**Drone**

Drone é o nome popular adotado por qualquer tipo de Veículo Aéreo Não Tripulado(ou VANT), uma aeronave que não necessita de pilotos embarcados. Os Drones no geral, são munidos de elevado número de sensores e mecanismos capazes de realizarem diversas tarefas.

**Planejado com objetivos militares**

Planejado inicialmente com objetivos militares, os primeiros Drones foram concebidos para serem usados em missões que eram prejudiciais para humanos.

**Pesquisas recentes**

Hoje as pesquisas estão voltadas para a tentativa de se produzir aeronaves de combate que tenham condições de agir de forma autônoma, com a intuição próxima de um ser humano

**Quadrirotores**

Nos últimos anos vem se tornando uma aérea atrativa de pesquisa devido à possibilidade de substituição do homem em várias atividades, dentro destes tipos de aeronaves, os quadrirotores vêm ganhando destaque em estudos voltados para aérea de modelagem dinâmica e desenvolvimento de métodos de controle automático para estabilização e regulação de voo devido à complexidade de controle.

**Complexidade de controle de estabilização**

A preferência pelo estudo dos Drones se dá em decorrência do conhecimento que se tem a respeito da complexidade em mantê-lo estável e apto para o voo

**Justificativa**

O uso de VANT´s ou Drones não é necessariamente novo, contudo, só recentemente, com o avanço na tecnologia de processamento de dados, desenvolvimento de softwares, materiais cada vez mais leves, equipamentos de navegação global, como GPS e sensores, assim como muitas outras tecnologias, esse tipo de tecnologia se expandiu e reforçam a capacidade de desenvolvimento de projetos nessas áreas.

Dentre muitas utilidades os Drones tem aplicações de inspeção de infraestruturas como pontes e hidrelétricas, e supervisão de instalações industriais. Utilização em fotos aéreas, medições de grandes áreas, vistoriar e acompanhar obras públicas como rodovias, elaboração de mapas e relatórios

Na área militar, é possível efetuar monitoramento de fronteiras, Incêndios florestais, invasões de terras indígenas, desmatamento ilegal, conflitos agrários ou mineração ilegal seriam assim descobertos em tempo real, com apenas os voos do Drone.

É notável o crescimento do uso de Drones, principalmente, no reconhecimento de áreas que possam apresentar risco à vida humana. Os quadrirotores têm sido popularizados para diversas funcionalidades, uma vez que ele não exige campos abertos para pouso e decolagem podendo realiza-los verticalmente. Além disso, ele possui características interessantes como capacidade de pairar no ar, ser menos sensível a turbulências e voar em baixa velocidade.

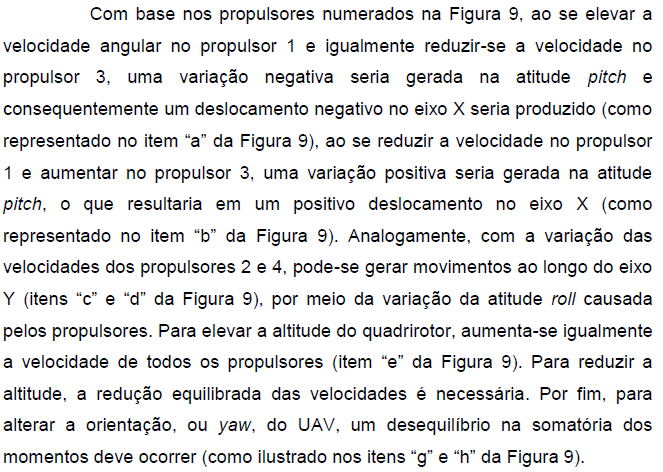
**Fundamentação** **teórica**

**Quadrirotores** - Quadrirotores são veículos aéreos de asas rotativas (popularmente conhecidas como hélices), com quatro rotores em configuração de cruz, nos quatro vértices extremos da estrutura cruzada A posição dos motores de cada propulsor fica de forma que o empuxo seja gerado na mesma direção. As forças exercidas pela hélice são perpendiculares ao plano dos motores, no seu centro, possui todos os equipamentos de medição, controle, comunicação e energia

**Princípio de funcionamento -** Um quadrirotor possui um esqueleto que pode ser utilizado com configuração em “X” ou configuração em “+”, relativamente a direção preferencial de voo. Podemos verificar que dois motores giram em sentido horário e dois no sentido anti-horário. Isto é necessário para eliminar o efeito torque gerado pelos rotores

**Posição absoluta do quadrirotor -** A posição absoluta do quadrirotor é descrita por três coordenadas (x, y, z) do centro de massa em relação ao plano de referência terra. Sua atitude absoluta é descrita por três ângulos, estes ângulos são chamados respectivamente ângulo de guinada (ou Yaw, em inglês), ângulo de inclinação (ou Pitch, em inglês) e ângulo de rolagem (ou Roll, em inglês.Estes ângulos são muitos importantes para implementação das técnicas de controle

**Movimentações lineares e angulares –**

Além dos comandos de posição absoluta do quadrirotor, existe o movimento vertical, que se dá através do comando throttle (aceleração), aumentando a velocidade de rotação, o que amplia as forças de elevação. Se as forças aplicadas forem de mesma intensidade para os quatro motores, o quadrirotor irá deslocar-se na vertical de baixo para cima e se esta velocidade diminuir, as forças sofrem um decréscimo Todos os movimentos elementares podem ser combinados possibilitando o quadrirotor se movimentar em qualquer direção no espaço.

**Arduino -** A parte de controle e eletrônica do quadrirotor foi desenvolvida sob uma placa de desenvolvimento Arduino Mega2560, é uma placa baseada no microcontrolador ATmega2560, que apesar de seu custo mais elevado, apresenta uma maior capacidade de processamento e versatilidade que outros microcontroladores similares.

**Sensores** –

Um acelerômetro em termos básicos é um instrumento para medir aceleração.

Um Giroscópio para medir movimentos e detecção de movimento angular.

O Magnetômetro é um instrumento usado para medir a intensidade, direção e sentido de campos magnéticos em sua proximidade. Assim, informam baseados no campo magnético do planeta o norte absoluto.

Altímetro – barométrico e ultrassónico.

GPS

O kit de comunicação por radiofrequência foi constituído por dois módulos transceptores, transmitem dados através de sinalização digital numa frequência de 433 MHz.

**TRABALHO DESENVOLVIDO**

O quadrirotor do projeto é constituído de um conjunto de quadro motores do tipo brushless, e cada motor com uma hélice do tipo SF projetadas para baixas rotações, os motores estão localizados nos extremos de uma estrutura em forma de X, Frame como é chamada. Cada motor está ligado a um ESC, que é encarregado pelo controle de velocidade. Na pratica, este dispositivo possui internamente um microcontrolador e alguns transistors FETs, ele recebe do Arduino um sinal PWM e aciona o motor de acordo com o período da onda PWM. Os ESCs são conectados diretamente a uma bateria do tipo LiPo, de três células capaz de fornecer até 12.6 volts contínuos.

Os ESCs possuem internamente o circuito BEC, que fornece uma saída estabilizada de 5V que é utilizado para alimentação do Arduino Mega 2560, que por sua vez possui um regulador de tensão de 3.3 volts que é utilizado para alimentar a unidade inercial que comunica com o Arduino Mega a partir dos canais SDA e SCL utilizando o protocolo I2C. o módulo receptor do rádio também utiliza a saída de 5 volts dos ESCs, ele recebe o sinal do rádio controle a frequência de 2.4ghz, utilizando modulação PPA ou PCM.

O módulo GPS é alimentado com uma das saídas de 5 volts do Arduino Mega, eles utilizam uma das portas serial para comunicação. O kit 3DR Telemetry Air também utiliza como alimentação uma das saídas de 5 volts do Arduino Mega, ele está conectado a uma das portas serial do Arduino, e recebe o sinal do transmissor da estação base, vindo interface web que envia as coordenadas para execução da missão autônoma.

**METODOLOGIA**

**Firmware de Controle**

Plataforma Arduino Mega - O firmware de controle foi desenvolvido sob a plataforma Arduino Mega, que permitiu técnicas avançadas de controle em tempo real.

Software MultiWii - No início do projeto o desejo era desenvolver um Drone utilizando o Arduino e fazer toda a programação de controle de estabilização e navegação desde o zero. Após efetuar várias pesquisas e conversas com especialistas de áreas envolvidas, além do conhecimento em programação para Arduino, teríamos que ter um conhecimento aprofundado de métodos de controle Proporcional Integral Derivativos (PID) e outros vários conceitos de física e eletrônica. Esse não era nosso caso, decidimos partir para uma solução intermediaria. De todos os projetos de controladores de voo para quadrirotores procurados foi escolhido o Software MultiWii.

MultiWii é um projeto de código aberto, é um software de uso geral, capaz de controlar um tricopter, um quadricopter ou um hexacopter. Ele é totalmente compatível com a plataforma Arduino.

Inclusão da Biblioteca do Sonar -Antes de fazer o Upload do software para o Arduino Mega foi necessário várias configurações importantes no código, as configurações foram definidas no arquivo config.h.

Controle Proporcional, Integrativo e Derivativo (PID) - Uma das parte mais importantes do código de controle do quadrirotor é o método de Controle PID, o quadrirotor utiliza um esquema de controle em malha fechada responsável pela sua estabilidade e capacidade para manobras. O controlador PID é o método mais utilizado na indústria. Este controlador tenta operar sobre o sinal do erro, que seria a diferença entre o ângulo desejado e o estimado.

Sistema de Navegação autônoma - O sistema de navegação utilizado foi usado como base o código de navegação criado sob a plataforma MultiWii, A versão funciona com uma placa baseada no microcontrolador AtMega2560 e GPS de série. Para inclusão desse modulo de navegação foi necessário efetuar a calibração de todos os sensores, o modo de estabilização ajustado, funções MAG e BARO tem que estar funcionando corretamente.

Foi incluído no software um novo modo de voo, GPSMODE é modo de navegação, que pode ser configurado para ser habilitado pelo canal auxiliar radio controle.

**Interface Web para telemetria** - A interface Web para telemetria foi desenvolvida utlizando AngularJS no Front-End. No Back-End foi utlizado a API Socket.io para podermos trabalhar com os dados em tempo real, e um servidor simples Express rodando com NodeJs. Esta aplicacao tem o objetivo de estabeler a interface entre o utilizador e o Drone, ela recebe os dados de telemetria do módulos transceptores 3DR durante o voo, e os converte para informações gráficas de simples interpretação pelo usuário.

**RESULTADOS OBTIDOS**

Durante o desenvolvimento do protótipo foram identificado várias dificuldades que foram contornadas, e outras que não foram possíveis de serem contornadas.

Foram realizados testes de voo para assegurar primeiramente que o Drone seria capaz de voar e se manter estável, sem quaisquer problemas

**TESTES DE VOO**

Teste de voo 1: Depois da montagem, com os parâmetros de controle Default, Neste teste de voo o Drone foi colocado em um gramado. Utilizou-se o controle remoto para este teste. O stick do Throttle(aceleração) foi gradualmente aumentado e logo já deu para ver as vibrações nos braços do Frame. Foi aumentada a aceleração até uns 50%, O Drone levantou a aproximadamente um metro do chão e logo caiu. Isto deveu-se que os valores de controle dos atuadores precisariam de ajustes.

Teste de voo 2: Este teste foi feito no mesmo local do teste anterior, alguns parâmetros de controle já foram modificados, comecand no o teste, o impulso foi gradualmente aumentado até o que Drone saísse do chão, no entanto o Drone imediatamente se tornou instável e voou em direção a uma arvore e caiu de lado no chão. Desta vez houve a quebra de uma das hélices. Fez se a substituição da hélice, e novamente a tentativa não obteve sucesso.

Teste de voo 3: Este teste tentou demonstrar se o Drone é capaz de um voo estável. Aqui outros parâmetros de controle ajustados. Usando o controle remoto, foi aumentada a propulsão até que o Drone começasse a levantar do chão. O Drone decolou violentamente, e foi possível verificar muita vibração nos motores, rapidamente foi ao chão, levando a quebra de mais uma hélice.

Neste teste estava se utilizando hélices de dez polegadas, o que foi concluído neste teste é que o diâmetro da hélice não estava dimensionado corretamente para a estrutura montada. A hélice de dez polegadas foi indicada pelo fabricante dos motores escolhidos, conforme o tipo de bateria utilizada. Foi feita uma pesquisa a fóruns da internet relacionados ao assunto, verificou-se que a hélice ideal utilizada pela maioria ficava entre oito e nove polegadas. Para o teste seguinte foi feita a compra mais kits de hélices com diâmetro oito polegadas por quatro e meio de passo, e kits de hélices de nove polegadas de diâmetro com quatro e meio de passo.

Teste de voo 4: Com as hélices novas em mãos, foi colocada a hélice de 9 polegadas, Este teste foi numa garagem fechada com o Drone pendurado no teto, e desejou-se apenas que o Drone se mantivesse estável. Agora com a hélice de nove polegadas. Pegamos um elástico, desses que se coloca em roupas, cuidadosamente amarramos no Drone e penduramos no teto em um gancho metálico. Foi deixado uma folga suficiente para que o Drone ficasse acima do chão.

Usando o acelerador do controle remoto, foi aumentada a propulsão até que o Drone começasse a levitar. Com aproximadamente um metro e meio do chão, foi regulada a aceleração até que ele ficasse pairando no ar. O impulso foi aumentado, e depois de chegar a uma certa velocidade, o Drone tornou-se instável e ultrapassado sobre vários eixos. Isto demonstrou que, mesmo com elasticidade como um fator, os valores de controle ainda precisavam ser revistos.

Teste de voo 5: Este teste foi feito da mesma maneira do teste de voo 4, porem agora testamos a hélice de oito polegadas, no entanto ao aumentarmos a aceleração, o elástico se soltou e o Drone foi direto na parede. Houve a perda de três hélices de uma vez, se soltaram várias peças eletrônicas. Esse teste nos forçou a reparação da estrutura, consideramos que para os próximos testes de voo, teriam que ser feitos em um ambiente mais estável, para evitar a perda de mais componentes.

Teste de voo 6: Devido a problemas criados pelo teste anterior, vários componentes tiveram que ser recolocados e fixados. Com base no que foi verificado no teste anterior a hélice que produziu uma forca de empuxo mais suave, e visualmente produziu menos vibrações foi a hélice de oito polegadas. Então prosseguimos os testes com esta hélice. Ainda verificávamos o problema de controle de estabilidade. Assim criamos uma estrutura de testes que permitiu que focássemos os testes somente nos eixos Pitch e Roll. A estrutura foi feita de madeira.

Com uma corda o Drone foi fixado, amarrando os quatro braços na estrutura. Esperava que o teste isolaria o eixo que estava causando a instabilidade. No entanto, depois de aumentar o impulso os resultados obtidos foram semelhantes aos testes efetuados anteriormente, o Drone tornava-se instável em ambos os eixos e ficava se debatendo. Assim, foi decidido que o deveríamos isolar os testes em um único eixo para que conseguíssemos determinar as constantes de estabilidade corretas.

Teste de voo 7: Utilizando a mesma estrutura, modificamos os métodos de testes para que o Drone se movimentasse em torno de apenas um eixo, retiramos duas hélices e colocamos uma haste rígida, e a fixamos na estrutura de forma que os movimentos de apenas um dos eixos ficasses livres para movimentações.

Os testes foram repetidos várias vezes com diferentes valores de controle de PID. Alguns parâmetros testados fez com que o Drone não se estabilizasse, já outros parâmetros causavam uma sobrecorreção de estabilidade. Um conjunto de valores testados até conseguiram que o Drone ficasse estável, mas isso, até uma certa velocidade de aceleração dos motores, em que a sobrecorreção ficava demasiada. Nesta etapa dos testes chegamos à conclusão que ajustar os valores ideais de PID é um problema.

Fizemos algumas pesquisas nesta área, encontramos vários artigos sobre o assunto, existe muitos algoritmos complexos que estão relacionados com PIDs adaptativos e Logica Fuzzy, queríamos encontrar uma solução simples e prática para o problema. Encontramos o algoritmo chamado de G\_TUNE, que permite que o Drone calcule os valores de PID dinamicamente utilizando as leituras do giroscópio. O algoritmo funciona da seguinte maneira: primeiro o G\_TUNE começa redefinindo os valores de PIDs de todos os eixos para zero. Ao iniciar a decolagem como o algoritmo ativo, ele irá calcular o erros e atualizar os parâmetros de PID automaticamente.

Teste de voo 8: Após a adicionado o algoritmo G\_TUNE no firmware de controle do Drone, estávamos prontos para prosseguir com os testes. Em um ambiente aberto livre de obstáculos, foi acionado o modo G\_TUNE, consequentemente os valores de PID foram zerados, usando o acelerador do controle remoto, foi aumentada a propulsão até que o Drone começasse a sair do chão. O Drone voo cerca de dois metros do chão, e estava aparentemente calibrado. O algoritmo após ativado fica atualizando os valores do PID, então conforme comportamento do algoritmo deve desativar o modo G\_TUNE em pleno voo para se fixar os valores definidos. Feito isto o Drone se desestabilizou rapidamente, caiu no chão. Desta vez quebrou um par de hélices e o transceptor radio 3DR embarcado se partiu ao meio.

Teste de voo 9: O firmware de controle foi atualizado, foram fixados os valores de PIDs resultantes do último teste, e as hélices quebradas foram substituídas. Utilizando o acelerador do controle remoto, foi aumentada gradativamente a propulsão. Depois de tentar o teste novamente, o mesmo problema ocorreu. O Drone decolou, e chegou a atingir cinco metros de altura, ficou pairando no ar por pelo menos vinte segundos, e foi indo em direção a uma arvore, na tentativa de intervir no controle do Drone para não bater no obstáculo, virando o stick do Aileron (Eixo Roll) ele fez um loop no ar e caiu severamente, quebrando os últimos kits de hélices disponíveis para os testes.

Isto provou que, mesmo com o código atualizado o problema ainda estava presente. Depois deste teste problemático, outros procedimentos de testes de voo e novas variáveis foram consideradas, mas este foi o último teste de voo devido a limitações de tempo.

**CONCLUSÃO**

Desenvolvimento do projeto - Neste trabalho foram apresentados todos os componentes necessários para se construir um Drone do tipo quadrirotor, cada parte estrutural que o compunha foi devidamente ajustada, contribuindo para o bom funcionamento do protótipo. Além disso o firmware de controle desenvolvido foi capaz de integrar todos os sensores necessários para atingir a meta de um voo autônomo.

Interface de telemetria - A interface de telemetria desenvolvida apresentou bons resultados e cumpriu seu propósito, atuando como fonte de dados para captação de dados do sistema em tempo real.

O voo totalmente autônomo não foi alcançado - Os resultados finais mostraram que nem todas as especificações e a metas estabelecidas no início do projeto foram atendidas. Apesar de que o voo totalmente autônomo não foi alcançado, o Drone tinha claramente o potencial para atingir o objetivo de voo, todas as etapas metodológicas foram criteriosamente seguidas para que o resultado fosse satisfatório.

Sequência das etapas de desenvolvimento - É importante observar que se, uma destas etapas de desenvolvimento ou testes não sendo bem sucedida prejudicaria as outras etapas. Várias iterações de projeto foram feitas na tentativa de criar um Drone adequado para os objetivos do projeto.

Deseja-se de que este trabalho possa posteriormente servir como uma base para pesquisa de acadêmicos interessados no tema. No geral, foi construído um Drone completo neste projeto, com todos os requisitos necessários conforme meta definida. O Drone tinha o poder de voar a grande altitudes, mais faltava a estabilidade. Mais iterações asseguraria o seu futuro sucesso.

**TRABALHOS FUTUROS**