



CONTROLE FUZZY APLICADO A ESTABILIZAÇÃO DE UM EIXO DE UM QUADRICOPTERO COM A UTILIZAÇÃO DO LABVIEW

João Antônio Campos Panceri – joaopanceri@hotmail.com

Gustavo Maia – gmaia@ifes.edu.br

Rogério Passos Pereira Amaral – rogeriop@ifes.edu.br

Marco Antônio de Souza Leite Cuadros – marcoantonio@ifes.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo.

Rodovia ES-010 - Km 6,5 - Manguinhos

29173 - 087 - Serra – ES

Resumo: *Este presente trabalho tem como objetivo apresentar a implementação prática de uma técnica de controle inteligente, conhecida como Controle Fuzzy, a fim de estabilizar um eixo de um quadricoptero em um ângulo determinado, a partir do controle da potência de dois motores Brushless através de um sinal de PWM. A posição angular do eixo é obtida através da leitura de um sinal gerado a partir de um potenciômetro linear instalado exatamente no eixo de giro da Plataforma. A implementação do controle Fuzzy foi feita em um notebook através do software de programação gráfica Labview, juntamente com a utilização da Placa de aquisição de Dados USB-6009, ambos produtos da National Instruments. A utilização do Labview possibilitou a construção de uma interface gráfica para que o usuário possa ter acesso aos dados envolvidos no sistema, além da possibilidade de alteração interativa de alguns parâmetros do controle, a fim de observar as alterações no sistema. Sendo assim, o projeto apresenta grande potencial como plataforma didática para o ensino de técnicas de controle.*

Palavras-chave: *Fuzzy, Quadricoptero, Labview, Placa de Aquisição de Dados USB-6009.*

1. INTRODUÇÃO

Recentemente, veículos aéreos não tripulados (UAV's) tem atraído um interesse considerável devido a uma ampla variedade de aplicações (SECCHIN *et al*, 2010, BENINCASA, *et al*, 2011). Um helicóptero pode assumir várias configurações no que diz respeito à disposição e complexidade dos seus rotores.

Contudo, dentre várias, a configuração que conjuga simplicidade mecânica de rotores e versatilidade em manobras é a configuração em forma de plataforma. Dentre elas, a mais conhecida é a do quadricoptero (MATILDE & MORATA, 2010).

Na configuração quadricoptero, quatro conjuntos motor/hélice de mesmas dimensões são fixados, cada um, em uma das extremidades de uma estrutura em forma de "X". Conforme a figura 1.



Figura – 1: Quadricóptero

O controle de movimento da aeronave pode ser realizado variando-se a velocidade relativa de cada rotor para alterar o empuxo e o torque produzido por cada um. O grande desafio é sincronizar o controle destes dispositivos com sensores para gerar a estabilidade ao voo.

O objetivo desse trabalho foi a construção de uma plataforma didática fixa a fim de ser utilizado na disciplina de Controle Inteligente para que os alunos possam realizar simulações para testar as diversas técnicas de controle inteligente.

2. CONTRUÇÃO DA PLATAFORMA

A plataforma tem como objetivo possibilitar o movimento em somente um eixo, para isso foi construída uma estrutura de madeira para sustentação, outra estrutura em forma de “X” para a fixação dos motores. Acoplando essas duas estruturas através de um eixo, obtemos nossa plataforma para o desenvolvimento do projeto. Conforme a figura 2.

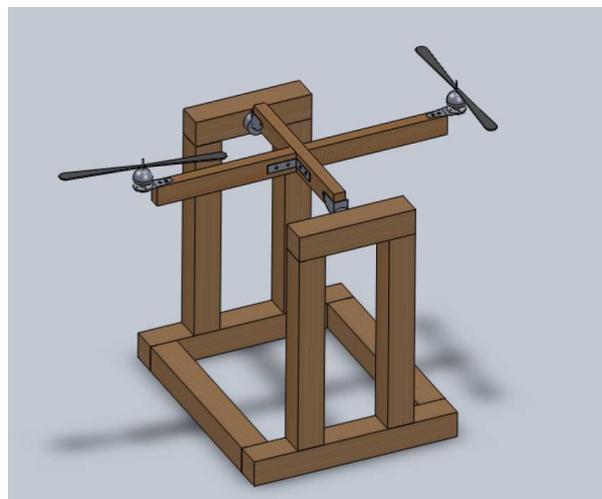


Figura – 2: Plataforma de Desenvolvimento



2.1. INSTRUMENTAÇÃO

Para a obtenção do ângulo em que se encontra o eixo da plataforma, foi utilizado um potenciômetro linear, a fim de que para uma determinada posição angular tenhamos uma resistência. Com a ajuda da placa de Aquisição de Dados da National Instruments, USB-6009, podemos transformar essa informação de resistência em sinal elétrico, e como a leitura desse sinal e uma conversão linear no Labview, obtemos a posição angular do eixo da plataforma.

2.2. ATUADORES

Motores

Como elemento final de controle temos os 2 motores Brushless, nesses motores a transferência de energia aos seus enrolamentos não depende de escovas como nos tradicionais motores de corrente contínua (DC) . O motor Brushless utilizado nesse projeto possui uma massa de 39g, e é projetado para operar com hélices de 9 a 10 polegadas, sendo assim capaz de erguer uma carga de até 700g, operando com uma tensão de alimentação de 11.1V.

ESCs (Electronic Speed Control)

Para se fazer o controle da velocidade dos motores Brushless, um circuito a mais é necessário. Este circuito é conhecido como ESC. No caso do quadricoptero, deve haver um ESC para cada motor.

O ESC trabalha com um sinal PWM de entrada segundo o padrão usado em aeromodelismo. Este sinal possui uma frequência de 50Hz, permanece em nível lógico alto do começo do período até 1ms, podendo ir ao nível lógico baixo a qualquer instante entre 1 e 2ms, permanecendo assim até o termino do período. Variando assim a potencia de saída linearmente entre 0% (1ms) e 100% (2ms) onde essa saída é composta por um conjunto de três sinais senoidais defasados entre si 120°, que alimentam as três fases do motor Brushless.

Arduino

Como a Placa de aquisição de dados USB-6009 não possui uma saída específica para sinal PWM, foi utilizado a sua saída analógica, e através de um código simples no Arduino (BANZI, 2011), geramos dois sinais PWMs para o acionamento dos ESCs.

3. LOGICA FUZZY

O controle Fuzzy pertence ao grupo dos controladores baseados em inteligência artificial (I.A.) e representa um novo paradigma dentro da engenharia de controle, onde baseado no conhecimento humano sobre um problema e através de algoritmos é possível traduzir em números a forma imprecisa do pensamento humano voltada a tomada de decisões(ZADEH, 1965; MENDEL, 1995). Ao contrário dos controladores clássicos, o controlador Fuzzy dispensa o conhecimento do modelo matemático da

planta a ser controlada, o que se mostra um grande atrativo para esse controlador, visto a complexidade matemática de alguns sistemas.

Um Controlador baseado em “Lógica Fuzzy” pode ter sua ação esquematizada pelos seguintes elementos constituintes:

- Fuzzificador,
- Regras, ou base de conhecimento,
- Inferência, ou lógica de tomada de decisões,
- Defuzzificador.

O “fuzzificador” é responsável pelo mapeamento das entradas numéricas em conjuntos fuzzy, variáveis linguísticas.

A “inferência” é realizada mapeando-se valores linguísticos de entrada em valores linguísticos de saída com o uso das regras. Esta usa implicações “Fuzzy” para simulação de decisões humanas, gerando ações de controle, chamados de consequentes, partindo-se de um conjunto de condições de entrada, chamada de antecedentes.

Esta base de conhecimento representa o modelo do sistema a ser controlado, consistindo numa base de dados e uma base de regras fuzzy linguísticas. A base de dados fornece definições numéricas e a base de regras caracteriza os objetivos do controlador e sua estratégia usada, geralmente fornecida por pessoas especialistas no sistema. O “defuzzificador” mapeia valores linguísticos em valores numéricos de saída. Esta função é realizada por uma interface de defuzzificação, obtendo-se um valor discreto que possa ser usado numa ação de controle no mundo real, tudo isso pode ser visto na figura 3.

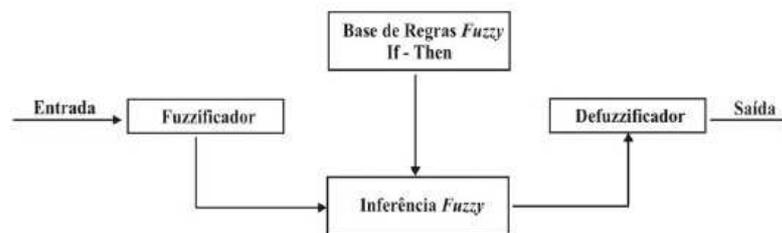


Figura 3: Sistema Fuzzy

No projeto de controle do Eixo do Quadricoptero as entradas foram definidas pelas seguintes variáveis Fuzzy: Erro e Derivada do Erro, com as funções de pertinência apresentadas na figura 4 e 5.

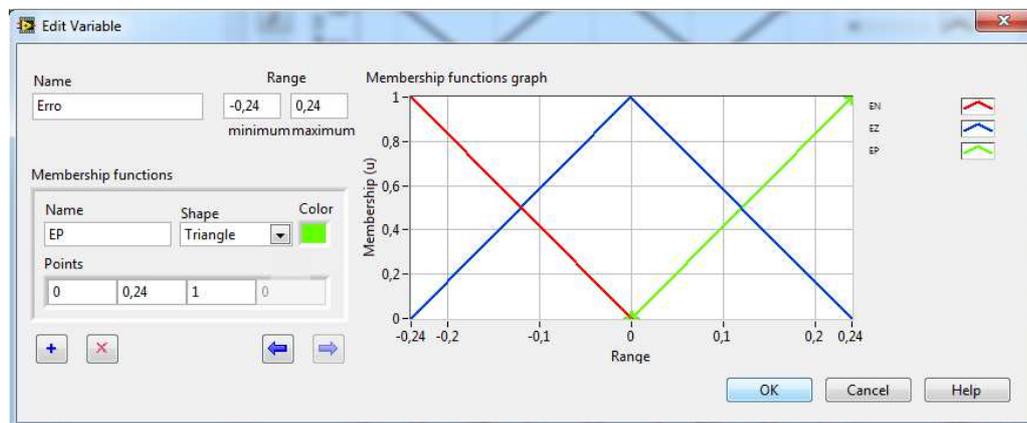


Figura 4 - Erro

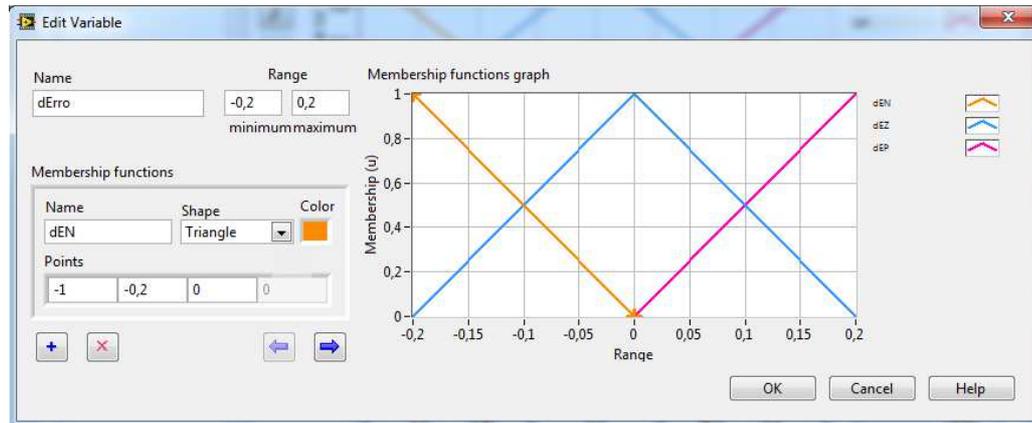


Figura 5 – Derivada do Erro

A variável Fuzzy de saída foi definida como Output e é apresentada abaixo na figura 6.

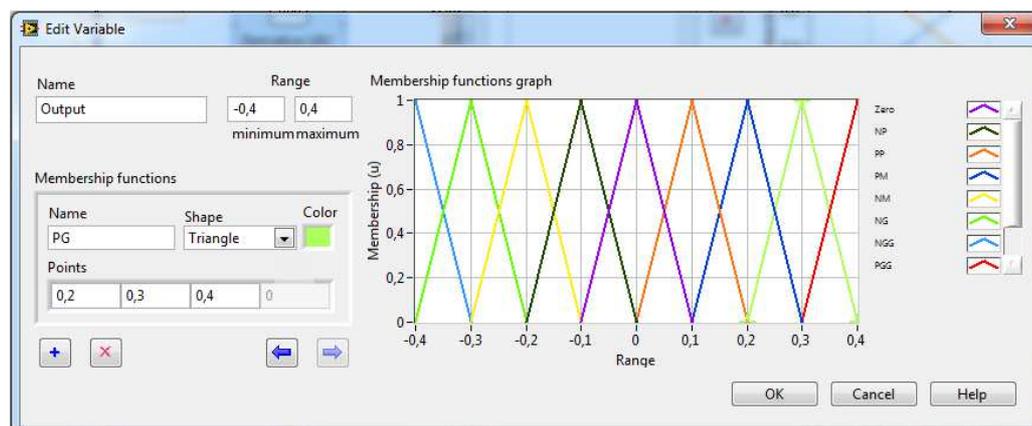


Figura 6 – Output

As regras Fuzzy foram definidas da seguinte forma, conforme a tabela 1. Todas apresentam a regra básica IF (Erro) AND (Derivada do Erro) THEN (Output).

Tabela 1: Regras Fuzzy

Regra	Erro	Derivada Erro	Output
1	Erro Positivo	Derivada do Erro Negativa	Positivo Muito Grande
2	Erro Positivo	Derivada do Erro Zero	Positivo Grande
3	Erro Positivo	Derivada do Erro Positiva	Positivo Pequeno
4	Erro Zero	Derivada do Erro Negativa	Positivo Médio
5	Erro Zero	Derivada do Erro Zero	Zero
6	Erro Zero	Derivada do Erro Positiva	Negativo Médio
7	Erro Negativo	Derivada do Erro Negativa	Negativo Pequeno
8	Erro Negativo	Derivada do Erro Zero	Negativo Grande
9	Erro Negativo	Derivada do Erro Positiva	Negativo Muito Grande

Com as Entradas e Saídas Fuzzy e utilizando o método de Defuzzificação Centro de Área, a partir das regras estabelecidas obtemos a seguinte superfície conforme a figura 7.

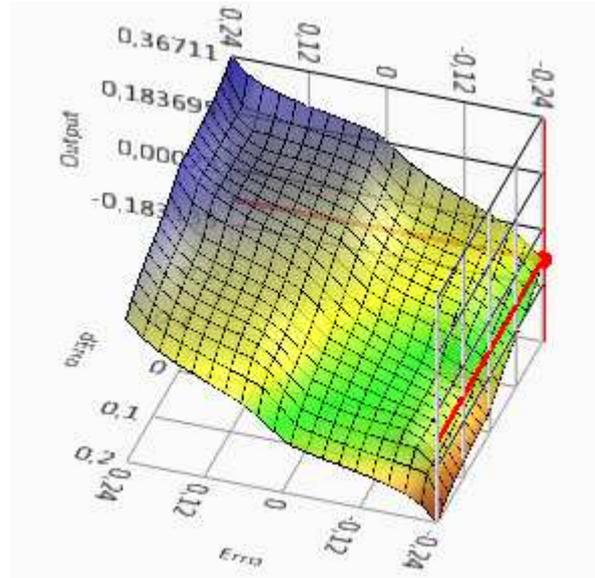


Figura 7 – Superfície Fuzzy

Apesar da Robustez e das facilidades do controlador Fuzzy a sua utilização, necessita de ajustes de alguns parâmetros que não são obtidos de maneira trivial, causando em determinado casos a instabilidade do sistema ou baixo desempenho, como o range das variáveis de entrada e saída. No entanto, no supervisor que será apresentado posteriormente, o usuário tem a opção de variar justamente esses parâmetros a fim de aplicar um ajuste fino ao controlador.

3.1. LABVIEW

O LabVIEW é uma linguagem de programação gráfica originária da National Instruments. Os principais campos de aplicação do LabVIEW são a realização de medições e a automação. A programação é feita de acordo com o modelo de fluxo de dados, o que oferece a esta linguagem vantagens para a aquisição de dados e para a sua manipulação.

Os programas em LabVIEW são chamados de instrumentos virtuais ou, simplesmente, IVs. São compostos pelo painel frontal, que contém a interface, e pelo diagrama de blocos, que contém o código gráfico do programa. Além de possuir inúmeros Toolboxes com implementações já prontas como o Fuzzy apresentado anteriormente (National, 2001).

Como um dos objetivos do projeto era a construção de um plataforma didática, para o ensino de técnicas de controle, o Labview possibilitou a criação de uma interface gráfica com o usuário, onde nela é possível, observar as variáveis envolvidas no projeto, além da alteração interativa de alguns parâmetros do controle Fuzzy. Então a preocupação em se criar um ambiente simples e de fácil manipulação foi um dos pontos

importantes para o desenvolvimento do supervisor em Labview, como podemos ver na figura 8.

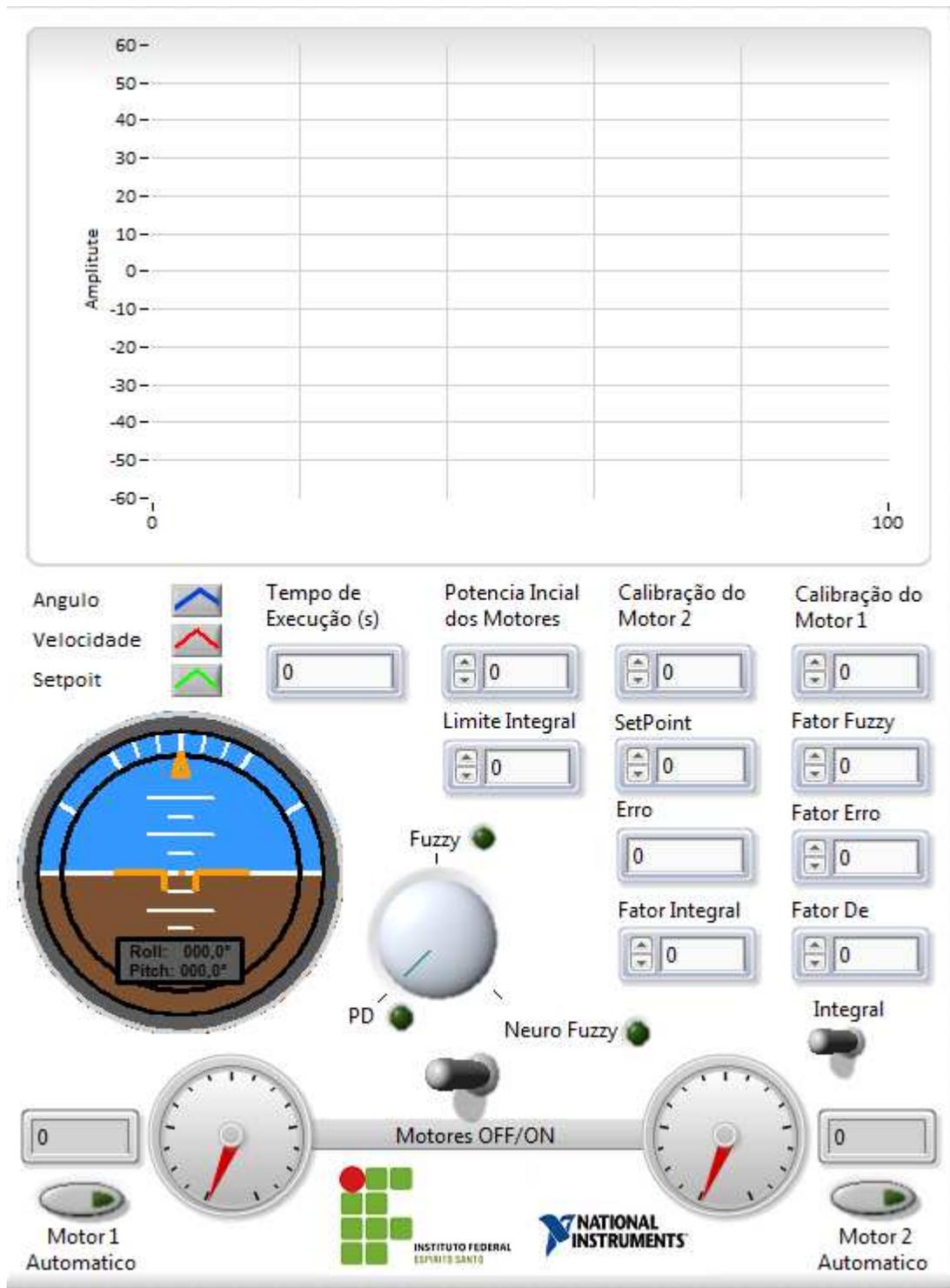


Figura 8 – Supervisor em Labview

Outra consideração importante para se fazer sobre esse supervisor é que já existe a opção entre outras técnicas de controle, simplesmente girando um botão, além uma

comunicação com outro software de engenharia, o Matlab, para envio e recebimento de dados.

4. RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A complexidade matemática para a modelagem de alguns sistemas dinâmicos se torna mais um empecilho para a implementação de um controle eficiente a uma planta, principalmente quando tratamos de técnicas de controle clássicos, como PID. Nesse campo, a técnica de controle inteligente Fuzzy, se mostra uma opção bastante interessante, pois substitui o conhecimento do modelo matemático da planta, pelo conhecimento humano sobre seu funcionamento. Além dessa vantagem, ainda temos a facilidade de implementação dessa técnica, principalmente com os Toolboxes presentes em softwares de engenharia como Labview e Matlab.

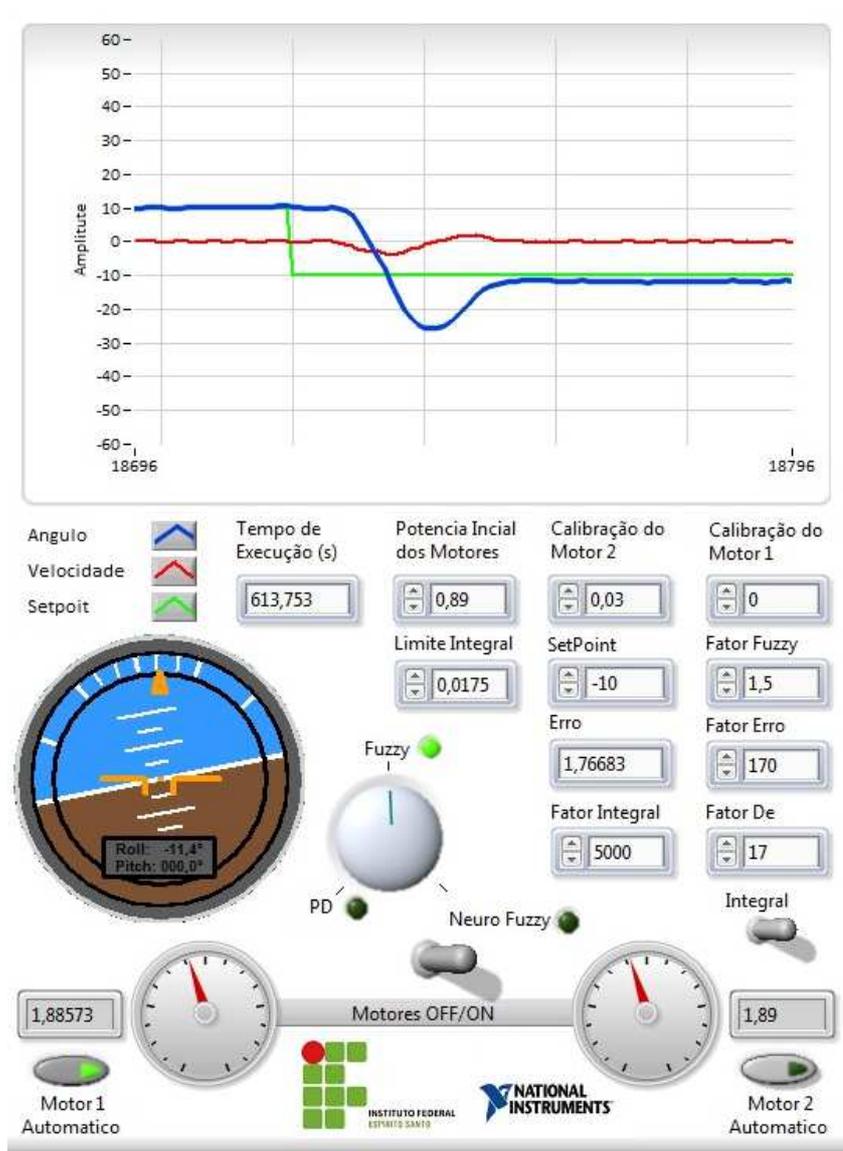


Figura 9 - Funcionamento

Somado a esses benefícios, a escolha da técnica de controle Fuzzy ainda se mostrou robusta, visto que mesmo em um sistema extremamente susceptível a instabilidade, o controlador conseguiu ótimos resultados na estabilização da plataforma, como podemos verificar na figura 9, que mostra o supervisor em funcionamento. No entanto, para ângulos fora de referencial zero, o sistema apresentou algum offset, proporcional ao módulo do ângulo dado como set-point. Para a solução desse problema, implementamos um sinal da integral do erro paralelo ao sinal de controle Fuzzy.

A escolha da Plataforma de programação Gráfica Labview, veio a somar tanto na facilidade de implementação devido ao Toolboxes de Controle, quanto a possibilidade de se criar uma interface gráfica para que o usuário possa interagir com o sistema de controle, visualizando variáveis, alterando alguns parâmetros, além da possibilidade de obter em um mesmo programa outras técnicas de controle, simplesmente selecionando a opção do controle desejado no menu.

Mediante a todos fatos abordados nesse artigo, a construção dessa plataforma para o controle de um eixo de um quadricoptero, figura 10, se mostra uma opção interessante para o futuros estudos de técnicas de controle, gerando assim uma plataforma didática que pode ser de grande utilidade para o ensino em nossa instituição.

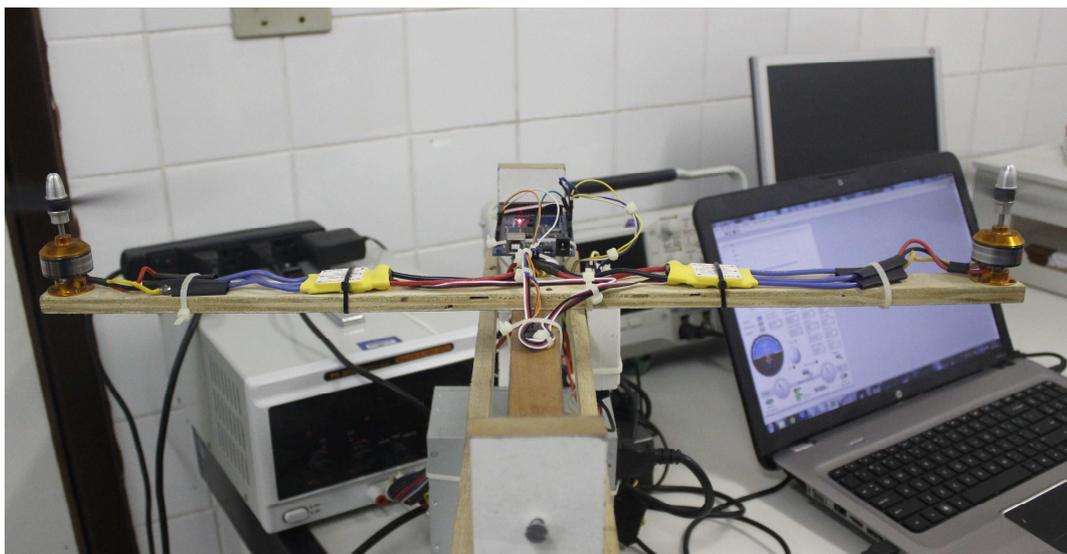


Figura 10 – Plataforma Didática – Eixo Quadricoptero

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANZI, M., Primeiros passos com o arduino. São Paulo: Novatec, 2011.

BENINCAS, F.; CAMARGO, M.A.S.; OKAMOTO JR, J. Desenvolvimento de um quadricóptero autônomo com controle dinâmico de estabilidade, TCC Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.

MENDEL, J.M., Fuzzy logic systems for engineering: A tutorial. IEEE, 1995.



National Instruments Corporation. Manual de treinamento do labview básico I, 2001.

SANTOS, V. L. M.; MORATA, F. Inteligente fuzzy controller of a quadrotor. Intelligent Systems and Knowledge Engineering, 2010.

SECCHIN, A.; ROSETTI, A.; SALLES, E. Implementação de uma aeronave miniatura Semi-Automática com quatro propulsores como plataforma de desenvolvimento, XVIII Congresso Brasileiro de Automática, Bonito, 2010

ZADEH, L. A. "Fuzzy Sets", Information and Control, Vol. 8, pp. 338-353, 1965.



FUZZY CONTROL APPLIED TO STABILIZATION OF A AXIS OF A QUADCOPTER WITH THE USE OF THE LABVIEW

Abstract: *This present study is intended to present a practical implementation of an intelligent control technique, known as Fuzzy Control, in order to stabilize a quadcopter axis at an stated angle from the power control of two Brushless motors through a PWM signal. The angular position of the axis is obtained by a reading signal generated from a linear potentiometer installed exactly in the rotation axis of the platform. The fuzzy control implementation was made in a notebook through a graphic programming software known as Labview along with the use of the data acquisition device USB-6009, both National Instruments products. Using Labview enabled the construction of a graphical interface so the user can have access to data contained in the system, besides the possibility of interactively change a few control parameters in order to observe the changes in the system. Therefore, the project shows great potential as a learning platform for teaching control techniques.*

Key-words: *Fuzzy, Quadcopter, Labview, Data Acquisition Device USB-6009.*