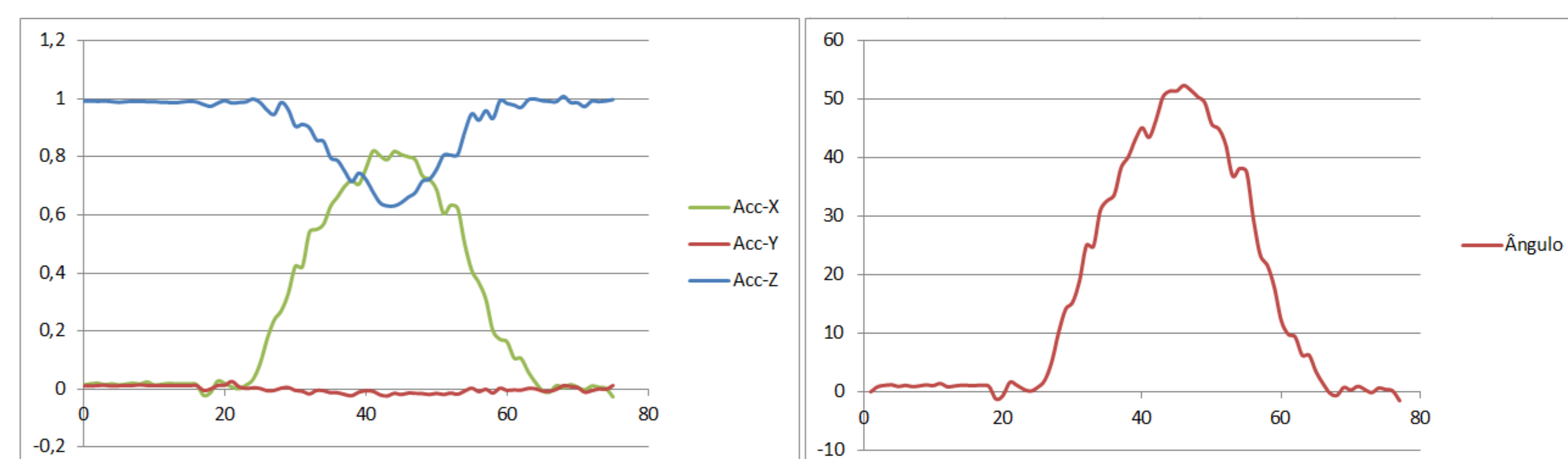


Figura 3 – Dados brutos da projeção da aceleração da gravidade.

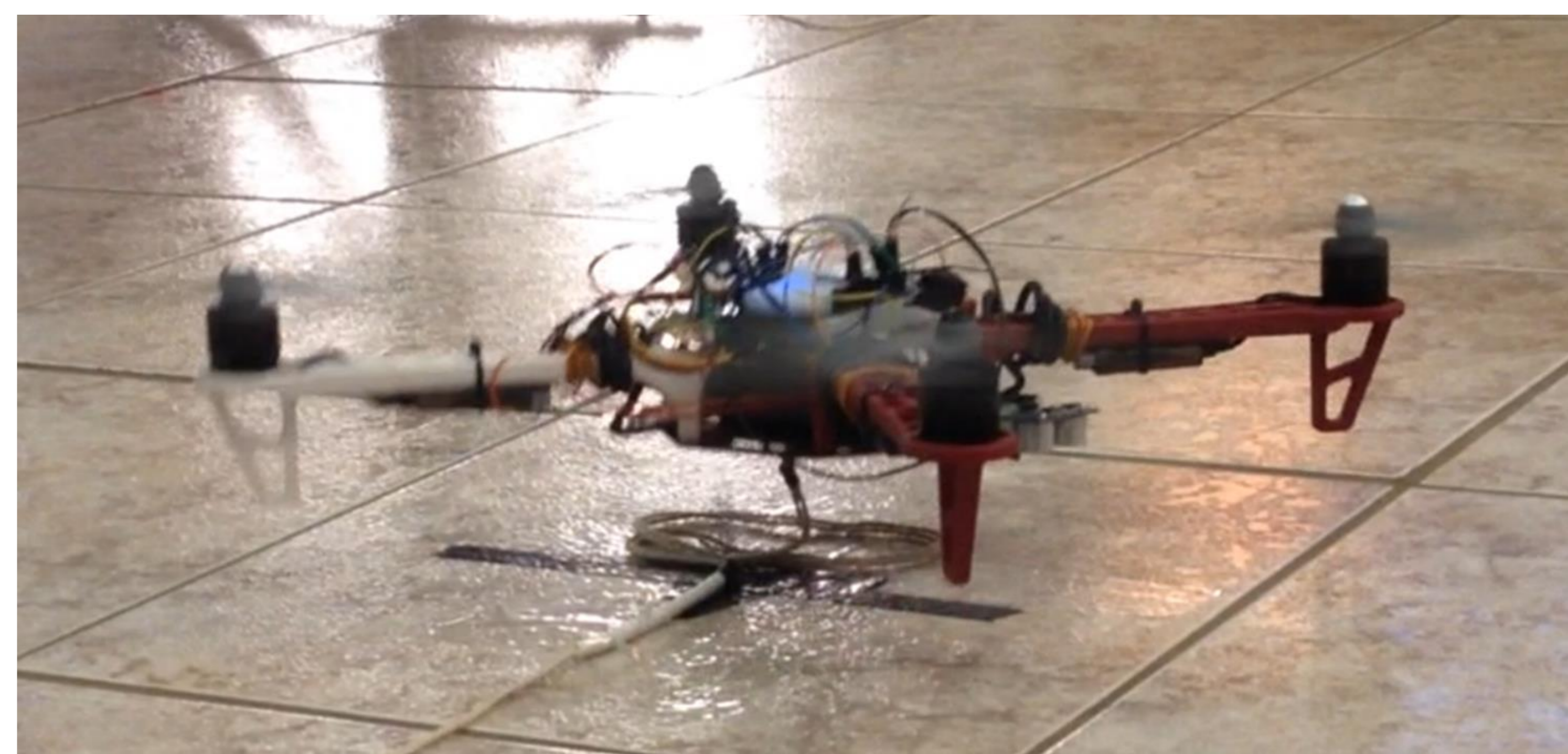


Figura 4 – Drone realizando um voo autônomo.

## Conclusão

Dado o desafio do estabelecimento de um voo estável em ambientes tanto indoor quanto outdoor, onde temos influências externas, de caráter predominantemente naturais, como vento e chuva, por exemplo, fez-se necessário uma leitura, análise e interpretação precisa dos dados brutos dos sensores embarcados, tais como giroscópio, acelerômetro e sonar, estabelecendo dessa forma uma base para a continuidade do projeto no que se diz respeito ao desenvolvimento dos algoritmos de estabilização e automação de voo.

## Referências Bibliográficas

- [1] Hoffmann, G. M.; Huang, H.; Waslander, S. L.; Tomlin, C. J. *Precision flight control for a multi-vehicle quadrotor helicopter testbed*. **2011**, Control Engineering Practice, v.19, n.9, pp 1023-1036.
- [2] Orlowski, C. T.; Girard, A. R. *Dynamics, stability, and control analyses of flapping wing micro-air vehicles*. **2012**, Progress in Aerospace Sciences, v.51, pp 18-30.