

COMPARAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO ENTRE UMA PLACA DEDICADA PARA DRONES COM UMA ADAPTADA COM ARDUINO

Ellen Diana Silva de Carvalho Guissoni¹

ellendiana45@gmail.com

Antônio Manoel Batista da Silva²

antonio.manoel@uniube.br

André Luís Silva de Paula³

andre.paula@uniube.br

RESUMO

No mundo moderno em que vivemos presenciamos diversas tecnologias que nos acompanham desde criança, e as quais vêm se aprimorando ao decorrer dos anos. Com o drone não é diferente. Criado para fins militares, e posteriormente adaptado ao laser e entretenimento, este veículo se torna cada vez mais popular entre nós. Por ser tão dinâmico, o drone pode ser construído da maneira que o usuário desejar e para missões específicas. Seu centro de comando, que nada mais é o cérebro que controla seus movimentos, se encontra em uma placa controladora que geralmente está localizado no centro do veículo. Seu objetivo é controlá-lo com as melhores manobras e menores gastos de energia, que em alguns drones mais modernos a energia cinética pode ser transformada em estática para serem reaproveitadas em outras funcionalidades. Comparando as placas confeccionadas em larga escala com as implementadas pelo usuário, observa-se quais são as vantagens e desvantagens que cada uma traz. As placas utilizadas neste estudo foi a KKMulticopter v5.5, a qual é confeccionada em larga escala e sua usabilidade é exclusivamente para um drone. E um Arduino Nano, por ser uma plataforma *open source*, de fácil acesso a todos e com usabilidade ampla em diversos projetos, foi escolhido. Com

¹ Graduanda do curso de Engenharia de Computação, da Universidade de Uberaba – Uniube.

² Professor Orientador: Doutor em Engenharia Elétrica, UFU; docente da Universidade de Uberaba – Uniube.

³ Professor Coorientador: Especializado em Planejamento, Implementação e Gestão EAD; Gestor de Tecnologia da Informação e Comunicação da Educação a Distância (TIC EAD); docente na Universidade de Uberaba - Uniube

o conhecimento adquirido obtém-se resultados do desempenho de cada placa e quais suas funcionalidades.

Palavras-chave: Open-source. VANT's. Nano. Controle.

COST-BENEFIT COMPARISON BETWEEN A BOARD DEDICATED FOR DRONES AND AN ADAPTED WITH ARDUINO

ABSTRACT

In the modern world in which we live we witness several technologies that have accompanied us since childhood, and which have been improving over the years. With the drone it's no different. Created for military purposes, and later adapted to laser and entertainment, this vehicle becomes more and more popular among us. For being so dynamic, the drone can be built in the way the user wants and for specific missions. Your command center, is nothing more than the brain that controls your movements, is located on a controller board that is usually situated in the center of the vehicle. Your goal are to control it with the best maneuvers and lower energy costs, which in some modern drones the kinetic energy can be transformed into static and to be reused in others functionalities. By comparing large-scale and user-implemented boards, are observed the advantages and disadvantages of each are presented. The boards used in this study were the KKMulticopter v5.5, which is made in wide ladder and its usability is exclusively for a drone. And an Arduino Nano, because it is an open source platform, easy to access for everyone and with wide usability in several projects, was chosen. With the knowledge acquired you get unexpected results, but that in the course of this article will be explained.

Keywords: Open-source. VANT's. Nano. Control.

1 INTRODUÇÃO

Os veículos aéreos não tripulados, denominados atualmente como *drones*, estão se tornando cada vez mais populares em nosso cotidiano. O significado do seu nome em português, zangão, se deu ao seu característico zumbido, som de seus motores, que a cada dia nos familiarizamos mais. Essa popularidade foi se estabelecendo devido às grandes funcionalidades que este aparelho nos traz. Por exemplo, ele é usado para segurança, lazer, entretenimento, na área agrícola, entre tantos outros. Um dos primeiros drones criados destinou-se à área militar, a qual várias outras tecnologias surgiram exclusivamente para ela.

Com tanto reconhecimento este veículo foi se adaptando e ficando cada vez menor e mais barato para sua comercialização. No entanto, esta tecnologia foi se aprimorando, e de acordo com o G1 (2016), este aparelho de alta performance está substituindo satélites e pequenos aviões tripulados na agricultura. Para uma maior segurança a vida e saúde humana, usa-se um *drone* em lugares que apresentam riscos para um ser humano, como em usinas nucleares desativadas, na Usina de Chernobyl e na Usina Fukushima. Nelas, só é possível entrar em áreas ainda perigosas com os robôs e *drones*, para se estudar o ambiente e medir a radiação.

Existem vários tamanhos adotados para este veículo. Segundo Lara (2017), um drone pode conter decigramas. Se trata de um *microdrone* que não necessita de bateria e pode pousar de baixo para cima e de cima para baixo devido a produção de energia estática e consegue realizar o pouso em vários tipos de materiais como vidro, madeira e até folhas. Drones grandes são usados especificamente pelos militares.

A vantagem mais relevante deste veículo é que além de ser usado substituindo o homem, ele pode ser construído de diversas maneiras para ser utilizado para missões específicas. Podendo ser equipado com vários tipos de sensores, motores, hélices, placas controladoras ou Arduinos, baterias, entre outros. A construção de cada drone dependerá da usabilidade que cada pessoa pretende para ele.

Em virtude desse índice de reconhecimento e curiosidade, esta pesquisa foi desenvolvida pelo fato de se enxergar um potencial econômico e tecnológico acerca de tal assunto. O intuito é obter a relação custo-benefício de uma placa confeccionada em larga escala e uma placa projetada a partir de um Arduino.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 História dos drones

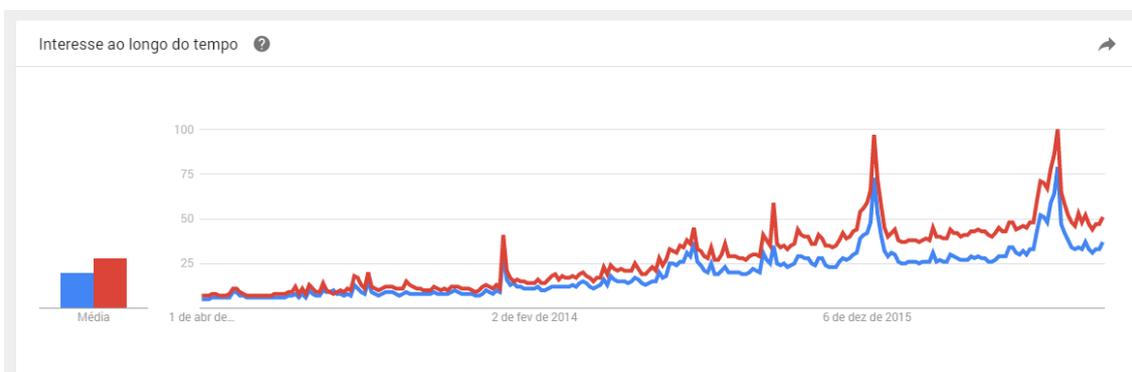
Veículos aéreos não tripulados, VANT's, mais popularmente conhecidos como drones, vem sendo utilizados para as mais variadas atividades. Inicialmente foram criados para fins militares no reconhecimento, armamento e segurança militar. Os VANT's são aeronaves desenvolvidas com o intuito de acessar locais que oferecem perigo à vida humana ou onde as pessoas teriam limitações físicas e psicológicas para realizarem a mesma tarefa (Alves, 2012). Estes são utilizados também para inspecionar grandes áreas à distância, facilitando o trabalho de segurança e manutenção.

Por volta de 1915, o engenheiro Nikola Tesla descreveu em um estudo o potencial militar de uma frota de veículos de combate aéreos não tripulados (Ubiratan, 2015). Com isso, pode-se inferir que foi um dos primeiros estudos realizados referente aos VANT's. Com o avanço tecnológico, os drones foram se modificando e tornando-se gradualmente mais silenciosos e autônomos. Por exemplo, o drone mais temido e bem-sucedido que se conhece hoje para fins militares, construído pelo engenheiro espacial Abe Kareem (ODrones, 2015) em 1977, para o qual foram necessárias 30 pessoas para controlá-lo. Atualmente, pode-se controlar qualquer tipo de veículo remotamente, e até não controlar, usando uma programação de rota para eles.

Ainda que a construção deste veículo seja para a área militar, ele se expandiu para outras áreas como a do entretenimento e do lazer. O modelo mais empregado é o chamado quadricóptero composto de quatro hélices dispostas em cruz. Suas diversas aplicações no mercado impulsionaram os estudos no ramo da construção e manutenção desses veículos.

Na figura 1 pode-se observar, com a ajuda de uma ferramenta chamada *Google Trends*, a popularidade da pesquisa realizada pelos usuários da *internet*, interessados em ter conhecimento sobre drones, em azul, e veículos aéreos não tripulados, em vermelho, que são assuntos relacionados. Observa-se que em um intervalo de cinco anos este assunto está sendo cada vez mais difundido na educação popular.

Figura 1: Popularidade do drone



Fonte: Google Trends (2017)

As outras imagens que estão disponíveis na ferramenta apresentam a popularidade desses assuntos separados por regiões.

Figura 2: Mapa da popularidade do assunto, por regiões



Fonte: Google Trends (2017)

Nota-se que a palavra “drone” é mais pesquisada em regiões como a América do Norte e França. Já com o assunto “Veículo aéreo não tripulado” as regiões que por ele há mais buscas são: Rússia e Ucrânia. Devido aos assuntos serem semelhantes, com o mesmo objetivo, esta discrepância nos resultados se diz a cultura de cada região, algumas conhecem um assunto por um determinado nome ou termo.

2.2 Tipos

A aerodinâmica dos drones depende do tipo de asas que cada um tem, podendo ser giratórias ou fixas. As asas fixas têm uma aerodinâmica mais estável, e com isso sugere serviços mais longos e trajetos distantes, já os drones com asas giratórias são sugeridos para os serviços relativamente perto da sua referência, e são mais fáceis de serem manuseados. Observa-se mais claramente na figura 3.

Figura 3: Tipos de asas

			
Tipo	Asa Fixa	Asa Plana	Multirotor
Autonomia	AMPLA	MUITO AMPLA	LIMITADA
Aplicação	Espaços Abertos	Espaços Distantes	Espaços Confinados

Fonte: Coutinho (2016)

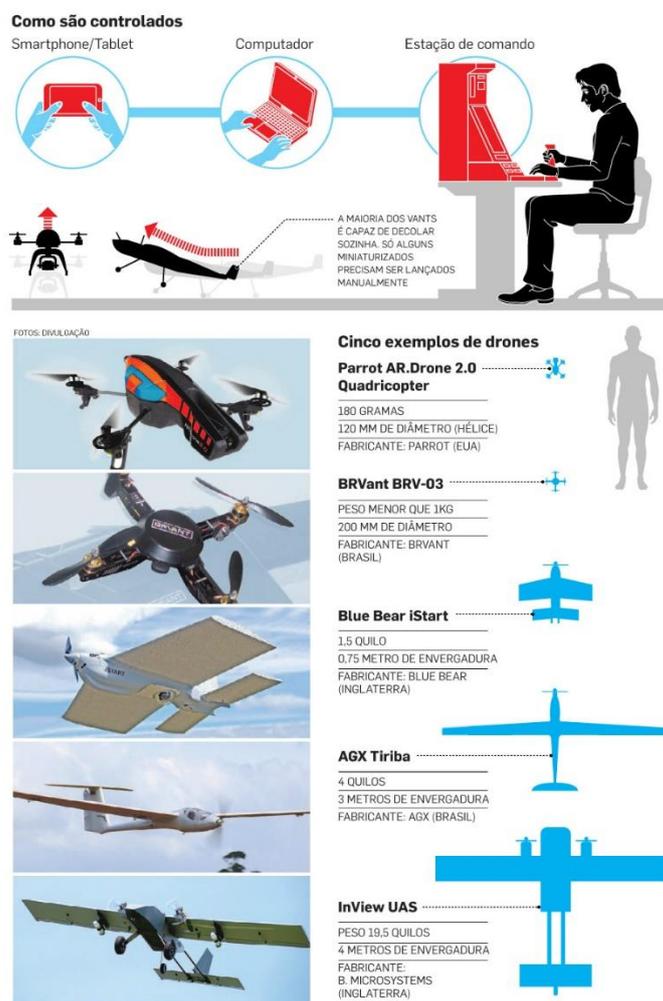
Eles existem em vários modelos e tamanhos, sendo adaptados ao fim para qual são utilizados, de acordo com o site *Doctor Drone* (2015), existem cinco tamanhos diferentes para se caracterizar esse tipo de veículo:

- Os **micros** que contem até 2kg e não mais que 15 centímetros, que podem ser chamados de drones *palm*, os quais cabem na palma da mão e popularmente usados para tirar *selfies* (fotos de si mesmo).
- Os **minis** que contém de 2 a 7kg, que são pequenos suficientes para serem lançados por uma pessoa.
- Os **pequenos** que contém de 7 a 25kg, usados com um lançamento com catapultas ou similares.

- Os **médios** que contém de 25 a 150kg, usados para reconhecimento com autonomia de diversas horas e raio até de 200km.
- Os **grandes** que contém mais de 150kg, geralmente usados para operações táticas em embarcações, para reconhecimento e de uso exclusivamente militar.

Observa-se na figura 4 com mais detalhes os diversos tamanhos.

Figura 4: Tamanhos dos drones



Fonte: Rocha (2013)

2.3 Componentes do drone

O drone que foi construído é constituído pelos seguintes componentes:

2.3.1 Motores Brushless

Motores Brushless Outrunners, são aqueles que giram em torno de sua carcaça junto com o eixo central. Estes motores são os mais fáceis de serem manuseados para a construção de um sistema de voo, pois são fabricados para o uso direto em drones, sem a necessidade de implementação. Os motores usados são de 1000kv. A sigla KV refere-se a quantos RPM's que o motor gira por volt, os quais funcionam com 10 volts cada, totalizando 10.000 rotações por minuto. Na figura 5 pode-se observar o modelo de motores usados nesse projeto.

Figura 5: Motor Brushless



Fonte: Autor (2017)

2.3.2 Hélices 10x4.5

Essas hélices são as mais adequadas para este tipo de motor, pois exerce um empuxo de 915 gramas para cada uma, o que totaliza um peso de 3,6kg que este drone pode levantar. Como pode-se notar, as hélices com esta proporção, medem entre 25 e 26 centímetros de diâmetro.

Figura 6: Hélices usadas para este projeto



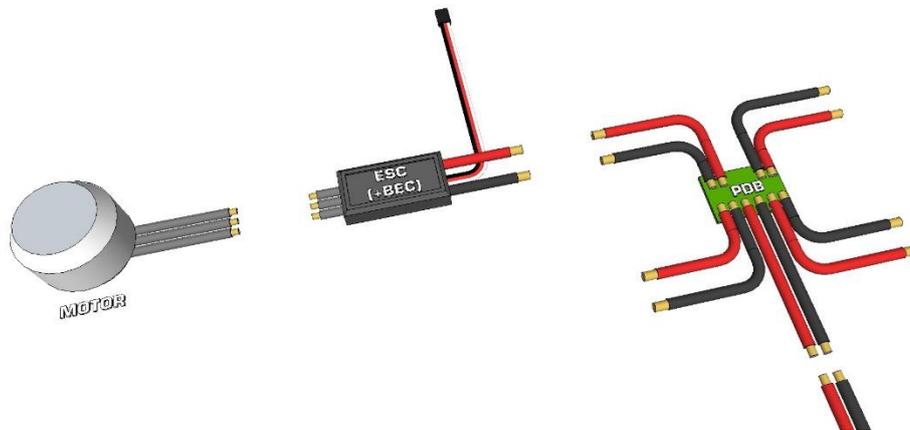
Fonte: Autor (2017)

Há sentidos corretos para cada hélice. Na figura 6, a de cor azul é reversa, e a preta é normal. Isso significa que as hélices reversas vão girar em sentido anti-horário, o qual é identificado em cada uma com a letra R, e as normais em sentido horário. Uma das vantagens dessa hélice, é que por ter a ponta grossa e cortada quase sem afiná-la, dá-se um empuxo muito forte em relação as outras, com isso uma decolagem rápida é garantida. Uma das desvantagens, é por ter justamente esse corte quase reto e ser relativamente grande, gastará muita energia para se fazer um drone desse porte alçar voo.

2.3.3 ESC 30A FLYING

Os ESC's (*Electronic speed control*) são controladores de velocidade, e também fornecem a tensão necessária para que os motores funcionem corretamente. Este modelo já vem incluso o BEC (*Battery eliminator circuit*), que funciona como um eliminador de carga para que a mesma bateria que alimenta os motores seja usada para alimentação do circuito eletrônico que comanda o drone. Na figura 7 pode-se ver a ligação feita entre um ESC, um motor e a placa de distribuição.

Figura 7: Ligação motor-esc



Fonte: Benson (2015)

Fornecendo pulsos elétricos para o motor, o ESC pode direcionar o motor para uma rotação no sentido horário ou anti-horário, isso dependerá do tipo de ligação que será realizada entre esses dois componentes.

2.3.4 Bateria Lipo 11.1v 2800mAh 40c 3s

Esta bateria fornece energia suficiente para este veículo funcionar por 30 minutos sem intervalo. Como se entende, a bateria é de 11.1v, tem uma capacidade de descarga contínua de 2800mAh, possui 3 células e um descarga total de 112A ($2,8A \times 40c = 112A$)

ou 112.000mAh de descarga). Foram colocados novos adaptadores na bateria para que seus cabos pudessem acoplar corretamente com os conectores dos ESC's.

Figura 8: Bateria



Fonte: Autor (2017)

2.3.5 Rádio Receptor FLYSKY FS-T6 6 canais 2,4GHz

Este receptor foi usado para o controle do quadricóptero com um alcance aproximado de 1500 metros.

Figura 9: Radio controlador FS-T6



Fonte: HobbyPartz (2017)

2.3.6 PLACA CONTROLADORA

O intuito deste trabalho é realizar a comparação do custo-benefício de duas placas controladoras. Para isso foram usadas uma placa controladora do modelo kkMulticopter v5.5, a qual é própria para o uso em drones de até seis motores, e um Arduino e seus complementos, para que as duas placas tenham as mesmas especificidades.

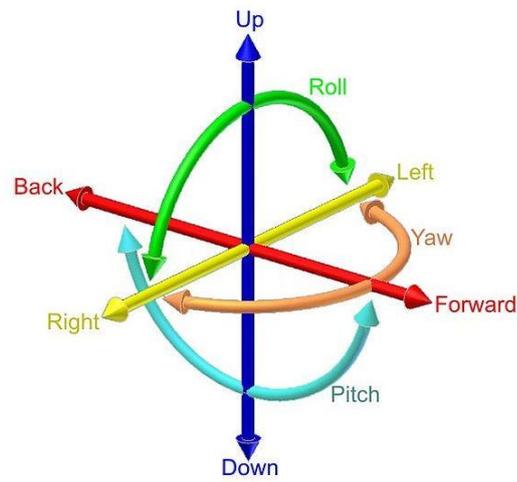
Para se ter entendimento de uma construção de um drone, necessita-se saber do controle de voo de um veículo aéreo. Um drone, ou qualquer veículo aéreo faz 4 e tipos de movimento no seu voo, os quais são chamados de *Roll*, *Pitch*, *Yaw* e *Throttle*.

- **Roll** – este movimento refere-se à inclinação da esquerda para direita e vice-versa. Sinal positivo indica o lado direito, sinal negativo indica o lado esquerdo do drone. Pode-se observar em verde na figura 10.
- **Yaw** – este movimento refere-se à rotação no sentido horário ou anti-horário do veículo. Sinal positivo enviado pelo controle indica o sentido horário, sinal negativo, sentido anti-horário. Pode-se observar em laranja na figura 10.
- **Pitch** – refere-se ao movimento de inclinação para frente e para trás. Sinal positivo recebido fará com que o drone incline para frente, sinal negativo a inclinação é realizada para trás. Pode-se observar em azul claro na figura 10.

- **Throttle** – refere-se ao movimento de subida e descida do veículo. Quando o *Throttle* é positivo, faz o drone voar mais alto, quando é negativo faz um voo mais baixo. Pode-se observar em azul escuro na figura 10.

Observa-se mais claramente cada função de giro na figura 10, abaixo.

Figura 10: tipos de movimento no drone



Fonte: Review (2017)

2.3.6.1 kkMulticopter v5.5

Esta placa foi escolhida para ser analisada devido ao seu baixo custo, e a sua baixa complexidade de entendimento, podendo-se assim ser mais facilmente comparada as outras placas.

Na figura 11, observa-se como os componentes desta placa são dispostos para que seu *design* seja o menor possível.

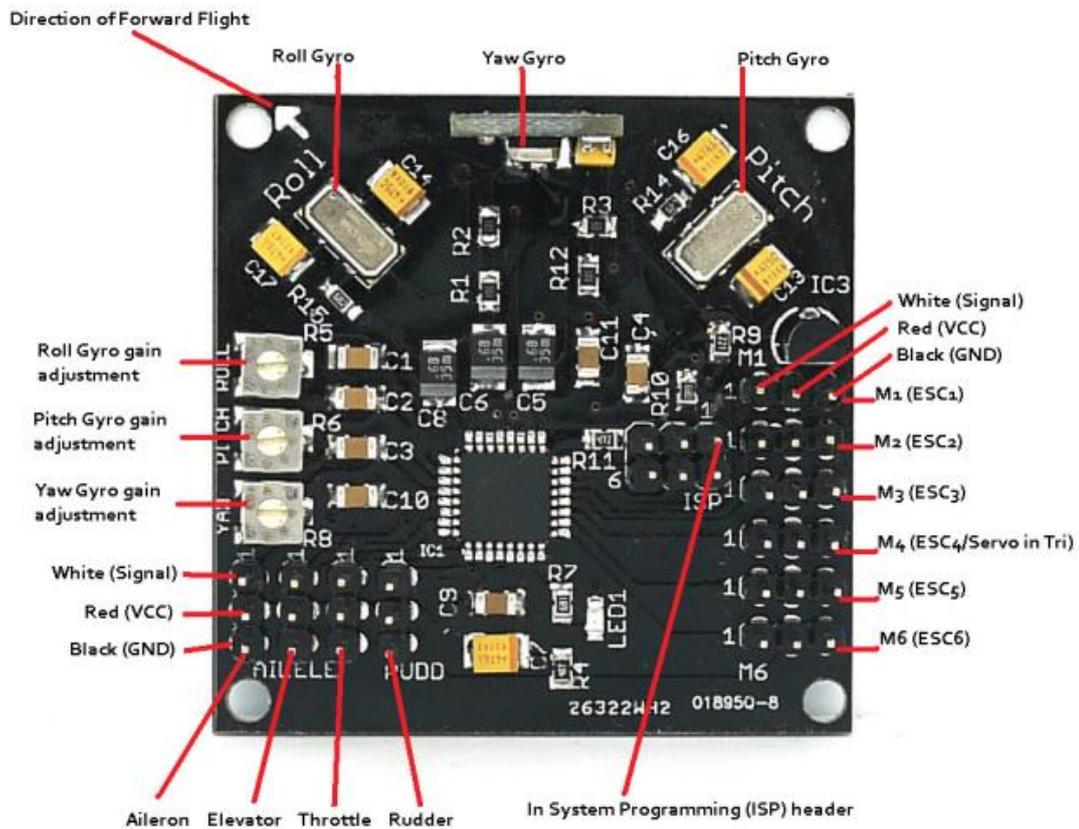
Figura 11: kkMulticopter



Fonte: Autor (2017)

Na placa estudada já existem os componentes básicos para se fazer um veículo aéreo não tripulado de até seis hélices, ou seja, um hexacóptero, utilizando o processador ARV Atmega168 e giroscópio. Abaixo, na figura 12, pode-se analisar os componentes descritos na imagem, os quais se adicionam a placa.

Figura 12: Componentes da placa



Fonte: Manual KKMulticopter

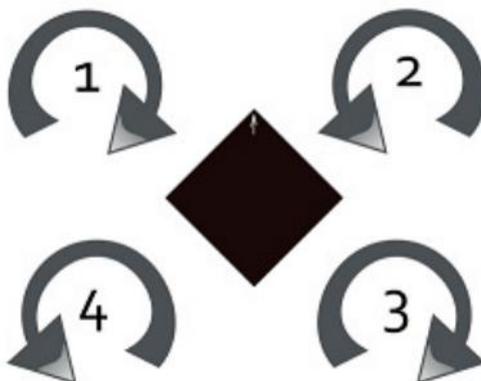
Observa-se ao lado esquerdo da imagem, três resistores variáveis que se referem ao ajuste do *Pitch*, *Roll* e *Yaw*. Estes ajustes devem ser feitos mediante conhecimento básico desses movimentos, que foram explicados no tópico anterior. No Lado inferior da imagem, pode-se ver quatro fileiras de pinos de conexão, do tipo macho, que são os pinos onde se conectam os cabos do receptor. Os pinos são:

- *Aileron*, direção de movimentação esquerda e direita que se refere ao *Roll*.
- *Elevator*, este é o movimento que se refere ao *Pitch*.
- *Throttle*, fornece a energia suficiente para as hélices elevar o drone.
- *Rudder*, ele controla o *Yaw*, que é a direção em que o drone se encontra.

O posicionamento da placa para realização da conexão dos ESC's refere-se à sinalização próximo ao *Roll*, pode-se analisar essa referência a partir da figura 12, ela também é usada para a orientação direcional do drone, ou seja, a sinalização que se refere

ao norte. Os pinos de conexão que se encontram na parte inferior direita na figura 12, são as conexões dos ESC's. Essas conexões são feitas de cima para baixo, seguindo a ordem das hélices, no sentido horário, de acordo com a figura 13 abaixo.

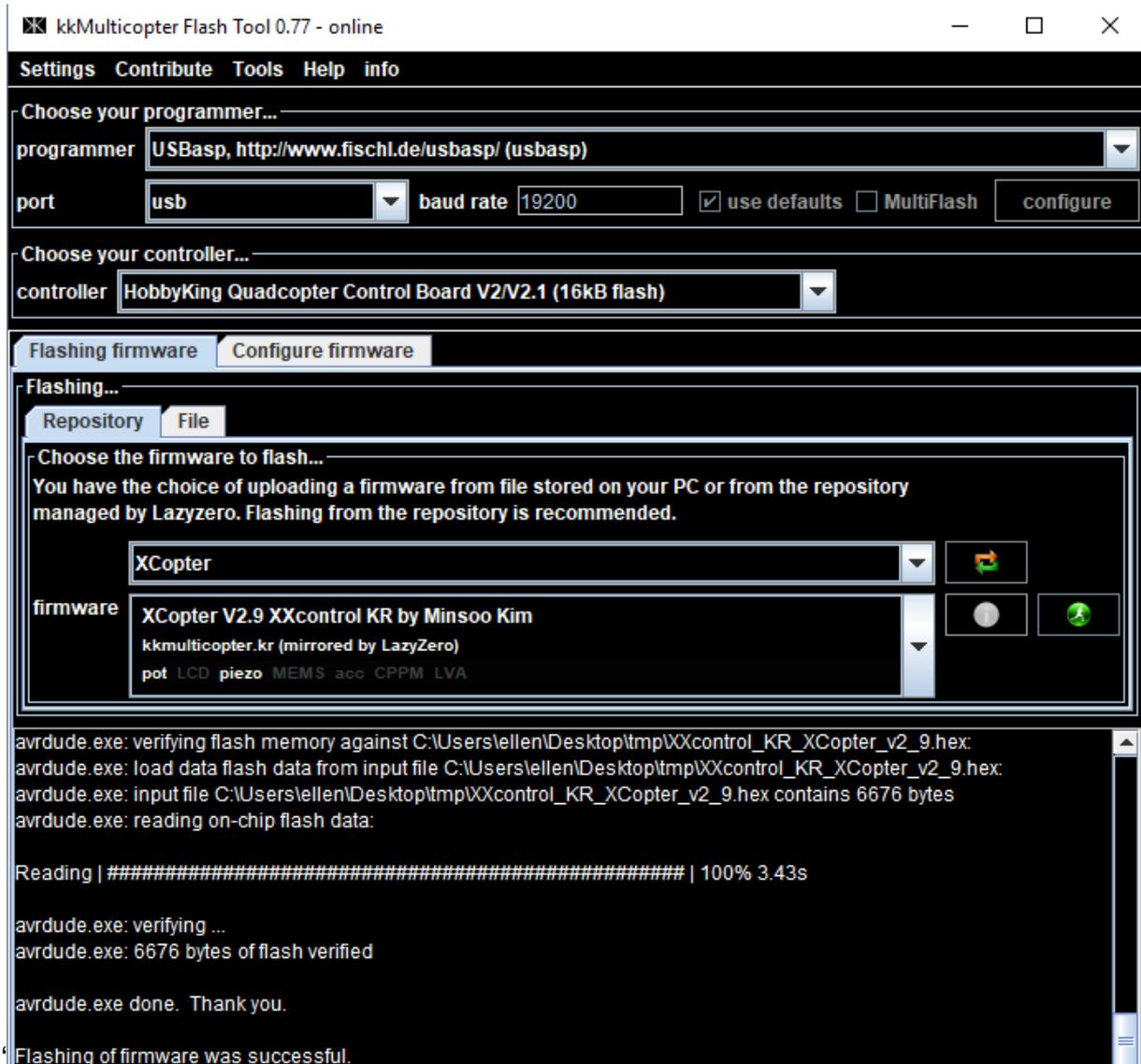
Figura 13: ordem de ligação dos ESC's



Fonte: Manual KKMulticopter (2017)

Ao lado dos pinos dos ESC's, pode-se observar, ainda na figura 12, os pinos de conexão que são usados para a compilação do programa. O *software* que é usado para se compilar o código se chama *kkflashtool_win64*. Nele se encontram várias versões e tipos de programas para os mais variados modelos de drones que esta placa suporta. Na figura 14, nota-se a funcionalidade do *kkflashtool_win64*. Na aba *Repository* do *software* seleciona-se o tipo do drone usado e qual versão do programa a ser compilado na placa.

Figura 14: Software *kkflashtool_win64*



Fonte: Autor (2017)

Na imagem acima o programa já foi compilado para a placa ser usada para testes de voo.

2.3.6.2 Arduino Nano

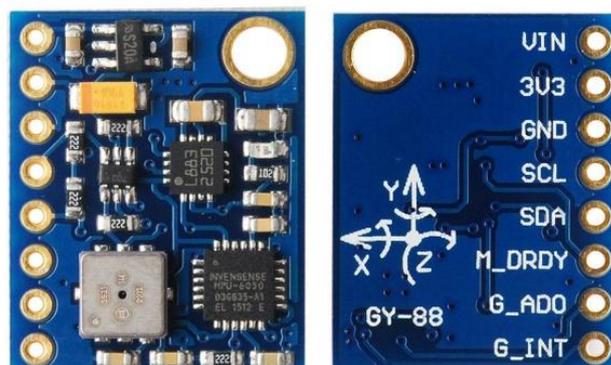
O Arduino Nano foi usado para a comparação com a placa KKMulticopter devido à sua facilidade de implementação e por seu tamanho reduzido. Por ser uma plataforma *open*

source, ou seja, o software pode ser elaborado da forma mais aplicável ao projeto do usuário. O Arduino também oferece uma adaptabilidade modular, onde pode-se adicionar e retirar módulos à placa principal, como por exemplo: sensores (giroscópio, magnetômetro, barômetro, etc.), comunicadores (Bluetooth, radio frequência, WiFi, Ethernet, etc.), podem ser adicionados ao projeto.

O Arduino oferece uma comunicação em tempo real via cabo USB com a estação de desenvolvimento, podendo assim analisar e acompanhar o desempenho dos sensores e a programação. Para este projeto foi utilizado a placa GY-88, a qual contém três sensores combinados a ela, que são:

- **HMC5883L** que é um magnetômetro de três eixos, cuja sua funcionalidade é medir a intensidade, direção e sentido dos campos magnéticos, assim é possível a utilização como bússola tridimensional e travamento da direção do veículo.
- **BMP085** que é um barômetro e sensor de temperatura, utilizado para medir a pressão atmosférica e travar a altitude do veículo.
- **MPU6050** que é um giroscópio e acelerômetro. O giroscópio mede a velocidade angular, que são os eixos *Pitch*, *Rolle* *Yaw*, e o acelerômetro, a aceleração linear que são os eixos x, y e z, porém soma a aceleração da gravidade na resposta.

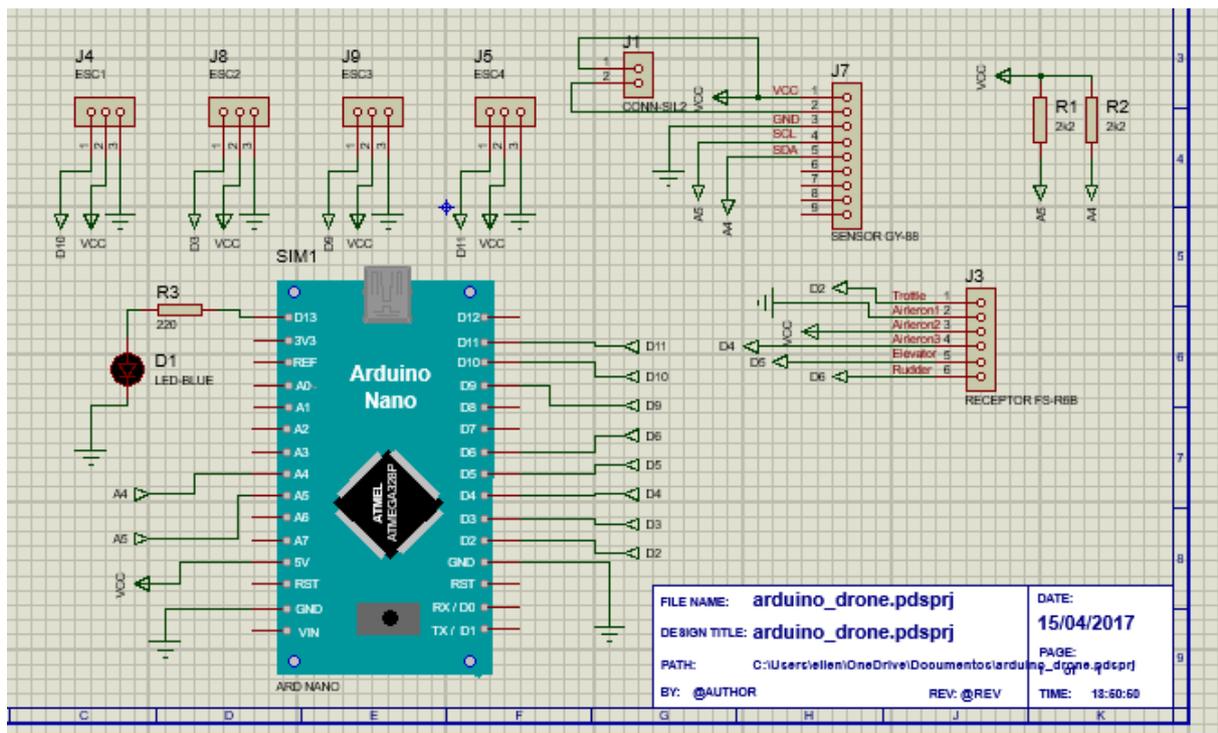
Figura 15: GY-88



Fonte: langlen (2017)

Assim como na placa kkMulticopter, este componente tem uma referência de direção, pode-se observar na figura 15 essa referência que se situa na parte superior direita, a qual necessita estar direcionada corretamente para o norte. O projeto da placa de acoplamento foi desenvolvido no software Proteus 8.4, analisado abaixo na figura 16.

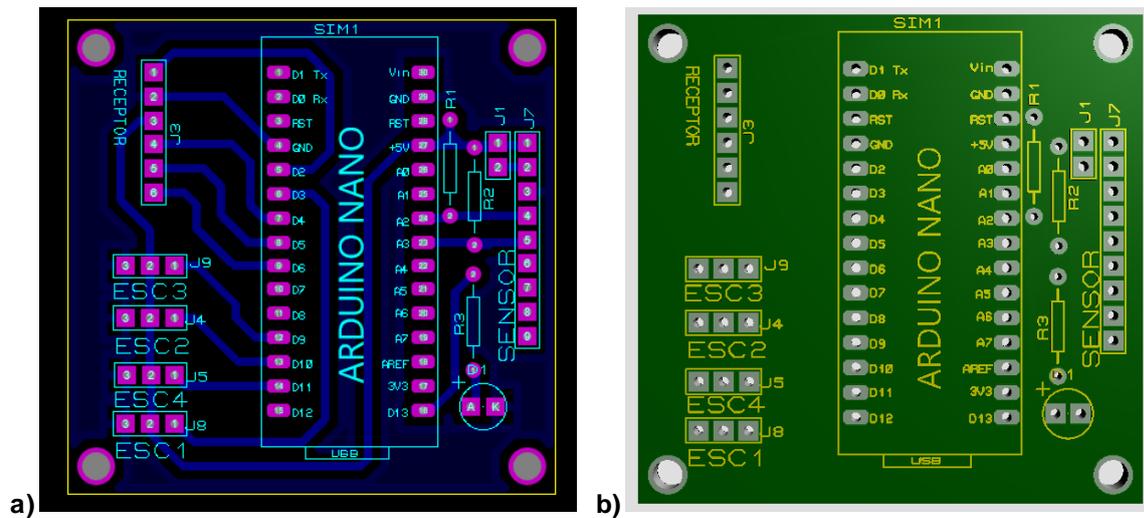
Figura 16: Projeto desenvolvido no Proteus



Fonte: Autor (2017)

Na figura 17 a., explora-se mais a fundo as ligações de cada componente disposto à placa controladora. A ligação dos pinos D3, D9, D10 e D11, são responsáveis por controlar a aceleração dos motores enviando um sinal PWM para os ESC's. Nos pinos D2, D4, D5, e D6 estão conectados os pinos do receptor, o qual também envia sinal PWM em cada um de seus canais. O sensor está diretamente ligado aos pinos de sinal analógico A2 e A3. Na figura 17 b., observa-se o modelo 3D da placa.

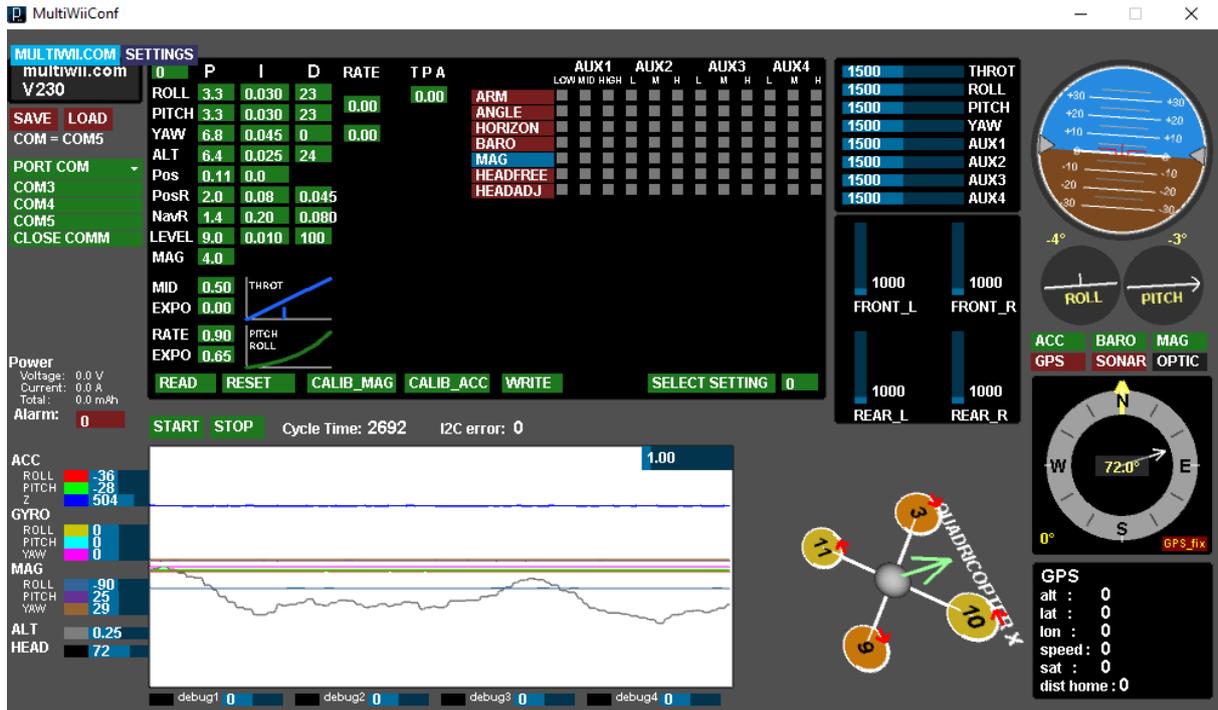
Figura 17: desenho da placa desenvolvida



Fonte: Autor (2017)

Como o Arduino é uma plataforma *open source*, existe um programa já pré-configurado para utilização em drones, este é muito popular nessa área e é nomeado como *MultiWii*, cuja configuração é dividida em duas partes. A primeira parte é a da programação, a qual o usuário a configura a partir dos componentes usados para a implementação da placa controladora, utilizando próprio *software* do Arduino. A segunda parte é um painel utilizado para calibração dos sensores e visualização do funcionamento de cada componente do drone, como pode-se analisar abaixo, na figura 18.

Figura 18: MultiWiiConf



Fonte: Autor (2017)

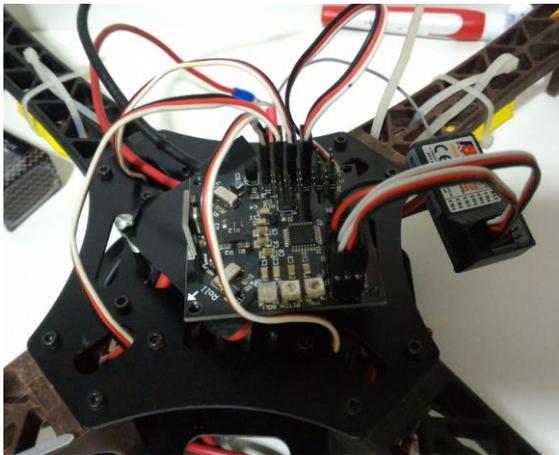
Analisando a figura 18, no canto superior da imagem, há um controle de PID que este *software* já nos disponibiliza, relacionados com os movimentos do veículo, os quais foram citados acima que são *Pitch*, *Roll*, *Yaw*, logo mais abaixo, existem gráficos referente ao controle desses movimentos. Ao lado direito observa-se um visor de nível, uma bússola para orientação, entre várias outras referências para se calibrar e corrigir erros de construção antes de alçar o primeiro voo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As duas placas foram implementadas realizando os devidos ajustes. A placa confeccionada foi ajustada e calibrada para que realizasse um voo corretamente. E no Arduino, foi projetada a placa, realizado a calibração utilizando-se o programa MultiWii. No decorrer dos estudos realizados, pode-se analisar quais as vantagens e desvantagens de cada uma. Na placa *kkMulticopter* observa-se a facilidade de implementação, pois não necessita de um conhecimento muito aprofundado, tanto na programação, quanto na

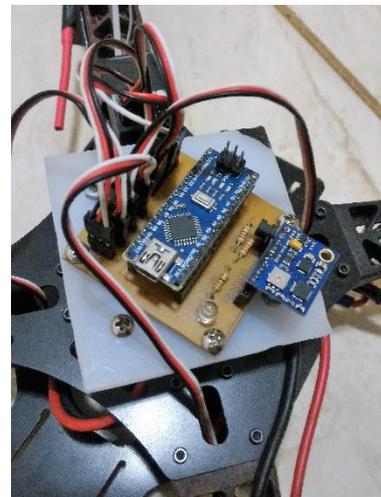
conexão com os ESC's e receptor, pois é muito intuitivo na execução das ligações. Uma das dificuldades encontradas na realização dessa implementação foi a falta de material disponibilizado quando se surgia algum contratempo, como por exemplo na sua calibração, ou na tentativa de alçar voo pela primeira vez. Foi descoberto que na fabricação dessa placa, houve um erro em seu projeto, o qual algumas placas apresentavam defeitos, como a comunicação correta com os motores. Nas figuras 19 e 20, observa-se as placas implementadas no drone.

Figura 19: KKMulticopter



Fonte: Autor (2017)

Figura 20: Arduino na placa implementada



Fonte: Autor (2017)

O tempo de voo das placas estudadas, foi o mesmo. Observa-se que o consumo de bateria para a placa com o Arduino foi menor do que a placa KKMulticopter, uma vez que esta placa é implementada para com esse intuito, já era previsto esse resultado. A rotação dos motores quando se usou Arduino foi maior, por possuir um alto controle de voo do máximo e mínimo através do programa *Multiwii*, já no *kkflashtool_win64* não temos essa possibilidade.

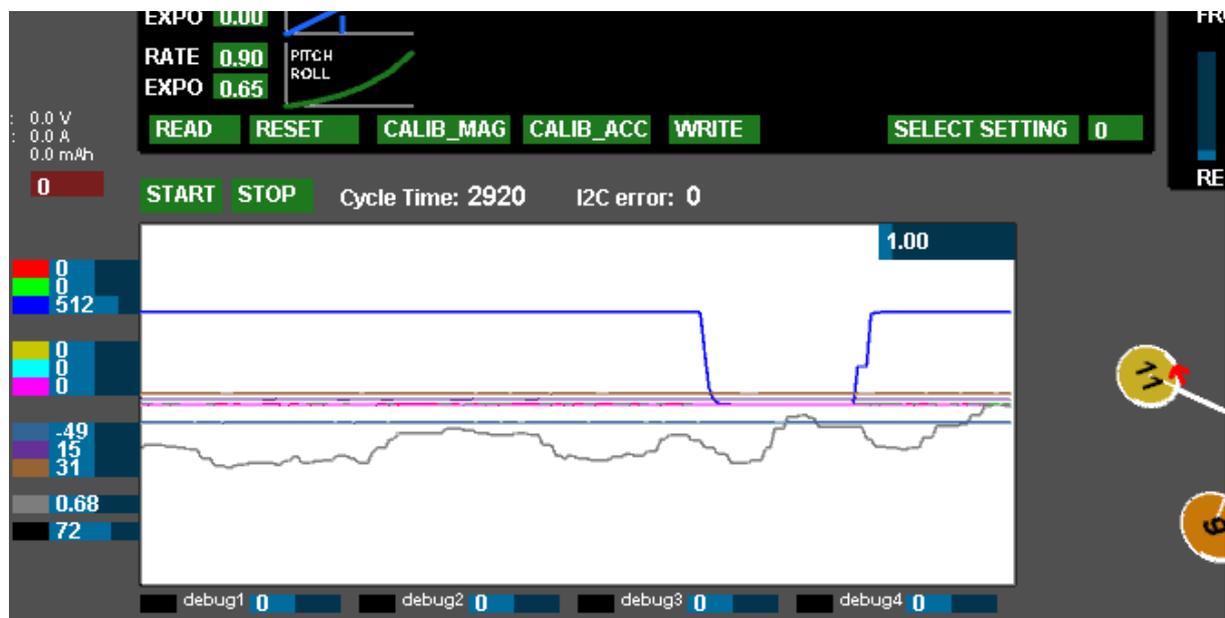
Uma das dificuldades encontradas em relação ao programa da placa KKMulticopter foi na sua dificuldade na instalação do driver do USB Asp. Para que fosse possível a

compilação do programa a instalação desse drive teve que ser realizada de maneira manual, desabilitando a detecção de assinatura de drivers do Windows.

Na placa implementada com os sensores e Arduino, observa-se uma dificuldade maior na sua construção, pois se necessita de um conhecimento mais aprofundado em eletrônica, e no desenvolvimento do projeto. Em contrapartida, existem mais materiais disponibilizados para se construir uma placa desse tipo, do que para a manutenção da KKMulticopter. No Arduino podem ser adicionados mais módulos em seu desenvolvimento, com isso afirma-se que ele é um ótimo meio de aprendizagem para quem quer se aprofundar mais no assunto.

Uma das vantagens do MultiWii é que pode-se observar em tempo real como a calibração está sendo realizada. Conforme a figura 21, foi realizada a calibração do sensor GY-88. Isto é afirmado devido à queda repentina da linha azul, presente no gráfico.

Figura 21: Calibração do sensor GY-88 em andamento



Fonte: Autor (2017)

Este estudo foi indispensável para analisar a relação custo-benefício entre as placas, pois sua funcionalidade é a mesma. Para que isso fosse possível analisou-se as

necessidades do usuário, seu conhecimento em eletrônica e programação, e o que é essencial para que um drone alce voo.

4 CONCLUSÃO

Para um usuário com pouco tempo e conhecimento em eletrônica, a placa KKMulticopter é uma ótima opção para ser usada. Porém, devido às dificuldades encontradas, como instalação do driver do USB Asp, um usuário sem muita instrução não conseguiria realizar por se tratar de um assunto mais técnico.

A placa confeccionada com o Arduino é bem mais confiável, pois o usuário saberá como concertar os erros que irão aparecer, contando com o seu conhecimento aprofundado em eletrônica. E com a ajuda do programa MultiWii o usuário verá o processo de calibragem acontecendo em tempo real, o que facilitaria sua usabilidade.

Portanto, em termos de preço as duas placas saíram quase pelo mesmo valor. Mas, para quem está atrás de conhecimento o Arduino é uma ótima opção para implementação e confiabilidade.

5 REFERÊNCIAS

BAKKE, Rolf; HERMANNSEN, Jussi; BARTON, Mike. **KK Multicopter**: KKmulticontroller v.5.5 “Blackboard” The Multicopter Flight Controller. Disponível em: <<http://www.robotshop.com/media/files/pdf/user-manual-kk-control-package.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2017.

BENSON, Coleman. **How to Make a Drone / UAV – Lesson 5: Assembly**. 2015. Disponível em: <<http://www.robotshop.com/blog/en/how-to-make-a-drone-uav-lesson-5-assembly-15762>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

BUFF, Drone. **How to fly a quadcopter the easy way**. Disponível em: <<https://dronebuff.com/how-to-fly-a-quadcopter/>>. Acesso em: 01 mai. 2017.

CATARINA, G1 Santa. **Agricultores de SC usam drones para reduzir tempo, custo e até agrotóxicos.** 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/campo-e-negocios/noticia/2016/11/agricultores-de-sc-usam-drones-para-reduzir-tempo-custo-e-ate-agrotoxicos.html>>. Acesso em: 23 mai. 2017.

COUTINHO, Ítalo. **A aplicação de drones na manutenção predial e industrial.** 2016. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/9866119/>>. Acesso em: 27 maio 2017.

DRONE, Doctor. **Tipos de Drones.** 2015. Disponível em: <<http://doctordrone.com.br/tipos-de-drones/>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

GLEN, Ian. **Arduino Module Buying Guide.** 2017. Disponível em: <<http://ianglen.me/misc/arduino-module-buying-guide/>>. Acesso em: 01 mai. 2017.

HOBBYPARTZ. **FlySky FS-T6 2.4ghz Digital Proportional 6 Channel Transmitter and Receiver System.** Disponível em: <<http://www.hobbypartz.com/79p-t6-6ch-radio-lcd.html>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

LARA, Marcos Bandera de. **Este drone es del tamaño de una mosca y es capaz de aterrizar boca abajo.** 2017. Disponível em: <<http://omicronno.espanol.com/2017/03/drone-tamano-mosca/>>. Acesso em: 08 mai. 2017.

ODRONES. **História dos Drones: do início aos dias de hoje.** 2015. Disponível em: <<https://odrones.com.br/historia-dos-drones/>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

ORNANDO. **Baterias LiPo, diferenças entre 10C, 20C, 30C, 40C, 60C....** 2015. Disponível em: <<http://tecnologiaurbana.com.br/2015/05/baterias-lipo-diferencas-entre-10c-20c-30c-40c-60c/>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

REVIEW, Rc Hobby. **How to Fly a QuadCopter – The Ultimate Guide.** 2017. Disponível em: <<https://www.rchobbyreview.com/fly-quadcopter-ultimate-guide/>>. Acesso em: 25 mai. 2017.

ROBOLINK. **Beginners Series Lesson 4: Throttle, Yaw, Pitch and Roll.** Disponível em: <<http://www.robolink.com/lesson-b04-flight-part-ii/>>. Acesso em: 25 mai. 2017.

ROCHA, Camilo. **Drones buscam o mercado civil**: Fabricantes brasileiros de vants esperam regulamentação da Anac para poder vendê-los para o uso comercial. 2013. Disponível em: <<http://link.estadao.com.br/noticias/geral,drones-buscam-o-mercado-civil,10000033705>>. Acesso em: 27 maio 2017.

TRENDS, Google. **Drone**. Disponível em: <<https://trends.google.com/trends/explore?q=drone,/m/0g2bc>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

UBIRATAN, Edmundo. **A origem dos vant**: As primeiras aeronaves não tripuladas tais como as conhecemos hoje surgiram logo após o fim da Segunda Guerra. 2015. Disponível em: <http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/origem-dos-vant_1907.html>. Acesso em: 28 mar. 2017.

VIEIRA, Marcelo Ribeiro. **A função do BEC**. 2014. Disponível em: <<http://www.aerodelismoeassim.com/2014/09/a-funcao-do-bec.html>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

ZAMAN, Faisal. **Nothing Beats a Clean Signal (especially for Drones/UAVs)**. 2015. Disponível em: <<http://www.ualtre.com/2015/10/nothing-beats-a-clean-signal/>>. Acesso em: 25 abr. 2017.