

UnB - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FGA - FACULDADE GAMA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA BIOMÉDICA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

UTILIZAÇÃO DE DRONES PARA PRESERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE DO CERRADO NO
JARDIM BOTÂNICO DE BRASÍLIA

FÁBIO QUEZADO SOARES

ORIENTADOR: PROFESSOR DOUTOR
FABIANO ARAÚJO SOARES

BRASÍLIA/DF, JUNHO DE 2018

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DO GAMA
ENGENHARIA BIOMÉDICA**

**"UTILIZAÇÃO DE DRONES PARA PRESERVAÇÃO DA
BIODIVERSIDADE DO CERRADO NO JARDIM BOTÂNICO DE
BRASÍLIA"**

FÁBIO QUEZADO SOARES

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À FACULDADE UNB GAMA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA
A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM ENGENHARIA BIOMÉDICA.**

APROVADA POR:



**PROF. DR. FABIANO ARAÚJO SOARES – FGA / UNB
(ORIENTADOR)**



**PROF. DR. ADSON FERREIRA DA ROCHA - ENE / UNB
(EXAMINADOR INTERNO)**



**PROF. DR. CRISTIAN VENDITTOZZI – FGA / UNB
(EXAMINADOR EXTERNO)**

BRASÍLIA, 14 DE JUNHO DE 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

SOARES, Fábio Quezado

Utilização de drones para preservação da biodiversidade do Cerrado no Jardim Botânico de Brasília, [Distrito Federal] 2018.

61p., 210 x 297 mm (FGA/UnB Gama, Mestre, Engenharia Biomédica, 2018). Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade Gama. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.

- | | |
|----------------------------|--------------------|
| 1. Monitoramento Ambiental | 2. Drones |
| 3. Biodiversidade | 4. Saúde humana |
| I. FGA UnB Gama/ UnB. | II. Título (série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SOARES, Fábio Quezado (2018). Utilização de drones para preservação da biodiversidade do Cerrado no Jardim Botânico de Brasília. Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica, Publicação 092A/2018, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Faculdade Gama, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 61p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: FÁBIO QUEZADO SOARES.

TÍTULO: UTILIZAÇÃO DE DRONES PARA PRESERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE DO CERRADO NO JARDIM BOTÂNICO DE BRASÍLIA.

GRAU: Mestre

ANO: 2018.

É concedida pelo autor à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Brasília, DF, junho de 2018



DEDICATÓRIA

Ao Professor Fabiano. Companheiro de caminhada ao longo do Curso de Mestrado em Engenharia Biomédica. Que acreditou em mim e foi importante na minha vida acadêmica e no desenvolvimento deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais que me incentivaram e sempre estiveram ao meu lado. Obrigado pela minha esposa por sempre me acompanhar e me dar suporte nas horas mais difíceis deste estudo. À minha família que me ensinou a ser uma pessoa sempre melhor a cada dia. Sou grato à Vânia e sua equipe da superintendência técnica do Jardim Botânico de Brasília por dar suporte aos objetos deste estudo, este trabalho também é de vocês! Aos professores Fabiano, Cristiano, Marcelino, Adler e Marcus do curso de Engenharia Biomédica da FGA que me acompanharam na vida acadêmica, orientando e compartilhando conhecimentos e meu obrigado à Denise, secretária do curso, por sempre estar à minha disposição quando precisei. Também agradeço a AESS, equipe de alunos de graduação, que me ajudaram a construir o drone. Agradeço a Deus por colocar em minha vida tantos amigos que me ajudaram a pôr em prática todo conhecimento que adquiri neste mestrado.

RESUMO

Este projeto envolve o emprego de novas tecnologias, como o uso de veículos aéreos não tripulados (drones), para proteção da biodiversidade e gestão ambiental do Cerrado, visando à prevenção de agravos e doenças à saúde humana e animal. O uso do drone, como foco deste trabalho, foi escolhido devido à precisão e alta definição das imagens obtidas com uma câmera acoplada, permitindo monitorar grandes áreas em tempo real e com baixo custo, o que o torna uma ferramenta atrativa para o monitoramento, em especial do Jardim Botânico de Brasília e sua Estação Ecológica, áreas de grande interesse de preservação para o Distrito Federal. Através de controles que permitem um voo autônomo estável, o drone é capaz de obter dados e imagens em tempo real de determinada área que poderão auxiliar na preservação do meio ambiente, como o controle do plantio, da erosão, de invasões, além da prevenção e combate a incêndios. Como área de estudo e de aplicação prática, o Jardim Botânico de Brasília, com cerca de cinco mil hectares, foi escolhido por ser uma área protegida de diversidade biológica significativa, de referência para atividades de pesquisa em áreas como botânica, zoologia, ecologia e recuperação de áreas degradadas, que dependem essencialmente de trabalho de campo. Neste trabalho, além da construção de um drone com características apropriadas para voo em área de vegetação e de difícil acesso, foram definidos procedimentos para elaboração de um plano de voo com adaptações às regras estabelecidas pelas autoridades competentes do setor aeronáutico com vistas à obtenção dos resultados esperados. Os mosaicos construídos com imagens de diferentes modos de voo apresentaram resultados satisfatórios que permitiram estabelecer um padrão de monitoramento das áreas pesquisadas.

Palavras-chave: Monitoramento Ambiental; Drones; Biodiversidade; Cerrado; Saúde humana e animal; Novas Tecnologias; Boas Práticas de Gestão.

ABSTRACT

This project involves the use of new technologies, such as the use of unmanned aerial vehicles (drones), to protect biodiversity and environmental management of the Cerrado, aiming at the prevention of grievance and diseases to human and animal health. The use of the drone, as the focus of this work, was chosen due to the precision and high definition of the images obtained with a coupled camera, allowing to monitor large areas in real time and with low cost, which makes it an attractive tool for the monitoring, in special of the Botanical Garden of Brasília and its Ecological Station, areas of great interest of preservation for the Federal District. Through controls that allow a stable autonomous flight, the drone is able to obtain real-time data and images of a certain area that can assist in the preservation of the environment, such as planting control, erosion, invasion, and prevention and firefighting. As an area of study and practical application, the Botanical Garden of Brasília, with approximately five thousand hectares, was chosen as a protected area of significant biological diversity, a reference for research activities in areas such as botany, zoology, ecology and recovery of degraded areas, which depend essentially on field work. In this work, besides the construction of a drone with characteristics suitable for flying in a vegetation area and difficult to reach, procedures were defined for the elaboration of a flight plan with adaptations to the rules established by the competent authorities of the aeronautical sector with a view to obtaining the results expected. The mosaics constructed with images of different flight modes presented satisfactory results that allowed to establish a monitoring pattern of the surveyed areas.

Key-words: Monitoring Environment; Drones; Cerrado; Biodiversity; Human and Animal Health; New Technologies; Good Management Practices

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO	15
3	CONSTRUÇÃO DE UM DRONE PARA AUXILIO À PRESERVAÇÃO DE RESERVAS DO DF	24
4	METODOLOGIA DO PROCESSAMENTO DE IMAGENS	28
5	RESULTADOS	34
5.1	Escolha da controladora para o drone.....	34
5.2	Obtenção de imagens para o mosaico.....	35
5.3	O campo de murundus	39
5.4	Voo automático assistido.....	41
5.5	Plano de voo	42
5.6	Mosaicos do plantio.....	44
6	DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....	48
7	APÊNDICE	50
7.1	CONSTRUÇÃO DE UM DRONE:.....	50
7.2	MONTAGEM DO DRONE:.....	57
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Campos de visão da GoPro 4 Hero para cada característica da câmera com adaptações (GoPro, Inc.).....	36
Tabela 2 – Características de imagem baseado na configuração <i>Narrow 16x9</i>	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Delimitação da região da APA Gama e Cabeça de Veado – fonte IBRAM.....	18
Figura 2 – Mapa de fitofisionomias da EEJBB (GDF,2009)	23
Figura 7 – Foto ampliada da imagem aérea feita pelo drone mostrando ponto significativo para segmentação	29
Figura 3 – Foto aérea feita pelo drone em escala de cinza e a limiarização em preto e branco	30
Figura 4 – Matriz representando crescimento de regiões a partir de pixels sementes.....	31
Figura 5 – Matrizes representando a técnica de separação.....	31
Figura 6 – Matrizes representando a técnica de descontinuidade com ponto, linhas e bordas.....	32
Figura 8 – Mosaico do campo de murundus do Jardim Botânico (4095x2262, resolução: 8,5cm/pixel)	37
Figura 9 – Imagem em perspectiva (<i>Photoscan</i>), mostrando o alinhamento das imagens e orientação do voo	39
Figura 10 – Mosaico do Cerrado Típico (resolução: 1,34 cm/pixel)	40
Figura 11 – Mosaico do campo de murundus e Cerrado típico (4096x2857, resolução 2,43cm/pixel)	41
Figura 12 – Mosaico obtido pelo voo autônomo (2974x1956, resolução de 1,83 cm/pixel)	42
Figura 13 – Área degradada e plano de voo dividido em setores – Google Maps	43
Figura 14 – Imagem em perspectiva (<i>Photoscan</i>), mostrando a sequência com espaço de 40m das imagens (833 fotos).....	44
Figura 15 – Mosaico-Teste com espaçamento de 40 metros (4096x1904, resolução: 4,77 cm/pixel)	44
Figura 16 – Imagem em perspectiva (<i>Photoscan</i>), mostrando a sequência de imagens em voo aleatório (833 fotos)	45
Figura 17 – Mosaico do Setor 1 não padronizado (9689x5138, resolução 9,52 mm/pixel).....	46
Figura 18 – Imagem em perspectiva (<i>Photoscan</i>), mostrando a sequência de imagens em voo a baixa altura (279 fotos)	47
Figura 19 – Mosaico do Setor 1 feito a baixa altura (4096x1466, resolução 4,57 cm/pixel).....	47
Figura 20- Placa Controladora de Voo APM2.6	50
Figura 21- Módulo <i>Ublox</i> GPS junto com a Placa Controladora APM2.6	51
Figura 22 - Motor Brushless + ESC 30A	51
Figura 23- Frame Q450	52
Figura 24 - Bateria LiPo 8.000 mAh 14.8 volts 4S	53
Figura 25 - Par de hélices de 10 polegadas	53
Figura 26 - Carregador/Balanceador LiPo	54
Figura 27 - Alarme de Bateria LiPo Baixa.....	54
Figura 28 - Conector XT60 Macho	55
Figura 29 – Conector JST.....	55
Figura 30 - <i>Tyrap</i>	56
Figura 31 - Radio Controle 2,4 GHz da Turnigy 9 canais	56
Figura 32 - ESC – Microcontrolador regulador de energia para os motores.....	57
Figura 33 - Placa com soldagem de 4 ESC's	57
Figura 34 - Representação do sentido de rotação de cada hélice no drone	58

LISTA DE SIGLAS

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil

APA – Área de Preservação Ambiental

APP – Área de Proteção Permanente

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

CINDACTA – Centro Integrado de Defesa e Controle do Espaço Aéreo

DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo

EEJBB – Estação Ecológica do Jardim Botânico

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBRAM – Instituto Brasília Ambiental

JBB – Jardim Botânico de Brasília

MMA – Ministério do Meio Ambiente

PMABB – Programa de Monitoramento Ambiental

PNSA – Política Nacional de Saneamento Ambiental

PROMAQ – Programa de Monitoramento de Área Queimada dos Parques e Unidades de
Conservação do Distrito Federal

SARPAS – Solicitação de acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas

SIFT – *Scale-Invariant Feature Transform*

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado

ZEEDF – Zoneamento Ecológico do Distrito Federal

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado ocupa aproximadamente 25% do território nacional, sendo o segundo maior bioma brasileiro e um dos que mais sofreu alterações com a ocupação humana, ficando atrás somente da Mata Atlântica (Medeiros, 2011). O bioma Cerrado possui apenas 8,6% de sua área protegida por unidades de conservação, sendo que aproximadamente 3,1% desse bioma é protegido na forma de proteção integral, tais como os Jardins Botânicos (Brasil, 2015).

Os Jardins Botânicos são espaços protegidos e destinados à pesquisa botânica e ciências afins. Tornaram-se importantes centros de conservação da biodiversidade e referência nas ações de promoção à saúde e da manutenção do ciclo de desenvolvimento sustentável do ecossistema (BGCI, 2001).

Sabe-se que as áreas protegidas estão cada vez mais ameaçadas pelo crescimento urbano e pela implantação de atividades econômicas que concorrem para fragmentação de habitats, criando um mosaico de ilhas isoladas do habitat original, sendo esse um fato notório e perceptível no Distrito Federal (Reis e Souza, 2014).

A contenção dos impactos que a urbanização vem causando ao redor das áreas de preservação é um fator preocupante tanto que as autoridades já vêm demonstrando interesse em criar políticas públicas abordando a questão de saneamento ambiental, devido à sua grande relevância.

O Cerrado, em particular no DF, é ameaçado com queimadas na época de seca (Brasil, 2011) e o controle do incêndio é feito, geralmente, por unidades de solo (brigadistas e bombeiros), as quais correm risco de vida por danos respiratórios e de pele (ICMBIO, 2010). Unidades aéreas podem auxiliar na prevenção e no suporte ao combate de incêndio, reduzindo perdas de áreas de preservação e, sobretudo, salvando vidas, tanto de pessoas, quanto de animais da região.

O detalhamento das áreas de preservação com a utilização de recursos como o sistema de posição global (GPS), associando a imagens fixas ou em movimento, tem sido a ferramenta utilizada na conservação do Cerrado nas áreas protegidas do Jardim Botânico de Brasília (JBB). A obtenção de imagens de satélite com alta definição representa um custo relativamente elevado.

A grande vantagem do drone é a precisão com que se pode detectar e monitorar áreas em tempo real e o custo baixo, o que o torna interessante para o monitoramento de áreas como a do JBB, sua Estação Ecológica (EEJBB) e do mosaico de unidades de conservação em que estão inseridos.

As facilidades existentes na realização do voo autônomo, associado com o baixo custo do recobrimento e do sistema fotogramétrico tornam os drones viáveis como tecnologia aplicada à preservação ambiental.

O drone é uma ferramenta que pode auxiliar o monitoramento contínuo e fornecer dados de ótima qualidade para ajudar os técnicos a embasar a avaliação de eficiência da tática de combate a incêndio.

O objetivo deste trabalho é a construção de um drone com câmera de alta definição acoplada, capaz de obter imagens cujo processamento permite monitorar o terreno, acompanhar o plantio de árvores nativas para recuperação da Área de Preservação Permanente (APP) e observar os possíveis danos ambientais. Este estudo verificará se a coleta de imagens de alta definição por meio do sobrevoo do drone pode ser utilizada para identificar possíveis danos causados ao meio ambiente e à saúde da população do Distrito Federal. No futuro poderá ser feito o acompanhamento de espécies nativas e invasoras, o combate de incêndio nas áreas do JBB, EEJBB e entorno, além da prevenção de agravos e doenças que possam repercutir na saúde humana e dos animais, usando como ferramenta principal o drone.

Para alcançar este objetivo, após a construção do drone será desenvolvida uma metodologia de voo, com a finalidade de obter imagens de áreas escolhidas para criação posterior de um mosaico do JBB.

Este estudo faz parte de um trabalho maior de implementação de novas tecnologias na preservação do Jardim Botânico de Brasília, objeto de pesquisa do prof. Fabiano Araújo Soares, da Faculdade UnB Gama, conforme aprovado pelo conselho e colegiado da Faculdade Gama - FGA. O trabalho maior explora tecnologias como *Câmeras Trap*, semeador automático, Portal Interativo para os visitantes, anemômetro, banco de dados para *Data Fusion*, entre outros. Esses trabalhos estão em processo de execução e serão publicados oportunamente.

Como marco teórico, buscamos a fundamentação nos estudos de Koh e Wich (Koh, 2012), especialistas em imagens de satélite e sensoriamento remoto para a realização de monitoramento territorial, e nos estudos de Gonzalez (Gonzalez, 2010) sobre processamento de imagens.

A presente dissertação se desenvolverá em cinco capítulos:

No capítulo 1 apresentamos o objetivo do trabalho e a fundamentação teórica;

No capítulo 2 será desenvolvida a contextualização, expondo o cenário atual do meio ambiente no JBB e as principais agressões sofridas;

No capítulo 3 será discutido o uso de novas tecnologias para proteção do meio ambiente, no que consiste o drone e a sua capacidade de voar de forma autônoma e assistida. Será descrita a construção do protótipo que deverá ser capaz de receber acessórios e sensores para mapeamento das áreas de interesse do JBB;

No capítulo 4 será apresentado o estudo sobre o processamento de imagens para conhecimento e posterior utilização do programa de montagem do mosaico;

No capítulo 5 serão avaliados os resultados obtidos pelo drone protótipo cujo detalhamento de construção fazem parte do Apêndice deste trabalho.

Os resultados do presente trabalho se revelaram favoráveis ao uso de drones como ferramenta de monitoramento do Jardim Botânico de Brasília. Os mosaicos construídos com imagens de diferentes modos de voo apresentaram resultados satisfatórios que permitiram estabelecer um padrão de monitoramento das áreas pesquisadas e que servirão na alimentação de um banco de dados para estudos futuros destinados a proteção ambiental e a promoção da saúde humana.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2013), as novas tendências demográficas e econômicas que surgiram no país nos últimos 50 anos trouxeram consigo significativos impactos sobre os ecossistemas e o aumento da situação de vulnerabilidade de determinadas parcelas da população, colocando em risco a própria sustentabilidade do desenvolvimento nacional. O MMA também destaca a importância de se ter uma visão estratégica do território que permita conciliar as metas de crescimento econômico e de combate às desigualdades sociais com a conservação dos recursos naturais.

É clara a importância de se gerir o território de forma eficiente. Para tanto, é recomendável uma gestão integrada das diferentes áreas, tais como: infraestrutura, segurança, habitação, desenvolvimento, meio ambiente, recursos hídricos, entre outras, de forma a conciliar as diferentes políticas, e demais instrumentos de gestão, existentes.

De maneira geral e simplificada, uma forma de se avaliar uma ação é fazer uma comparação entre seu ponto inicial e o final. Quando se trata de meio ambiente, no entanto, é importante conhecer todo o percurso realizado na ação ao longo do tempo, de forma a se obter séries históricas que possam embasar o conhecimento sobre uma determinada questão. É sob esse ponto de vista que se realiza o chamado monitoramento ambiental, que visa analisar, ao longo do tempo, uma variante ou um indicador sobre determinados pontos.

O MMA, por exemplo, realiza o monitoramento da dinâmica do uso e da cobertura da terra no Cerrado – TerraClass, no âmbito do Programa de Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros (PMABB). Tal monitoramento busca realizar o mapeamento, a caracterização e a análise da dinâmica do uso e da cobertura da terra no Cerrado. (MMA, 2013)

Rui Cerqueira (Cerqueira, 2001), ao dissertar sobre monitoramento da biodiversidade, diz que a avaliação situacional da biodiversidade envolve a aquisição de séries temporais contínuas de dados, com a cobertura de grandes espaços e a necessidade de se implantar sistemas de monitoramento contínuo. Ainda demonstra que outra característica do sistema de monitoramento é que seja viável em termos econômicos, pressupondo uma base técnica adequada já existente e com potencial de desenvolvimento.

Para ser contínua, prossegue o autor, a coleta de dados deveria ser realizada em pontos de forma fixa. No entanto, isto geraria uma elevação considerável no custo do monitoramento, podendo inviabilizar os projetos a serem implementados. Cerqueira, assim, considera que devem ser estabelecidos pontos de controle, que sejam fixos, e que os demais pontos sejam “*casualizados no tempo e no espaço*”.

Quando se trata de monitoramento ambiental, principalmente quando relacionada ao uso e ocupação do solo, deve-se observar a escala utilizada, complementa Cerqueira: “*o problema maior é considerar as mudanças graduais devidas a impactos de baixa intensidade em tempos curtos ocorrendo em escalas de espaço médias ou pequenas. Tais impactos só serão notados quando for tarde para que alguma medida de mitigação possa ser tomada. Além disto, a falta de séries temporais de dados dificulta, ou mesmo impede, que possamos compreender o fenômeno. Podemos supor que perdas importantes de biodiversidade possam resultar deste último tipo de fenômeno*”(Cerqueira, 2001).

Atualmente os projetos de monitoramento têm investido em sistemas de informação geográfica (SIG) e ferramentas como sensoriamento remoto. Igor Cabral (Cabral, 2008) afirma que “*quanto maior o espaço territorial, mais eficiente devem ser as ferramentas que serão utilizadas para monitorá-lo e o uso da geoinformação torna-se essencial no sentido de proporcionar uma melhoria da capacidade de entender, gerenciar e ordenar este imenso território*”.

O Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal (ZEE-DF) informa que do ponto de vista da escala cartográfica das informações georreferenciadas, o DF transita na escala de análise regional para a local. Além disso, no zoneamento para a construção da Matriz Ecológica, devido à necessidade de construção das Unidades Territoriais Básicas, foi necessário trabalhar com uma escala tática (operacional), especialmente as escalas de semidetalhe e detalhe. Assim, no Distrito Federal, devido ao seu tamanho, são necessárias informações precisas e detalhadas ao tratar parte de seu território, como é o caso das Unidades de Conservação (Brasil, 2017).

Neste cenário, a utilização de tecnologias adequadas ao monitoramento de espécies da fauna e da flora, à fiscalização e à prevenção de incêndios florestais, por exemplo, torna-se um recurso importante para o gestor das unidades de conservação.

Além de se constituírem em instrumentos facilitadores da gestão, o veículo aéreo não tripulado (VANT) surge como uma nova proposta de monitoramento ambiental. Os VANTs compõem um conjunto de soluções tecnológicas para atender à necessidade de práticas sistemáticas de reconhecimento da área protegida, a geração de dados confiáveis e atualizáveis, que poderão ser abrigados inicialmente em uma base unitária.

Com a perspectiva de serem agrupados em uma infraestrutura de banco de dados maior para o Jardim Botânico de Brasília, as novas tecnologias são meios para a realização de ações efetivas de prevenção de impactos e de conservação dos recursos naturais e da saúde humana e darão suporte a atividades de pesquisa futuras. Cabe destacar, ainda, o potencial de aplicação do presente estudo em outras Unidades de Conservação existentes no Distrito Federal.

Koh e Wich (KOH, 2012) relatam em seu estudo que grande parte dos pesquisadores utilizam imagens de satélites e sensoriamento remoto para a realização de mapeamento e monitoramento territorial e que tais imagens, entretanto, nem sempre são acessíveis, seja pelo custo, pela escala ou pelo prazo de atualização. Quanto ao monitoramento da biodiversidade, destacam a necessidade de levantamentos *in loco* para se obter os resultados desejados, o que acaba por impactar no custo, no tempo de execução e logística para a coleta dos dados.

Considerando tal contexto, Koh e Wich (KOH, 2012) estudaram a utilização de VANTs no monitoramento ambiental em áreas de Aras Napal, Sumatra e Indonésia, de forma a avaliar a utilização desta ferramenta para ações de monitoramento e conservação ambiental, incluindo mapeamento de uso e ocupação do solo (próximo ao tempo real), de vegetação (supressão, queimadas, etc.) e de grandes mamíferos. Assim, é possível verificar a amplitude de possibilidades que existe na utilização de veículos não tripulados para o monitoramento ambiental. O local escolhido para o presente estudo situa-se em área de grande importância ambiental no Distrito Federal, uma vez que o Jardim Botânico de Brasília está localizado na Área de Preservação Ambiental Gama e Cabeça de Veado.

A Área de Preservação Ambiental (APA) Gama e Cabeça de Veado (Figura 1) foi criada através do Decreto nº 9.417, de 21 de abril de 1986, com o objetivo maior de proteger as cabeceiras do ribeirão do Gama e do córrego Cabeça-de-Veado, de forma a garantir a integridade hídrica dessa região que é responsável por um terço das águas do

Lago Paranoá. Está situada ao sul do Plano Piloto, com uma área aproximada de 25.000 ha, abrange as regiões: Brasília, Lago Sul, Candangolândia, Núcleo Bandeirante e Santa Maria. Nela se encontram importantes áreas de relevante interesse ecológico para pesquisa científica como: a Estação Ecológica do Jardim Botânico, a Estação Ecológica da Universidade de Brasília, a Reserva Ecológica do IBGE, a Fazenda Experimental Água Limpa, o Jardim Zoológico, o Santuário de Vida Silvestre do Riacho Fundo, Capetinga-Taquara e Cerradão. (SANTOS, 2006)

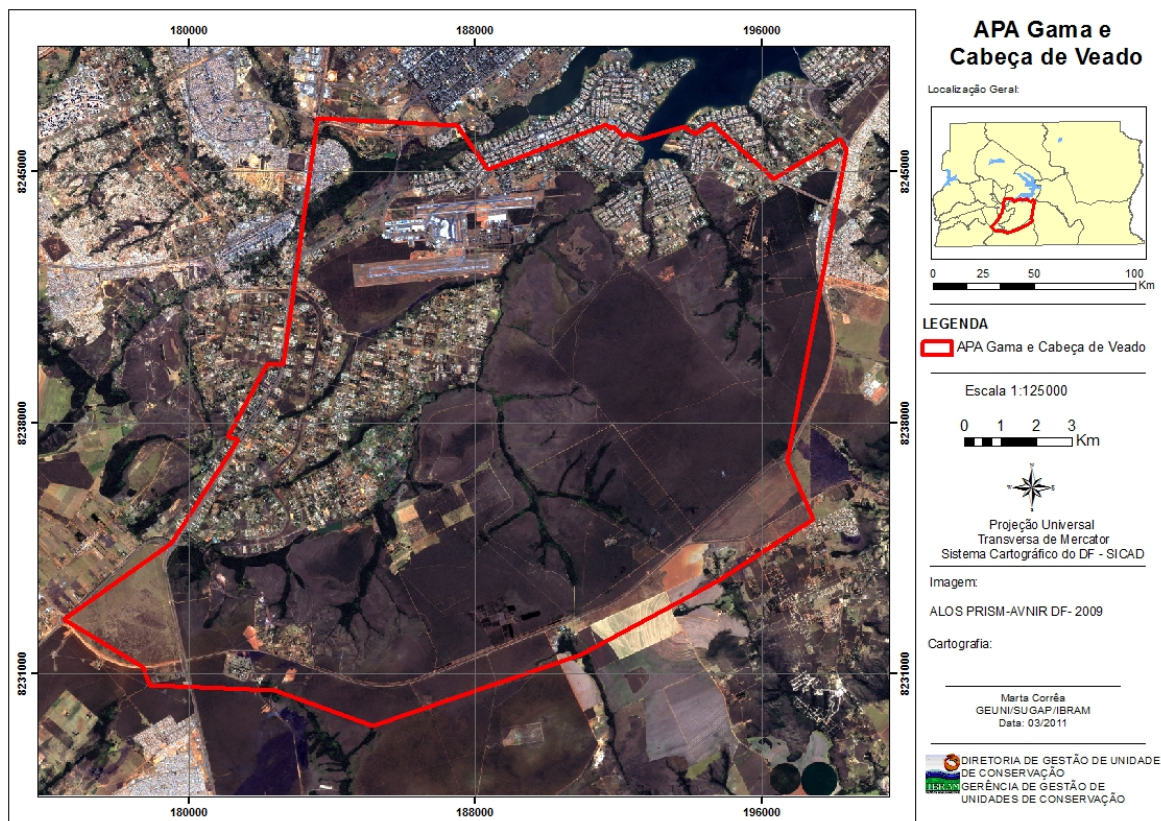


Figura 1 – Delimitação da região da APA Gama e Cabeça de Veado – fonte IBRAM

O JBB é uma área de proteção ambiental integrante da APA Cabeça-de-Veado que se encontra na região do Distrito Federal. Criado em 8 de março de 1985, o JBB é uma região de ecossistema do Cerrado que ocupa um espaço de 5 mil hectares, dentre eles, 500 hectares são abertos à visitação e os outros 4500 hectares fazem parte da unidade de conservação da EEJBB. Esta Estação Ecológica é de grande importância para o Jardim Botânico porque preserva a biota local e permite a realização de projetos de pesquisas científicas e educação ambiental, sem interferências antrópicas indesejáveis. As vegetações encontradas no Jardim Botânico são amplas, possibilitando encontrar vegetações como a

de Cerrado típico, vereda, campo sujo, campo limpo, campo de murundus, mata de galeria e mata seca. Apesar de a área ser destinada à conservação, o JBB também é conhecido pelo fomento das atividades ecológicas, de lazer, culturais e educacionais, promovendo a saúde da população e a conexão dos frequentadores com o meio ambiente.

A Política Nacional de Saneamento Ambiental – PNSA - ainda se encontra na fase de aprovação pelo Congresso Nacional, mas seu Anteprojeto de lei foi encaminhado pela Casa Civil para apreciação no ano de 2004 e tem como objetivo principal instituir as diretrizes para os serviços públicos de saneamento básico e a criação da política pública no foco ambiental. Nela é possível observar uma antiga preocupação que as autoridades públicas vêem na importante relação entre meio ambiente e a saúde humana, apresentando novas definições de extrema relevância para este trabalho como saneamento ambiental e salubridade ambiental, descritas abaixo:

“I - saneamento ambiental: o conjunto de ações com o objetivo de alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, compreendendo o abastecimento de água; a coleta, o tratamento e a disposição dos esgotos e dos resíduos sólidos e gasosos e os demais serviços de limpeza urbana; o manejo das águas pluviais urbanas; o controle ambiental de vetores e reservatórios de doenças e a disciplina da ocupação e uso do solo, nas condições que maximizem a promoção e a melhoria das condições de vida nos meios urbano e rural;

II - salubridade ambiental: qualidade das condições em que vivem populações urbanas e rurais no que diz respeito à sua capacidade de inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de doenças veiculadas pelo meio ambiente, bem como de favorecer o pleno gozo da saúde e o bem-estar” (Capítulo II, Art 2º da PNSA, 2004)

Esses novos conceitos mostram nitidamente a relevância da criação de um banco de dados com registros históricos do patrimônio natural, tendo em conta a dinâmica dos processos de transformação da paisagem, tanto de causas naturais quanto antrópicas, e da perda da biodiversidade para a manutenção da saúde da população adjacente. Ainda, no Anteprojeto, nota-se a necessidade de tecnologias e mecanismos adequados que possam

ajudar no monitoramento, prevenção, manutenção e outros para atualizar o sistema de saneamento ambiental.

A Convenção de Biodiversidade realizada em Montreal (CBD, 2012) aborda vários temas de relevância e que podem ter aplicação prática no JBB. Um deles informa que a biodiversidade influencia na prevenção de fatores de risco comuns para doenças não transmissíveis (exemplo: câncer, hipertensão e diabetes) principalmente no incentivo à atividade física. O aumento da área urbana traz o aumento da poluição do ar, resultando em doenças cardiovasculares e respiratórias.

Em Brasília, um problema relacionado ao clima da região, é a seca que ocorre todo ano e com a qual a população da cidade convive e que pode ser amenizado pela manutenção de umidade e redução do efeito-estufa proporcionada por áreas de preservação ambiental, como ocorre com o JBB, que deve

A preservação ambiental do JBB (e de outras reservas ambientais) é um fator de extrema relevância para preservação da saúde e prevenção de doenças infecciosas, tais como: cólera, influenza, disenteria, malária, entre outras, da população residente no Distrito Federal e entorno, pois sabendo que o JBB faz parte da cidade, o processamento de resíduos ecológicos que afetam Brasília pode afetar diretamente o JBB, como a falta do controle de efluentes contaminados (manejo do esgoto), deposição de metal pesado (chorume), acúmulo de materiais recicláveis e lixo sobre áreas não apropriadas (manejo de resíduos sólidos) que influenciam diretamente na contaminação do solo e de recursos hídricos, podendo este estar ligado ao fornecimento de água para a cidade (saneamento), como é o caso do EEJBB que abriga mananciais que abastecem 25% de toda a região do Lago Sul, incluindo o Lago Paranoá. Em função deste importante recurso, fornece água para a Companhia de Água e Esgoto de Brasília (CAESB).

O Guia sobre Saúde Ambiental do Ministério da Saúde (2011) mostra que a relação entre saúde humana e meio ambiente, ocorre a partir dos efeitos da ação antrópica e dos reflexos das condições ambientais na saúde da população. Atualmente, uma das principais dificuldades a ser enfrentada pela Saúde Pública e, particularmente, pela Saúde Ambiental é a estruturação dos sistemas de monitoramento, vigilância e prevenção que permitam antecipar e, se possível, prevenir e monitorar, obtendo um acompanhamento constante sobre as consequências das mudanças ambientais para a saúde humana. Este sistema requer

a sistemática coleta e análise de dados, possibilitando a criação de um banco de dados para análises estatísticas que possam direcionar pesquisas e subsidiar decisões futuras da superintendência técnica do JBB.

As áreas da saúde e do meio ambiente também estão diretamente relacionadas, por exemplo, quando se consideram os incêndios florestais. No Distrito Federal, onde metade do ano é período de seca, com a umidade relativa do ar chegando abaixo de dez por cento propiciando a incidência de queimadas, é comum a veiculação pela Defesa Civil de chamadas nos meios de comunicação alertando a população do perigo que correm ao provocar queimadas, uma vez que podem ter sua saúde afetada agravando as doenças respiratórias, sem falar em eventual dano ao patrimônio com a falta de controle sobre as queimadas. Atualmente, além da saúde humana, a ocorrência de incêndios no bioma Cerrado ocasiona diferentes danos para: a vegetação e a fauna (biodiversidade); a paisagem; o solo, a água e o ar (ciclagem de nutrientes); as instalações agrícolas e os cultivos (MMA,2011).

Por outro lado, o fogo é bastante disseminado como instrumento de manejo agropecuário no meio rural para renovação de pastagens, abertura de novas áreas e mesmo o controle de pragas. Como prática no meio rural, o uso do fogo é permitido em período específico, desde que autorizado pelo órgão ambiental competente, realizado de forma controlada e seguindo um plano pré-elaborado e em observância às normas (Decreto nº 2.661/1998). Mais comum, entretanto, é o uso indevido do fogo, quer como resultado de descuido no seu manuseio quer como ato intencional, afetando áreas produtivas e de conservação (MMA,2011).

A ação humana nesse cenário é a principal responsável pelos incêndios florestais no Cerrado, já que na época da seca não ocorrem queimadas naturais em virtude de raios (incêndios naturais no início da estação chuvosa). Ressalta-se que os incêndios causam prejuízos ambientais, causando poluição do ar, emissão de gases de efeito estufa e mineralização da matéria orgânica do solo, tornando-o mais pobre em nutrientes e mais suscetível à erosão (MMA,2011).

O trabalho de combate a incêndio é árduo e requer força e preparo tanto físico quanto mental. A estiagem e a baixa umidade têm contribuído para o aumento das ocorrências de fogo, principalmente no mês de agosto. Com a baixa umidade do ar, os bombeiros estão

sujeitos ao ressecamento das vias aéreas, problemas respiratórios e alérgicos, sinusites, rinites, e sangramentos nasais. A temperatura mais elevada testa a resistência das pessoas que sofrem o estresse térmico. A alta temperatura por um longo período aumenta a temperatura corporal que, ao chegar a 39 graus, já representa risco à saúde humana. Dependendo do local onde o bombeiro estiver, vai ficar exposto a uma temperatura de 80°C a 200°C, se esta temperatura permanecer em cerca de cinco minutos, já provocará queimaduras de segundo grau.

O último complicador é o vento, especialmente nas regiões em que acontecem os incêndios em áreas de mata fechada. Regiões onde há rajadas repentinas de ventos e a velocidade do vento é alta, direcionando a fumaça para onde estão os combatentes de fogo.

No Distrito Federal pode-se citar o Programa de Monitoramento de Área Queimada dos Parques e Unidades de Conservação do Distrito Federal – PROMAQ, desenvolvido pelo Instituto Brasília Ambiental (IBRAM). O programa consiste em vistoriar, quantificar os focos de incêndios florestais e mensurar as áreas queimadas nos parques e unidades de conservação com vistas à obtenção de dados que forneçam subsídio para a análise de vulnerabilidade e tomadas de decisão voltadas aos incêndios florestais.

De acordo com o Relatório 2017 do PROMAQ, *“a detecção da área queimada é realizada de três formas: por imagens de satélite, por meio de rondas realizadas em todos os parques e unidades; por comunicação de Agentes de Parque e Unidade de Conservação, demais servidores do IBRAM, órgão do GDF e população em geral”*. Considerando tais meios de detecção da área queimada, é possível verificar que há grande consumo de tempo dos profissionais envolvidos no levantamento, uma vez que necessitam realizar constantemente rondas nas unidades afetadas.

Com a participação de voluntários, inclusive de fora do Jardim Botânico, o combate a incêndios florestais é prioridade. Grande parte dos focos de incêndio se inicia em propriedades vizinhas, principalmente causadas pela queima de lixo.

Na EEJBB (Figura 2) é possível identificar alguns pontos de grande relevância para manter a fauna e flora preservadas, com uma das áreas fundamentais de preservação do Córrego Cabeça de Veado que possui quatro nascentes, onde a CAESB capta água utilizada para o abastecimento da população de Brasília (GDF, 2009). Nesta Unidade de

Conservação existem vários tipos de fitofisionomias do Cerrado, como por exemplo: Mata de Galeria, Cerradão, Campo Sujo, Campo Limpo, Campo de Murundus, e Cerrado Denso.

Um dos desafios a serem abordados pelo monitoramento através do drone, é coibir a entrada de pessoas não autorizadas na EEJBB. Fiscalizar o cumprimento dessa proibição é uma das principais missões para a proteção do lugar. De competência da equipe técnica do próprio JBB, as fiscalizações são diárias. A prioridade é garantir que a estação ecológica não seja modificada pelo ser humano, preservando todas as espécies que vivem lá. Isso poderia ocasionar atropelamentos e aumento no número de invasões de animais a residências vizinhas ao Jardim Botânico. Não é permitida a colheita de sementes ou plantas. Tampouco é possível usar o espaço para passeios, como avisam placas colocadas próximas à entrada da estação. Além da preocupação ambiental, há o cuidado com a segurança das pessoas que infringem a regra.

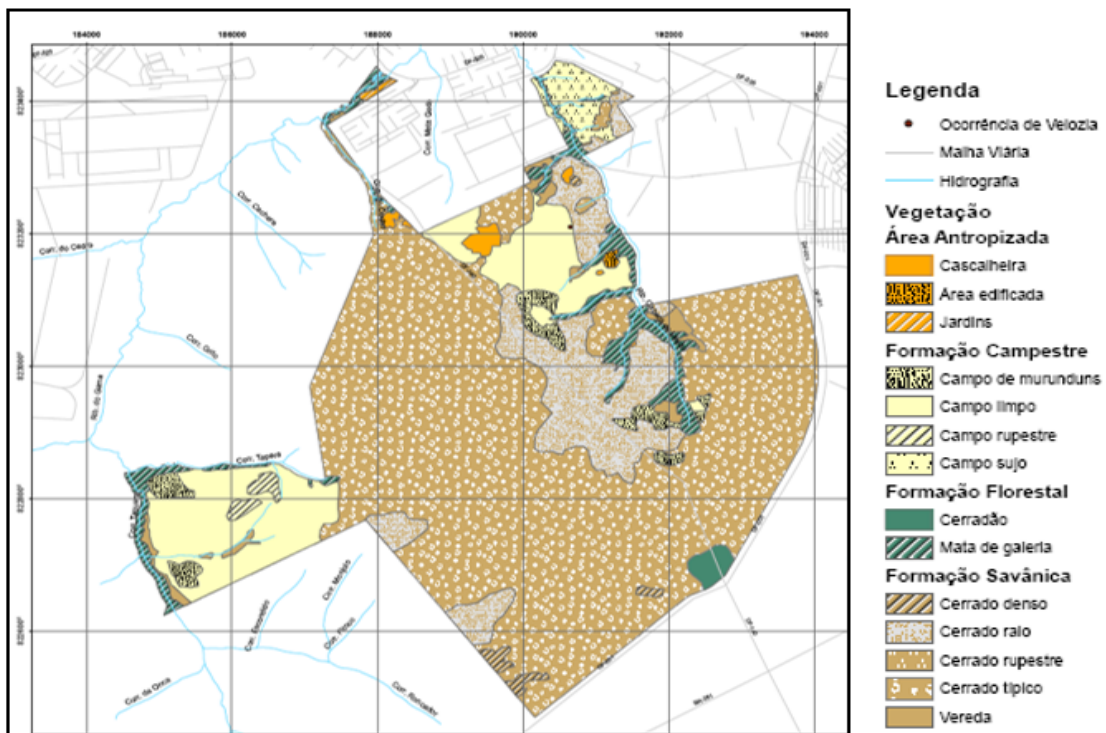


Figura 2 – Mapa de fitofisionomias da EEJBB (GDF,2009)

A EEJBB, a Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Fazenda Água Limpa, da Universidade de Brasília, integram a Zona de Vida Silvestre da Área de Proteção Ambiental Gama Cabeça de Veado e a Área Núcleo da Reserva da Biosfera do Cerrado formam um mosaico de unidades de conservação.

3 CONSTRUÇÃO DE UM DRONE PARA AUXÍLIO À PRESERVAÇÃO DE RESERVAS DO DF

A utilização de drones para auxiliar no levantamento, principalmente considerando a existência de Agentes de Parque e Unidade de Conservação que trabalham nas localidades ou suas proximidades e que podem auxiliar no estabelecimento e execução de rotina de voos de verificação das áreas, pode representar um grande avanço para o programa com otimização da mão-de-obra empregada, redução de custo e aprimoramento dos dados coletados.

Os drones podem, ainda, ser úteis nas fases de reconhecimento e vigilância. O reconhecimento do ambiente deve ser o primeiro procedimento da equipe de resposta, cujo responsável é o líder da equipe. Durante a fase do reconhecimento é importante verificar bem o terreno e as proximidades, em especial na direção do incêndio, procedendo às evacuações, se necessárias. Nesse contexto, as aeronaves se encaixam muito bem, pois elas poderão mostrar uma grande amplitude da visão, fazendo com que o líder da equipe consiga saber sobre a real proporção do incêndio, e assim traçar suas estratégias de combate do incêndio. Ainda segundo o manual de combate a incêndio (Portugal, 2006), as utilidades desses VANTs, no combate a incêndios florestais, são essenciais para a extinção de incêndios, tanto no combate direto, como na medida de apoio aos bombeiros.

Drones são VANTs, mas o nome drone tornou-se popular no Brasil, onde esse termo é mais associado às plataformas menores usadas para fins de lazer e filmagens aéreas.

No Brasil, a Instrução Suplementar - IS Nº 21-002A da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), publicada em outubro de 2012, define VANT, nomenclatura em português correspondente à terminologia em inglês *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), adotada pelo Departamento de Defesa Norte Americano (*Department of Defense* – DOD) como:

“Aeronave projetada para operar sem piloto a bordo, que possua uma carga útil embarcada e que não seja utilizado para fins meramente recreativos. Nesta definição incluem-se todos os aviões, helicópteros e dirigíveis controláveis nos três eixos, excluindo-se, portanto, os balões tradicionais e aeromodelos” (ANAC, 2012.).

O VANT, por outro lado, é a terminologia oficial prevista pelos órgãos reguladores brasileiros do transporte aéreo para definir este tipo de plataforma. Segundo a legislação pertinente (Circular de Informações Aéreas AIC N 21/10) também se caracteriza como VANT toda aeronave projetada para operar sem piloto a bordo. Esta, porém, há de ser de caráter não recreativo e possuir carga útil embarcada. Em outras palavras, nem todo “drone” pode ser considerado um VANT, já que qualquer plataforma não tripulada utilizada como *hobby* ou esporte enquadra-se, por definição legal, na legislação pertinente aos aeromodelos e não à de VANT.

Há dois tipos diferentes de VANT. O primeiro, mais conhecido, é a Aeronave Remotamente Pilotada (RPA), do inglês *Remotely-Piloted Aircraft*. Nessa condição, o piloto não está a bordo, mas controla remotamente a aeronave por uma interface externa qualquer (computador, simulador, dispositivo digital, controle remoto, etc.). Diferente de outra subcategoria de VANT, a chamada “Aeronave Autônoma” que, uma vez programada, não permite intervenção externa durante a realização do voo. Há ainda o Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS), em outras palavras, nos referimos às RPAS quando citamos não só a aeronave envolvida, mas todos os recursos do sistema que a faz voar: a estação de pilotagem remota, o *link* ou enlace de comando que possibilita o controle da aeronave, seus equipamentos de apoio, etc. Ao conjunto de todos os componentes que envolvem o voo de uma RPA usamos, portanto, o nome de RPAS.

O uso de aeronave não tripulada para monitoramento ambiental mostra-se bastante promissor. Nessas aeronaves podem ser instaladas câmeras que permitem capturar imagens em diferentes modalidades, possuindo sistemas de controle para voos autônomos estáveis e sensores de aquisição de dados para auxílio no monitoramento, prevenção e combate a incêndios (Gonzalez et al., 2016).

O Drone confeccionado para uso nesta pesquisa junto ao JBB é do tipo quadricóptero (Coppejans, Myburgh, 2015), desenvolvido em plataforma Arduino, utilizando uma controladora *Ardupilot*[®], com GPS para localização, acelerômetro, barômetro e magnetômetro, para estabilização e navegação da aeronave. O aparelho é alimentado por bateria e possui uma autonomia de voo média de 15 minutos. O equipamento tem capacidade de navegação automática com auxílio do GPS e processo de navegação por “pontos de navegação” (NAV *Points*) previamente definidos.

Montar um drone quadricóptero é um procedimento simples, mas exige conhecimentos básicos sobre microeletrônica, ou seja, o drone construído para este trabalho utiliza uma controladora de código aberto (*opensource*) e tem o menor custo possível, porém com excelente desempenho se comparado aos modelos comerciais. Detalhes da construção de um drone simples podem ser conferidos no Apêndice deste trabalho.

Além da controladora *opensource* usada, foram estudados aspectos técnicos de todas as peças fundamentais para obtenção de um voo de qualidade. Na época da construção, procurou-se uma bateria leve e de maior carga possível. A Bateria LiPo de 4 células com 5200 mAh, com peso médio de 406 gramas, foi a bateria de mercado disponível no momento, com melhor custo benefício para o tamanho do drone, permitindo um voo de 6 minutos para o drone construído, suficiente para o levantamento das imagens necessárias para o mosaico a ser elaborado.

Um dos componentes importantes foi a antena de recepção de sinais de satélite do Sistema de Posição Global (GPS). O GPS permite ao drone receber sua posição e calcular uma navegação segura e uniforme, assim como permanecer estável no mesmo ponto. A placa que compõe a antena de GPS possui um sensor conhecido como magnetômetro, que serve para medir o campo magnético da Terra, determinando a direção das linhas magnéticas do planeta e ajudando na direção do voo conforme programado na estação de solo.

Para ter uma estabilidade de voo, o acelerômetro, sensor que mede a aceleração de um corpo em movimento, permite calcular a estabilidade e controlar os motores, tornando o movimento do drone estável em voo. Essa é uma importante ferramenta na redução da vibração causada pelo movimento dos motores, que poderá ocasionar interferências na captação de imagens para o mosaico.

Além da estabilidade e o uso do GPS, outro importante componente é o altímetro. É um instrumento de medida que toma a pressão atmosférica com indicação de altimetria, permitindo obter medidas verticais, tornando a altura do drone mais precisa e o voo eficiente.

Atualmente os motores mais utilizados para os VANTS elétricos são os motores de corrente contínua sem escovas, também conhecidos como motores *brushless*. A principal

característica desses motores é a eficiência na razão de peso e potência (W/P). Para o projeto foram adquiridos 4 motores *brushless* modelo BC2836/7, de 1120 KV (RPM/Volt), voltagem máxima de 14,8 V, com empuxo aproximado de 1160 g cada. Considerando que o drone possui 4 motores, tem-se um total de 4,6 kg de empuxo, suficiente para carregar o drone completo com todos os acessórios necessários para a criação do mosaico. Para cada motor, foi escolhida uma hélice de material plástico, com pás de tamanho 10x4,5 cm, seguindo as especificações técnicas recomendadas pelo fabricante do motor.

Mesmo que no mercado haja vários modelos de hélices feitas de madeira, alumínio e carbono, optou-se pela hélice de plástico, por ser material de baixo custo, de fácil reposição e de menor perigo, pois em alta rotação, a hélice torna-se um material cortante e perigoso. Assim, os testes de voo no JBB aconteceram de forma segura, tanto para os usuários quanto para a vegetação. Quedas com o drone aconteceram, mas as hélices que se quebraram, já previamente planejado para isso, ao toque com o solo não danificaram nem o drone nem a vegetação.

Para montagem de todas as peças, como a controladora, os motores, o controle elétrico de velocidade (ESC), a bateria e demais acessórios que compõem o drone, foi escolhida uma estrutura de alumínio e fibra de carbono, ou seja, um material mais resistente à queda e tão leve quanto o plástico.

Os sensores instalados no drone poderão auxiliar na localização de focos de incêndios e na aquisição de informações para auxílio no combate ao fogo. São estes microcontroladores mecânicos que configuram os instrumentos de medição: um acelerômetro (Zhang et al., 2015), um giroscópio e um magnetômetro de 3 eixos. Eles formam o sistema inercial controlando o voo do Drone e sua estabilização (Hernandez et al., 2015). Sensores ultrassônicos são usados para baixas altitudes. Eles irão medir a altura do drone em relação ao solo e obstáculos afins. As câmeras serão a principal fonte de informação e armazenando em memória das imagens de alta definição captadas para posterior análise (Christiansen et al., 2014). Outros sensores como de temperatura, de umidade e de concentração de CO₂ (Roldán et al, 2015), também poderão ser integrados ao drone, recebendo dados e informações para detecção e controle.

4 METODOLOGIA DO PROCESSAMENTO DE IMAGENS

Os mosaicos de imagens de satélite ou de fotografias aéreas, representações resumidas e atualizadas de grandes extensões territoriais, têm por objetivo unir em uma única imagem dois ou mais extratos ou cenas de imagens. É possível criar um mosaico de imagens adquiridas em diferentes datas com eventuais diferenças em seu ângulo de aquisição. Esses mosaicos, quando elaborados sobre a totalidade territorial de um estado ou município, revelam de forma fiel a situação vigente das diversas modalidades de uso e ocupação do solo da área definida. Mosaicos de imagens são materiais de extrema utilidade para trabalhos de planejamento ambiental, monitoramento e gestão territorial (Embrapa).

As imagens coletadas pelos drones, dependendo do sistema utilizado, podem ter alta resolução. O processamento das imagens poderá ser feito com auxílio de programas de computador para o reconhecimento de padrões específicos de acordo com o interesse do gestor, tais como mapeamento de fitofisionomias, presença de espécies invasoras, áreas degradadas, áreas afetadas pelo fogo, detecção de fumaça entre outras informações.

Os drones de uso civil podem atingir uma altitude de até 300 metros, (que é o limite máximo autorizado pela ANAC para um voo não tripulado no Brasil), com câmeras fotográficas acopladas (leves como a GoPro), para obter fotos de grandes áreas. Pode ser realizada a qualquer hora do dia e inúmeras vezes em um mesmo dia, dependendo unicamente da necessidade de coleta de informações. A experiência mostrou que as informações coletadas no período vespertino foram de excelente qualidade, devido, principalmente, à incidência da luz solar.

Para criação do mosaico de imagens, foram estudados métodos de segmentação de imagens para compreensão do trabalho e definição do tipo de imageamento que será apresentado para posterior análise.

A segmentação de imagens (Figura 3) pode ser considerada como uma classificação de pixels; o objetivo é fragmentar e ressaltar as regiões em unidades levando em consideração as características da imagem, também conhecidos como atributos espectrais, como tons de cinza, textura e contraste. A partir desta classificação, definem-se as regiões, um conjunto de pontos similares em valor de cinza e, assim, pixels similares próximos à região passam

a serem agrupados. Há limitações no processo de segmentação devido a análise ser baseada em amplitudes e intensidades de luz das imagens somente.



Figura 3 – Foto ampliada da imagem aérea feita pelo drone mostrando ponto significativo para segmentação

O processo de segmentação se define como uma imagem de saída em que cada objeto que apresenta uma cor definida é identificado. É uma atividade computacional complexa em que se busca encontrar objetos de cores diferentes de forma automática.

Uma imagem definida em níveis de cinza é uma imagem em que, para cada pixel, o valor da amostra é único na gama de cores, facilitando a fragmentação da imagem, a criação de regiões similares e definição das bordas dos objetos. Assim, a segmentação definirá o objeto de interesse quando este estiver caracterizado.

O processo de classificação de uma imagem é essencialmente empírico. É um processo de extração de informações de uma imagem para reconhecer padrões e homogeneidade em objetos. Os algoritmos de segmentação são bem específicos no processo de análise de uma imagem. Sendo assim, deve-se seguir um método padronizado de segmentação de imagem através da definição, identificação e entendimento da imagem.

Devido à dificuldade no processo de classificação, na imagem considera-se a resposta espectral do que será definido em cada região de interesse e a classe que deseja ser mapeada. As técnicas de classificação utilizadas são baseadas em similaridades ou descontinuidades.

Na limiarização (Figura 4) também conhecida como binarização, a imagem é definida por um limiar de aceitação, onde se define a distância de Mahalanobis. Esta medida se baseia em uma fórmula que usa uma correlação entre variáveis, em porcentagem, onde os padrões distintos de uma região pertencentes a uma classe de imagem que pode ser identificada e analisada (Marujo, 2013). A fórmula de Mahalanobis, por sua complexidade, foge ao escopo do presente trabalho, tendo em vista que já é implementada nos programas de computador de processamento de imagem. O processo de limiarização pode ser global, local ou adaptativo.

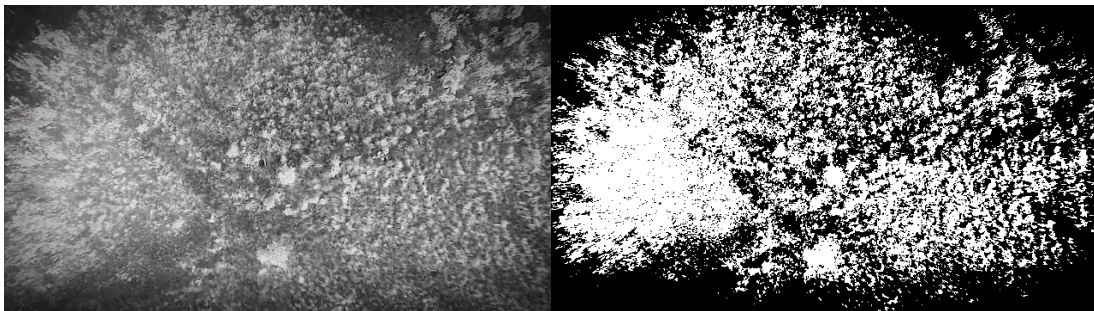


Figura 4 – Foto aérea feita pelo drone em escala de cinza e a limiarização em preto e branco

A aglomeração, ou do inglês *clustering*, é o método de identificação de grupos similares, ou seja, é um modo de agrupamento de dados de conjuntos focados em objetos similares. Os grupos são formados de maneira a maximizar a similaridade entre os elementos e diminuir a semelhança entre elementos de grupos diferentes.

O crescimento de regiões (Figura 5) é uma técnica que usa o agrupamento de dados vizinhos similares começando por um determinado pixel específico, chamado de pixel semente, que é escolhido baseado na natureza do objeto desejado para segmentação. Este processo é similar ao processo de limiarização, pois os dois processos buscam características semelhantes em pixels vizinhos. A escolha do limiar da imagem segmentada é um passo importante no processo, pois o valor deve representar qual a diferença de intensidade desejada de cada região (Santos, 2009).

0	0	5	7	9
1	1	5	8	8
2	2	6	7	9
1	1	2	6	9
1	0	2	6	8

x	x	y	y	y
x	x	y	y	y
x	x	y	y	y
x	x	x	y	y
x	x	x	y	y

Figura 5 – Matriz representando crescimento de regiões a partir de pixels sementes

O método de “separação e junção” (Figura 6) é uma alternativa na segmentação de uma imagem. A técnica entende-se por subdividi-la em conjuntos menores e arbitrários de regiões (Santos, 2009). Mas para que a técnica ocorra, a segmentação deve ser completa. Portanto, a região deve ser conectada, as regiões devem ser disjuntas e as propriedades de uma região devem ser satisfeitas pelos pixels. Esta técnica pode ser um trabalho intensivo se usada a imagem inteira. A técnica mais usada é a *Quadtree* exemplificado abaixo.

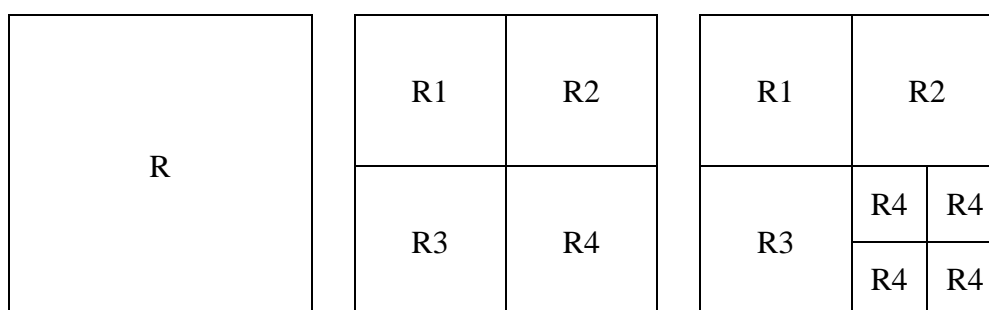


Figura 6 – Matrizes representando a técnica de separação

A técnica de descontinuidade (Figura 7) é uma detecção de partição de uma imagem baseando-se nas mudanças bruscas de intensidade luminosa no nível de cinza (Gambarato, 2008), por exemplo: detecção de pontos isolados, bordas ou linhas. Aplica-se uma matriz de convolução e observa-se a magnitude de um certo valor de um ponto. Para pontos isolados, verifica-se qual ponto se destaca dos demais. Para linhas verifica-se a sequência de pontos que se destacam dos demais na horizontal, vertical ou em diagonais. Nas bordas, observa-se a magnitude e a direção do valor encontrado.

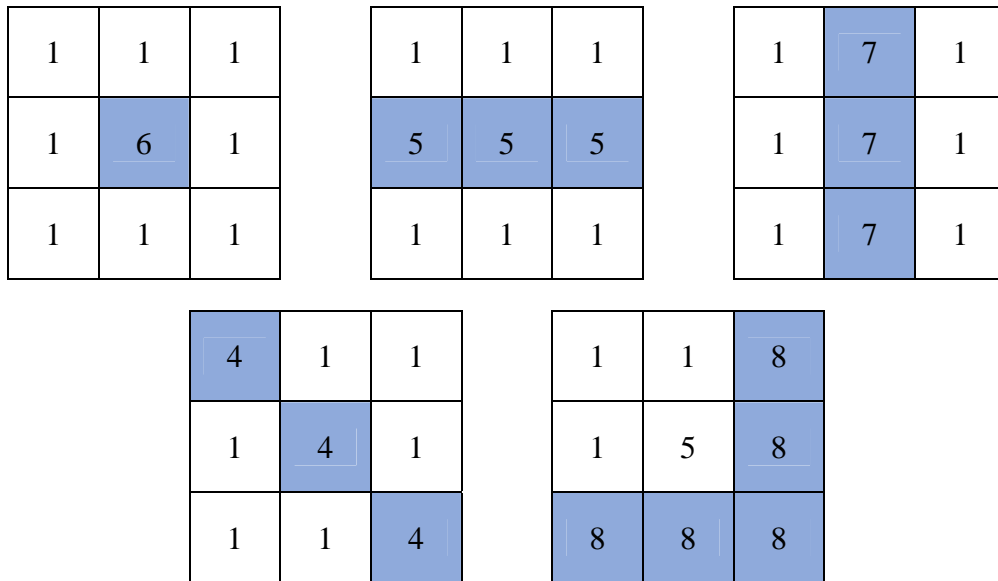


Figura 7 – Matrizes representando a técnica de descontinuidade com ponto, linhas e bordas

A visualização de um objeto é subjetiva e por isso não existe uma única representação e nem mesmo uma melhor representação para um dado descritor. A extração de um descritor é a base de recuperação de informação visual. Em imagens, os descritores podem ser classificados de domínio geral ou específico. No geral as características são: cor, textura e forma; no específico, depende da aplicação. O objetivo é interpretar uma imagem mapeando os descritores e relacionando o conteúdo da imagem com seu significado.

Os dados podem vir de diversas origens, como imagens ou vídeos, sendo importante que a obtenção dos dados dos equipamentos de vídeos e imagens sejam de qualidade, com boa resolução, sem distorção e de formatos compactos e sem perdas de informação na imagem. Entende-se por distorção as deformações causadas por vibrações ou uso de lentes inadequadas.

O pré-processamento é necessário para preparar os dados de entrada melhorando as condições de iluminação, ajuste de posição, escala, foco e remoção de ruídos. A detecção de linhas e bordas no processo de segmentação pode ser prejudicada por ruídos, pois estes formam descontinuidade na imagem. Os ruídos podem ser causados por vibração mecânica na câmera. Após o pré-processamento, a imagem se torna mais adequada e melhor será o resultado obtido na segmentação (Vargas et al., 2013).

Em reconhecimento de imagens, o padrão se refere a qualquer característica comum que possa ser definida quantitativamente, mesmo que sujeita a variações. O

reconhecimento pode ser feito por classificação ou diferenciação. As classes que se deseja reconhecer são formadas a partir de características que serão extraídas da imagem, de tal forma que o vetor de atributos da imagem seja de representação satisfatória e relevante. As características da classe podem ser supervisionadas, ou seja, sabe-se qual objeto na imagem será classificado, ou as classes não supervisionadas, que foram definidas, mas não se sabe quais são os objetos e quais algoritmos de agrupamento serão usados para separar as classes da imagem.

Sabe-se que a menor unidade de uma imagem digital é o pixel, determinando que as características mais comuns de reconhecimento se referem ao conjunto dessas unidades, classificando a imagem, já supervisionada, ponto a ponto. Para isso são definidas algumas principais características da imagem: tamanho, área, perímetro, densidade, altura e largura; e na análise da forma, por retangularidade ou circularidade. A classificação do objeto reflete diretamente estas características.

A etapa de reconhecimento da característica da imagem visa a minimizar a quantidade de informações e diminuir a quantidade do uso do computador no processo de reconhecimento dos objetos da imagem. A escolha das características depende do objeto que se pretende mostrar. Esta escolha varia devido a problemas específicos de cada imagem, como a obtenção da imagem por meios de lentes modificadas, recepção da luz e receptores para formação das imagens digitais.

5 RESULTADOS

5.1 ESCOLHA DA CONTROLADORA PARA O DRONE

A DJI[®] é uma empresa chinesa que produz drones para uso comercial, com câmera integrada que é usada principalmente para filmagens de lazer e uso doméstico. Em 2013 a DJI[®] criou o primeiro drone (Phantom[®]) com uma controladora (NAZA[®]) desenvolvida pela empresa e, desde então, evoluiu o modo de voo, facilitando para o usuário sua utilização, além da melhoria do tempo de voo e, com a câmera de alta definição, tornaram o uso comercial e profissional de filmagens aéreas mais acessíveis. Mas a popularização do uso do drone e a quantidade de máquinas voando preocuparam as autoridades, como a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

O Software da DJI[®] por ser um programa fechado e possuir um objetivo comercial, a empresa chinesa criou um sistema de segurança para seus drones, para que em áreas de segurança como aeródromos e aeroportos, não sejam sobrevoados, não colocando, assim, em risco as operações de aeronaves de transporte de passageiros. Há relatos de usuários que, nas áreas adjacentes aos aeroportos, o drone não consegue levantar voo. Mesmo assim foram feitos testes com a controladora NAZA[®].

O DECEA, órgão fiscalizador do espaço aéreo brasileiro, prevendo o crescimento da utilização de drones no Brasil, regulamentou autorizações de acesso seguro aos voos, definindo áreas para uso dos drones através da publicação ICA 100-40. A ANAC, em complemento às normas de operação de drones pelo DECEA, criou um regulamento especial (RBAC nº94/2017) para o uso dos drones, de diversos tamanhos, com diferentes finalidades.

Devido ao fato de o Jardim Botânico se encontrar em uma região próxima ao Aeroporto Internacional Juscelino Kubitschek (figura 1), optou-se pelo uso de uma controladora de *software* livre (*ardupilot*[®]) para um processo de aprendizado por curto espaço de tempo. Esta controladora permitiu entender o processo de como o voo de um drone acontece e o funcionamento de todas as partes necessárias para construção do drone experimental relatado para o projeto.

Mesmo sabendo que o JBB está em uma região próxima ao Aeroporto JK, medidas de segurança foram tomadas para que o voo experimental do drone, criado para o projeto, não influenciasse nas operações de aeronaves que chegam e partem desse aeroporto. Foram realizados voos fora do horário de grande movimento de aeronaves e a baixa altitude, que não ultrapasse 40 metros de altura, considerando que a altura média de uma árvore do Cerrado está entre 8 e 20 metros (JBB).

Os voos foram feitos em um intervalo de, no máximo, 10 minutos, não ultrapassando um total de 20 minutos de imagens coletadas. Nos voos experimentais iniciais, foram feitos contatos com o Centro Integrado de Defesa e Controle do Espaço Aéreo (CINDACTA) e, ao perguntar se o drone poderia interferir nas operações de voos do aeroporto, obteve-se resposta negativa de perigo ou interferência do drone nas operações devido à baixa altura de sobrevoos.

O drone criado para este projeto, de acordo com o Regulamento da ANAC é uma aeronave remotamente pilotada (*Remotely-Piloted Aircraft - RPA*) de classe 3, aeronaves com o peso máximo de decolagem menor ou igual a 25 kg (ANAC, 2017).

O drone foi registrado no DECEA após as experiências de voo devido à obrigatoriedade de cadastro para voos seguros dentro das normas vigentes criadas após os testes e que será necessário para o JBB no desenvolvimento dos próximos drones. O cadastro foi feito pelo site onde se encontra a “Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas” (SARPAS).

5.2 OBTENÇÃO DE IMAGENS PARA O MOSAICO

O drone experimental pesa aproximadamente 4 quilos e foi construído com estrutura de alumínio e plástico equipado com: uma controladora *ArduPilot*[®], quatro motores *brushless* conectados a quatro *ESC*'s, uma bateria, telemetria, antena de *GPS* e uma câmera *GoPro Hero 4*.

Antes do levantamento de imagens, as peças do drone foram adquiridas, montadas e testadas. Somente então, após os testes, o drone foi levado para o Jardim Botânico de Brasília.

Para obtenção de um conjunto de imagens sequenciadas, optou-se por fazer filmagens ao invés da câmera obter uma foto a cada tempo determinado, devido à necessidade de se

conseguir o maior número de imagens possível no tempo curto de gravação e garantir que todo terreno fosse sobrevoado.

Definido o vídeo que foi utilizado, a filmagem foi encaminhada para um computador e, assim, as imagens foram extraídas do vídeo em sequência. Optou-se por um campo de visão menor para permitir uma boa montagem do mosaico sabendo-se da necessidade das imagens adquiridas estarem livres das deformações geométricas (Gonzalez, Woods, 2000). Já que a GoPro possui em sua programação o campo de visão *Narrow* com resolução de imagem de 1080p com tamanho de tela de filmagem de 1920 por 1080 pixels de alta definição, com 60 quadros por segundo, com ângulo de abertura horizontal de 64,4° e uma abertura vertical de 37,2°, escolheu-se este modo para diminuir a deformação geométrica da imagem devido à lente “olho de peixe” que possibilita à câmera filmagens de ângulos próximo de 120° de abertura horizontal. De acordo com a página oficial da GoPro os ângulos de equivalência focal são definidos para cada característica de resolução, conforme consta na Tabela 1.

Tabela 1 – Campos de visão da GoPro 4 Hero para cada característica da câmera com adaptações (GoPro, Inc.)

Tamanho da tela	Campo de Visão em Graus		
	Vertical	Horizontal	Diagonal
4 x 3 Wide	94.4	122.6	149.2
4 x 3 Medium	72.2	94.4	115.7
4 x 3 Narrow	49.1	64.6	79.7
16 x 9 Wide	69.5	118.2	133.6
16 x 9 Medium	55	94.4	107.1
16 x 9 Narrow	37.2	64.4	73.6

O drone deste projeto foi ajustado para uma velocidade de quatro metros por segundo e o voo foi feito a uma altura média de trinta metros na região de campo de murundus do JBB. O vídeo gravado para uma área como a da Figura 8 levou dois minutos para cobrir toda a área do mosaico e tem um número aproximado de 300 fotos. Este número de quadros foi calculado de acordo com a velocidade do drone em voo e a quantidade de

quadros adquiridas pela câmera. Assim foi escolhida uma área de mato baixo para que o voo pudesse ser realizado e testado em campo aberto.

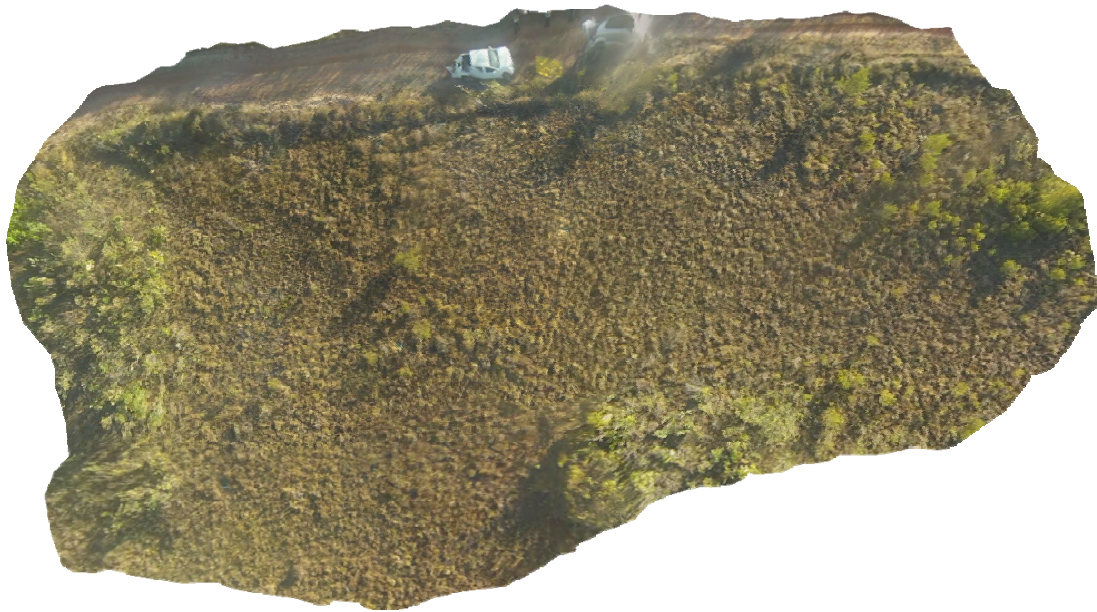


Figura 8 – Mosaico do campo de murundus do Jardim Botânico (4095x2262, resolução: 8,5cm/pixel)

A distância da imagem na vertical é possível ser obtida, tomando por informação o ângulo do campo de visão vertical, na configuração *Narrow 16x9*. Assim, as medidas da fotografia gerada têm uma distância aproximada de 23 metros na vertical e aproximadamente 44 metros na horizontal, distância estabelecida usando um cálculo de trigonometria baseado nas informações do fabricante da câmera. Na Tabela 2, seguem as informações definidas no projeto:

Tabela 2 – Características de imagem baseado na configuração *Narrow 16x9*

Características de Imagem	
Ângulo vertical	37,2°
Ângulo horizontal	64,4°
Altura	35 metros
Distância vertical	23,5 metros
Distância horizontal	44,0 metros
Porcentagem de sobreposição	50%
Distância dos pontos focais	10,1 metros
Velocidade	10 m/s

Sabendo a velocidade do aparelho e a velocidade de filmagem, é possível obter quadros sequenciados para que somente parte da imagem seja sobreposta para montagem do mosaico. De acordo com o estudo feito por Cassemiro, entre 20% a 40% de sobreposição de imagens lateralmente e 55% a 65% de imagens no sentido longitudinal, será suficiente para montagem de pares e criação do mosaico (Cassemiro, 2014).

Todas as imagens foram colocadas no programa utilizado para montagem do mosaico, o *Agisoft Photoscan (AGISOFT®)*, cuja sequência de procedimentos será descrita a seguir:

- 1- Inserção de informações: as fotos são inseridas e processadas, é feita uma leitura de distância focal e dimensão do pixel;
- 2- Alinhamento das imagens: consiste em corresponder à orientação relativa de pares de imagens em blocos, identificados pelo método da transformada de característica invariante à escala (*scale-invariant feature transform - SIFT*), efetuando um sistema de coordenadas aleatório por cada par de imagem, pois os quadros não possuem coordenadas geográficas que ajudam na hora da montagem do mosaico;
- 3- Pontos de Controle: cabe ao usuário corrigir os pontos pré-ajustados, colocando-se vários marcadores ou pontos que ajudarão de forma a alinhar manualmente a sequência de imagens, resultando na detecção de erros grosseiros e na avaliação da qualidade do processo;
- 4- Densidade de nuvem: é o método de abordagem conhecido como *patch-based multi-view Stereo* que o programa utiliza, de estratégia própria, para gerar um modelo digital de superfície;
- 5- Criação e exportação do orto-mosaico: nesta parte é onde cada foto será ortorretificada e criado o mosaico de todas as fotos da região definida, ou sub-região especificada pelo usuário.

O uso do programa *Agisoft* e da sequência de procedimentos é de fácil entendimento, mesmo para usuários não especializados, conseguindo-se resultados de boa qualidade, principalmente em imagens levantadas por drones.

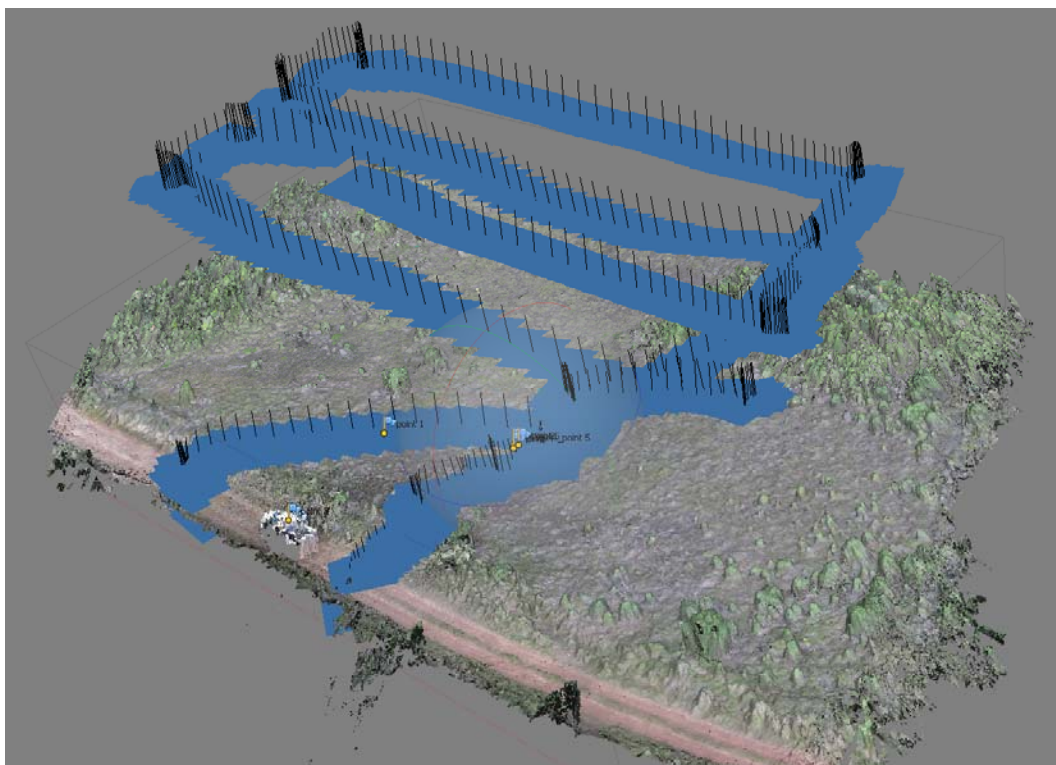


Figura 9 – Imagem em perspectiva (*Photoscan*), mostrando o alinhamento das imagens e orientação do voo

5.3 O CAMPO DE MURUNDUS

Os murundus são pequenas porções de terras mais elevadas, ovais ou circulares, com espécies vegetais típicas do bioma Cerrado. Entre os murundus, na porção rebaixada topograficamente, predomina uma vegetação graminóide que sofre influência das inundações periódicas. Esta paisagem é conhecida como “campo de murundus” (Ponce & Cunha 1993).

O mosaico na Figura 10, mostra parte de um Cerrado típico que corresponde à forma intermediária entre o Cerrado Denso e o Cerrado Ralo. Seu estrato arbóreo é formado somente por espécies típicas de Cerrado, sendo a maioria dos indivíduos de porte intermediário (com altura média na faixa de 4-5 metros) e de conformação mais tortuosa. Devido à menor densidade da cobertura arbórea, os seus estratos inferiores mostram-se mais densos e, geralmente, mais ricos em espécies.

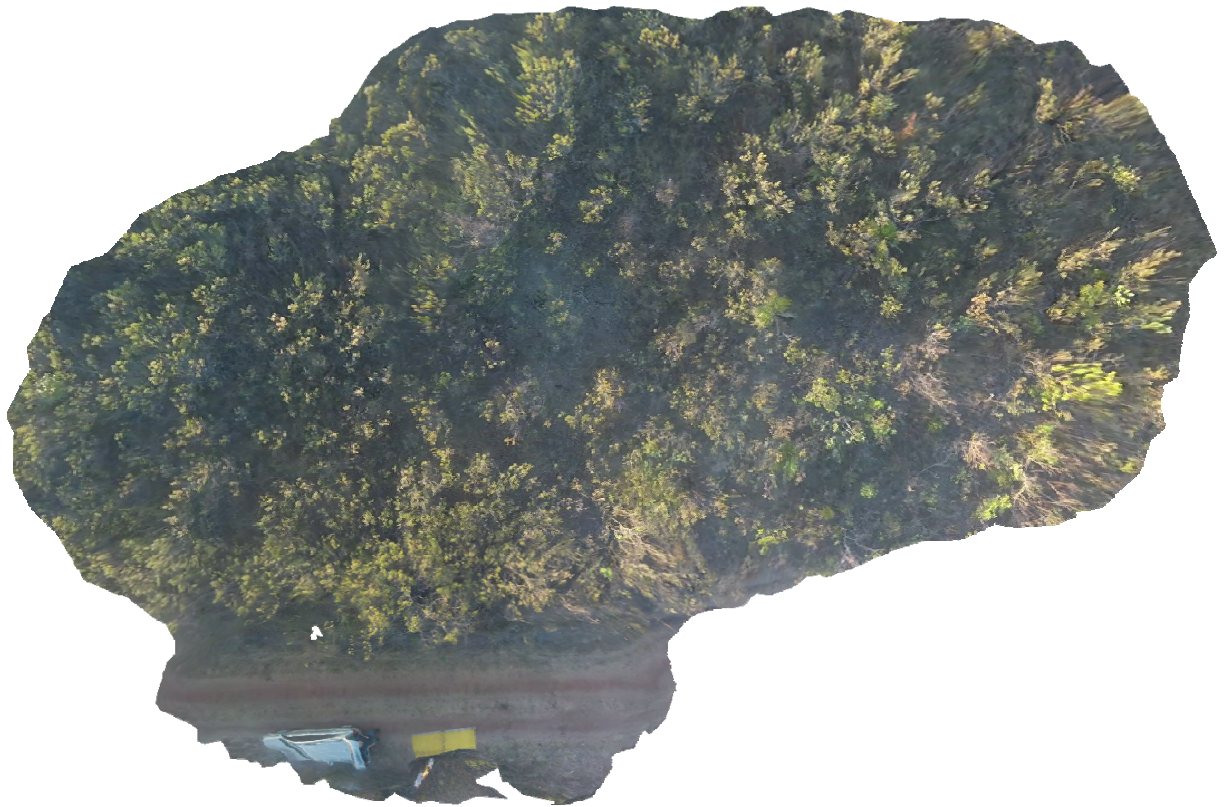


Figura 10 – Mosaico do Cerrado Típico (resolução: 1,34 cm/pixel)

O mosaico da Figura 11, foi feito através da junção de imagens (Figura 8 e Figura 10) que foram captadas pelo drone em dias diferentes, mas com o mesmo horário aproximado, no período diurno, entre as 16 horas e 18 horas. Além do campo de murundus com 3 porções bem definidas, pode ser observada uma pequena parte, próxima aos veículos, de um campo de Cerrado típico.

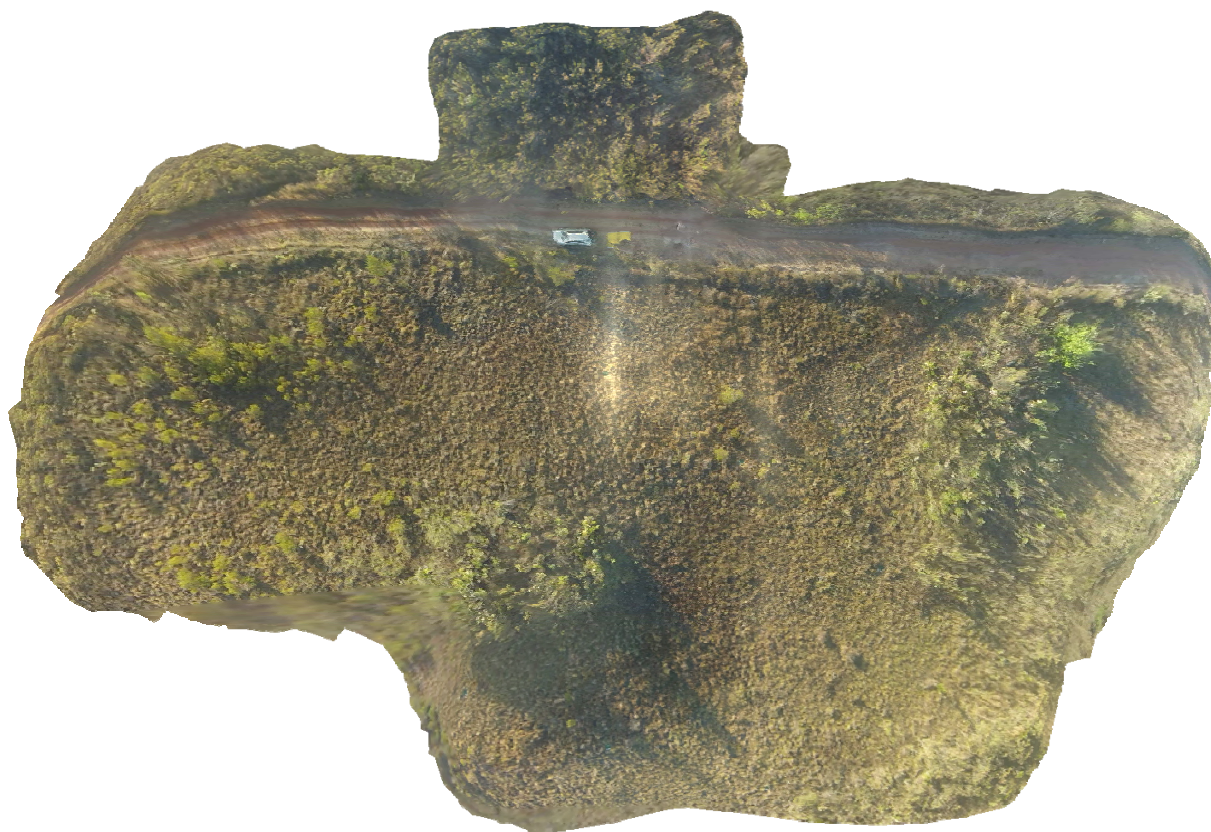


Figura 11 – Mosaico do campo de murundus e Cerrado típico (4096x2857, resolução 2,43cm/pixel)

5.4 VOO AUTOMÁTICO ASSISTIDO

Como resultado das fotos adquiridas (Figura 9) pelo voo autônomo, na região do campo de murundus, o mosaico representado na Figura 12 é apresentado com menor quantidade de erros e com melhor definição.

O mosaico mostrado na Figura 12 compõe-se de uma montagem em sequência de fotos adquiridas pela filmagem e selecionadas 370 fotos com dimensões de 1920x1080 cada uma e qualidade de alta definição. Cada foto selecionada foi calculada de acordo com as informações da Tabela 2 para satisfazer os mínimos de sobreposição de imagem.



Figura 12 – Mosaico obtido pelo voo autônomo (2974x1956, resolução de 1,83 cm/pixel)

5.5 PLANO DE VOO

Atendendo à demanda do Jardim Botânico, uma área degradada em recuperação (Figura 13) foi escolhida inicialmente, dentro da EEJBB. Essa região é de interesse para conservação do bioma Cerrado, onde foi feito um plantio de árvores nativas típicas objetivando o reflorestamento local.

Devido à área degradada ter um espaço aproximado de quatro hectares, o voo foi planejado por partes, dividindo as áreas em quatro setores, onde cada setor compreende aproximadamente a um hectare de área.

Cada voo ocorreu em um intervalo de até 5 minutos e foram definidas 10 pontos (*waypoint*), caminho para estabelecer a rota do drone conforme plano de voo estabelecido. O plano de voo foi montado em um programa conhecido como *Ground Station*. Definiu-se o setor como uma área quadrangular de 100 metros de lado e rota em padrão ziguezague, separados por 20 metros de distância lateral por 100 metros de distância longitudinal entre as marcações que, neste *software*, todas as informações do drone foram bilateralmente transmitidas.

A altura foi definida através do cálculo de sobreposição de imagens necessárias para a criação do mosaico, além de resguardar o drone de possíveis impactos com as copas das árvores mais altas que a altura comum das árvores na região do JBB, principalmente na região da área degradada. De acordo com a abertura horizontal do campo de visão da câmera *GoPro Hero 4* e o espaçamento lateral da rota sobrevoada, nota-se que a distância aproximada de 20 metros foi o suficiente para se cobrir toda a área e obtendo sobreposição de imagens adequadas para a obtenção do mosaico.

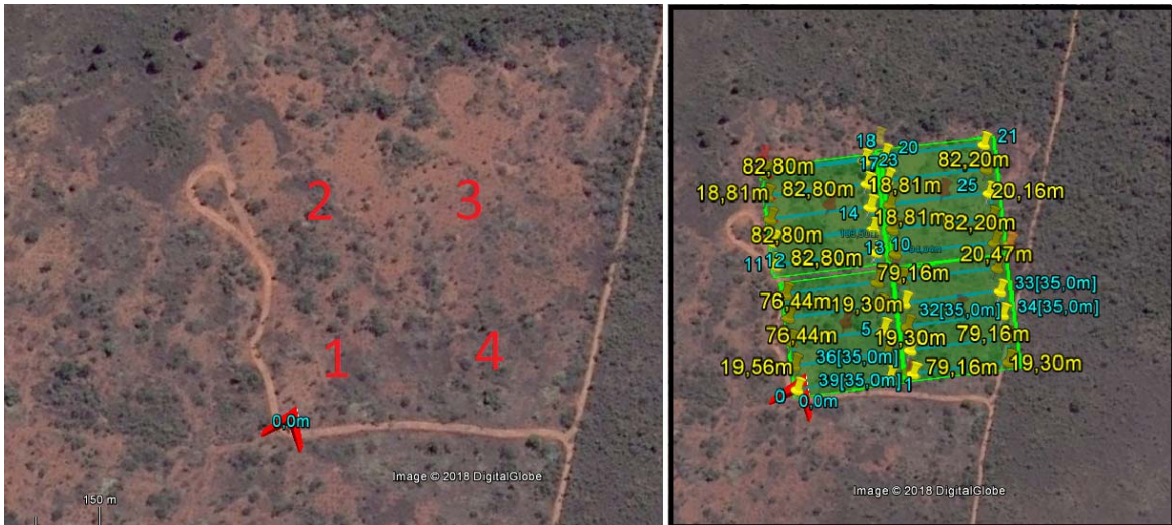


Figura 13 – Área degradada e plano de voo dividido em setores – Google Maps

Como exemplo, na Figura 14 um teste foi feito no setor 1 utilizando como parâmetro um espaçamento lateral de 40 metros, limite da distância lateral definida na Tabela 2 das características da imagem. Além do teste, o voo serviu de demonstração, aos técnicos do JBB, do funcionamento do processo de voo autônomo. Nota-se na Figura 15, que há necessidade de sobreposição de imagens no limite lateral da rota do drone, e não poderá ser igual ou maior que a distância lateral definida na imagem, pois não houve cobertura adequada da área de sobreposição lateral das imagens necessárias para construção do mosaico. Houve, portanto, a necessidade de dividir a área degradada em quatro setores para posterior montagem de um mosaico maior.

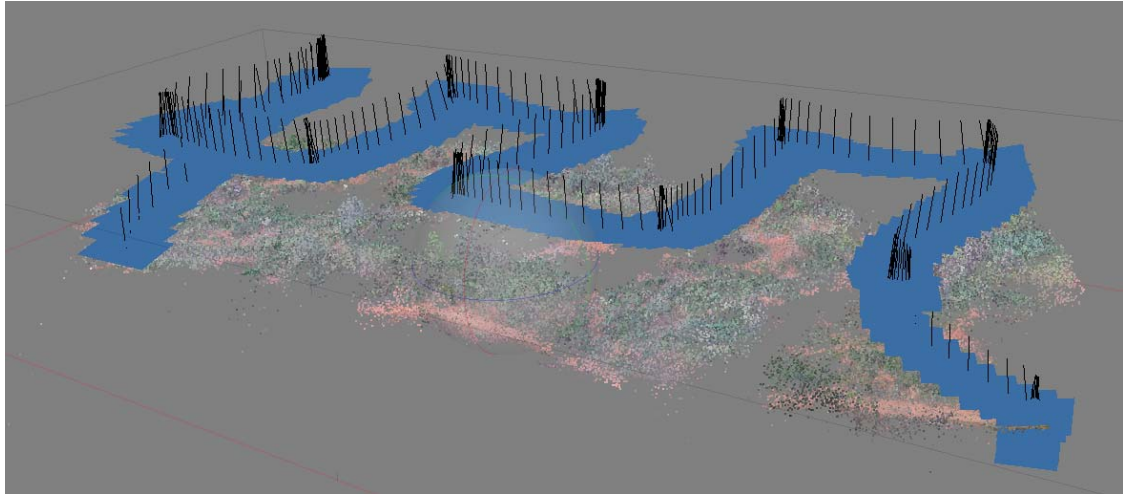


Figura 14 – Imagem em perspectiva (*Photoscan*), mostrando a sequência com espaço de 40m das imagens (833 fotos)

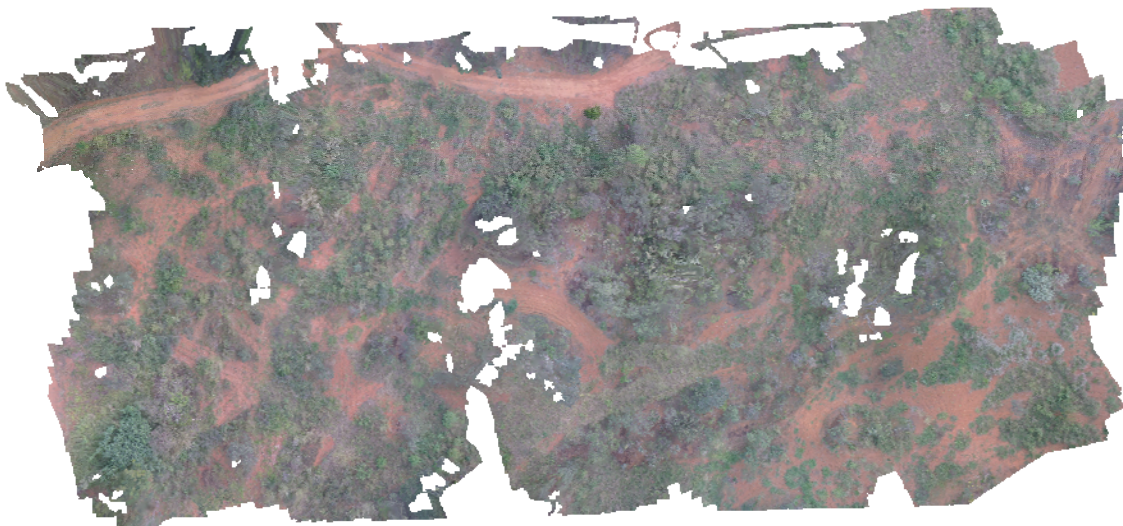


Figura 15 – Mosaico-Teste com espaçamento de 40 metros (4096x1904, resolução: 4,77 cm/pixel)

5.6 MOSAICOS DO PLANTIO

De acordo com a solicitação do JBB para este projeto, definiu-se o primeiro setor como principal área de teste de voo e ajuste da melhor sequência de imagens para, após levantamento das imagens, poder extrapolar para os outros setores e obter imagens sequenciadas de forma que siga o plano de voo autônomo definido para a área degradada.

Nos primeiros voos realizados no primeiro setor do plantio, era necessário saber se o drone conseguiria manter um voo estável, por isso optou por não fazer o voo remoto, sendo que o voo foi feito manual para ajuste e estabilização do drone, além da observação do tempo de duração do voo considerando-se a carga total da bateria em uso. Observa-se na

Figura 16 que, no voo não padronizado, é possível obter um mosaico devido à sobreposição de imagens.

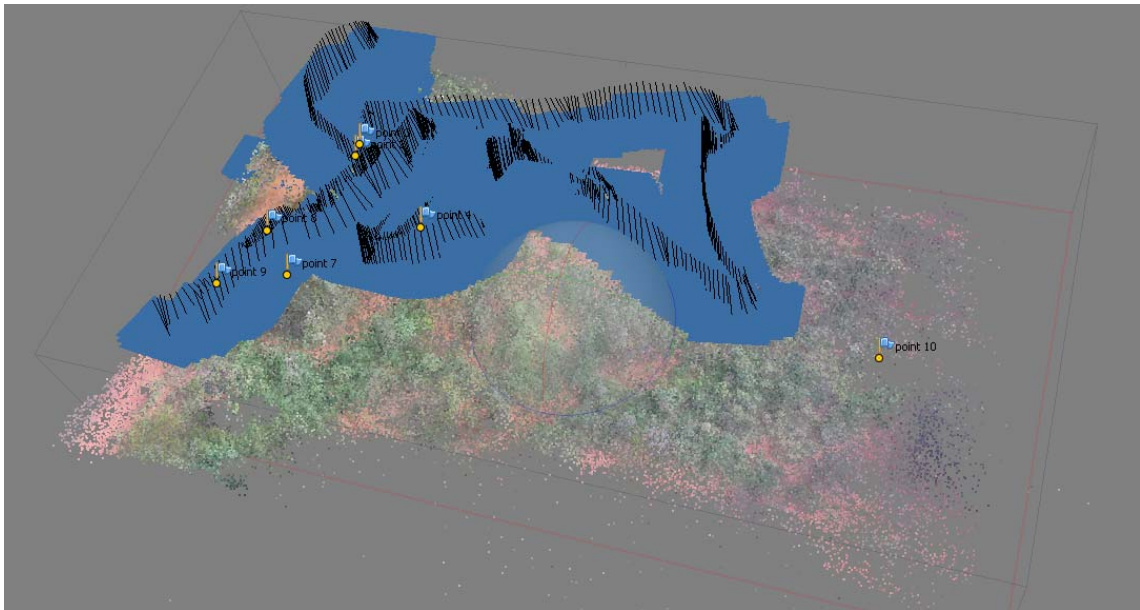


Figura 16 – Imagem em perspectiva (*Photoscan*), mostrando a sequência de imagens em voo aleatório (833 fotos)

Mas a ideia é poder aperfeiçoar o voo e assim montar com a menor quantidade de imagens, o maior mosaico e com maior definição possível. Quanto menos imagens para processamento do mosaico, mais rápido o resultado será alcançado. Lembrando-se que deve haver o mínimo de imagens que satisfaçam o processamento de imagem e a sobreposição das mesmas.

Na Figura 17 não houve a preocupação quanto ao percentual de sobreposição de cada imagem, mas somente se as imagens tinham uma sequência lógica. Nota-se que há espaços vazios ao longo do mosaico representado, devido ao fato de o programa de processamento de imagens entender estes pontos vazios como um “erro”, que na imagem não puderam ser observados pela câmera, devido à movimentação aleatória e à visualização parcial de árvores e arbustos, como destacados na figura, não podendo ser observados alguns pontos que ficaram escondidos, parecendo que o mosaico da área não foi processado de forma satisfatória.

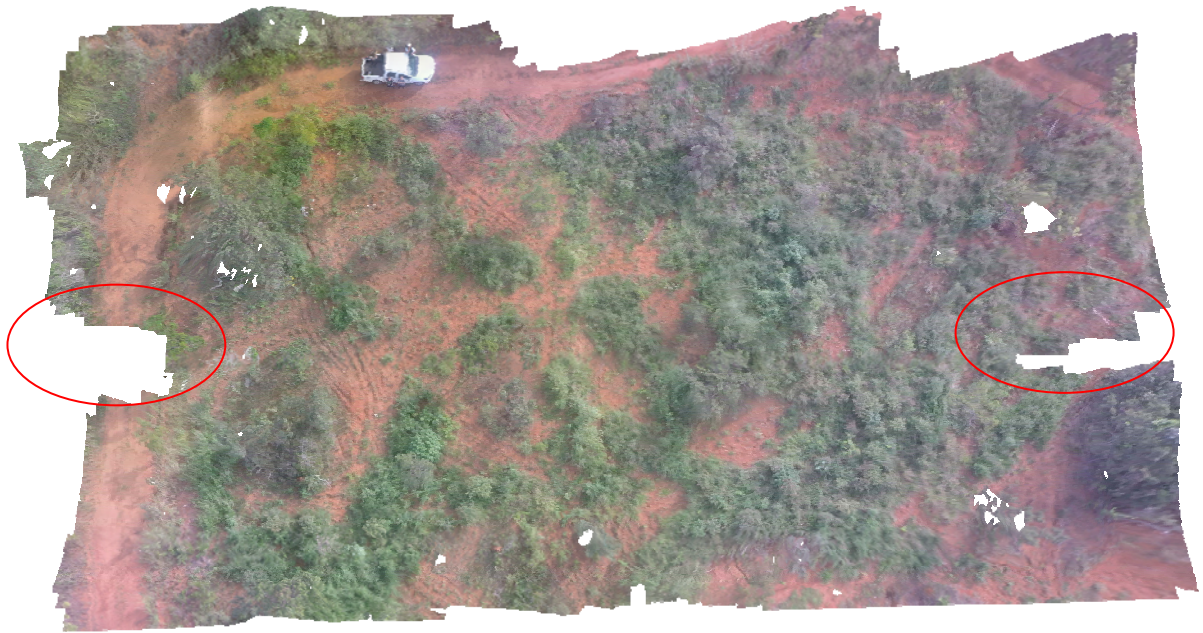


Figura 17 – Mosaico do Setor 1 não padronizado (9689x5138, resolução 9,52 mm/pixel)

O segundo teste na área do primeiro setor foi baseado na altura de voo do drone. Quanto mais baixo o drone voar, melhor será a resolução adquirida pela câmera. Para este teste, utilizaram-se as informações de que árvores da região do JBB, típicas do Cerrado, teriam uma altura média de 8 a 20 metros. Definiu-se assim a altura de 30 metros como a menor altura de voo.

Considerando que o *software Ground Station* utiliza informações via satélite para posicionamento vertical em relação ao solo, além de um sensor barométrico interno da controladora definir a altura relativa do voo para o drone de acordo com a pressão local do momento, a altura demonstrou uma defasagem para menos de 5 a 10 metros. A Figura 18 e a Figura 19 demonstram o voo feito em baixa altura passando próximo às árvores e com perigo de colisão com as mesmas.

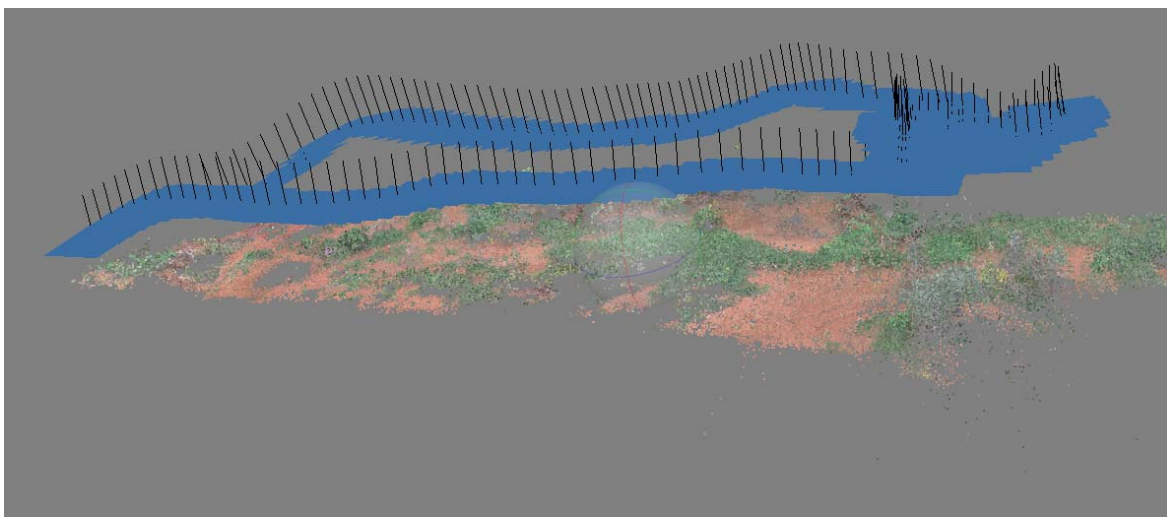


Figura 18 – Imagem em perspectiva (*Photoscan*), mostrando a sequência de imagens em voo a baixa altura (279 fotos)

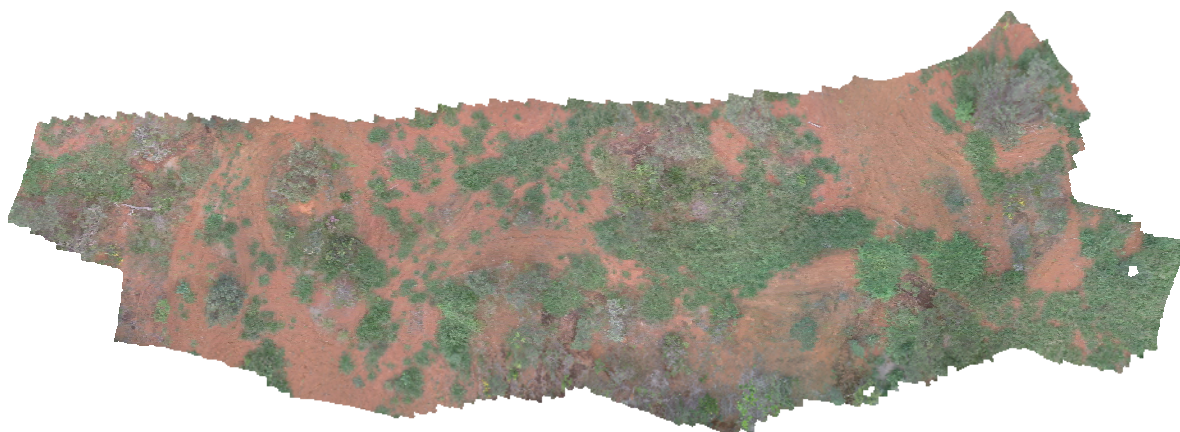


Figura 19 – Mosaico do Setor 1 feito a baixa altura (4096x1466, resolução 4,57 cm/pixel)

Ao final dos testes, o drone realizou dois tipos de voo no primeiro setor: voo manual e o voo autônomo. Conforme especificado no estudo, garantindo a segurança da vegetação, dos animais e do espaço aéreo. O plano de voo deverá ser expandido para os demais setores e outras áreas de interesse, gerando outras imagens em posterior trabalho.

O tamanho do mosaico tornou-se dependente do tamanho da carga da bateria, pois quanto maior a carga, maior o tempo de voo, além de alterar o peso do drone. Neste projeto foi utilizado uma bateria LiPo de 4 células com carga de 5200 mAh, que para o peso total do drone foi suficiente para fazer um voo de até 6 minutos de duração. Apesar do tempo curto, o drone consegue levantar imagens de áreas maiores que 1 hectare. Para se cobrir uma área maior será necessário o uso de uma bateria maior, de 4 ou 6 células, com carga mínima de 10000 mAh. Contudo, este tipo de bateria tem o dobro do peso com relação à bateria anterior, com um custo de aquisição maior.

6 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Com o presente estudo ficou comprovado que as fotografias obtidas com o sobrevoo do drone nas áreas desejadas são de excelente qualidade, permitindo a observação em tempo real do local e da situação em que se encontra determinada área, o que torna o uso dessa nova tecnologia imprescindível na proteção do JBB, em razão do baixo custo e da sua efetividade, como recurso auxiliar de monitoramento de áreas degradadas, erosões, controle sanitário e queimadas.

Com efeito, o drone permite que uma câmera de vídeo alcance grandes distâncias e áreas de difícil acesso, com o mapeamento de áreas degradadas e fitofisionomias que pode ser realizado por meio de sensoriamento remoto pelo drone, associado ao trabalho de campo, facilitando a criação de grandes imagens com alta definição que permitem elaborar um diagnóstico da cobertura do solo das unidades de conservação e fornecer dados para o acompanhamento do uso e ocupação do solo, subsidiando a escolha das medidas a serem tomadas sobre as áreas protegidas e quais áreas serão consideradas prioritárias para recuperação.

A observação de erosões dentro das áreas de proteção ambiental visa o auxílio às atividades de conservação e recuperação do solo. O drone revelou-se uma ferramenta muito útil para detectar erosões por meio de imagens, embasar diagnóstico que permitam o planejamento de recuperação da área e, de uma maneira mais imediata, permitir auxiliar a avaliação da necessidade de isolamento para que se evite o acesso a essas áreas degradadas, o que pode ampliar a área erodida e, principalmente, facilitar o alerta à população evitando, assim, riscos de acidentes no local.

No monitoramento de área queimada dos parques e unidades de conservação ambiental, o drone pode auxiliar no controle da qualidade do ar, favorecendo, dessa forma, o planejamento de ações em saúde, principalmente durante o período de seca, bem como na redução de custos para a realização do monitoramento ambiental e diminuição do risco à saúde dos brigadistas nas regiões de foco de incêndio.

Principalmente para o JBB, que foi o local de estudo deste projeto, foi comprovada a importância do drone para o monitoramento e acompanhamento das regiões limítrofes das áreas ecológicas, para observação de desmatamentos e invasões ilegais que possam

interferir nos recursos naturais e para acompanhar alterações do meio ambiente por causas indesejáveis que prejudicam de forma indireta a saúde da população local.

O acompanhamento de médios e grandes mamíferos silvestres tem a finalidade de avaliar o habitat e a fauna presente em uma determinada área cujo monitoramento já é feito pelo JBB através do uso de armadilhas fotográficas (*Câmeras Trap*) que, com o projeto do drone, está sendo desenvolvido câmeras de baixo custo com tecnologia de ajuda mútua entre os drones e as câmeras.

Este tipo de monitoramento (*Câmeras Trap*) pode ser feito em conjunto com o drone possibilitando uma redução significativa no custo em geral, permitindo o acesso remoto às câmeras, potencializando as informações e registros fotográficos, que comprovem a presença da fauna e imediata avaliação de dados, como o caminho percorrido pelos animais, favorecendo uma avaliação da qualidade ambiental, inclusive referentes à avaliação conjunta entre a fauna, vegetação local e recursos hídricos e de que forma irá interferir na saúde dos moradores da região.

Por fim, entendendo que há interesse do Jardim Botânico em utilizar drones em sua atividade de proteção, este estudo se torna importante para a implantação de um sistema de novas tecnologias que se pretende incluir nas atividades de proteção ambiental no JBB.

7 APÊNDICE

7.1 CONSTRUÇÃO DE UM DRONE:

- Placa Controladora

A *Arduino Pilot Meta* (APM) é uma controladora de voo de código aberto com capacidade de voo autônomo baseada na plataforma *Arduino* (Figura 20) Esta controladora (*flight controller*) pode controlar drones de asa fixa, drones multirrotor, ou helicópteros tradicionais. A APM é uma controladora automática completa capaz de prover estabilização autônoma, navegação por coordenadas de GPS (Figura 21) e telemetria, que envia informações úteis para uma estação em terra. Na controladora são processados vários dados de entrada ou comandos que chegam via rádio transmissor para pilotagem da aeronave. Além da controlabilidade do voo, existem sensores que facilitam ao usuário, como, por exemplo, o módulo giroscópio, que permite o equilíbrio do drone em voo e o sensor como o barômetro, que permite manter o drone em uma determinada altura estacionária. O sensor magnetômetro, que está relacionado com a orientação magnética e navegação. Todas as partes que compõem o drone serão ligadas na placa com os motores *brushless*, os controles eletrônicos de velocidade (*Electronic Speed Controller – ESC*), o módulo GPS e o sistema de movimento da câmera (*gimbal*).

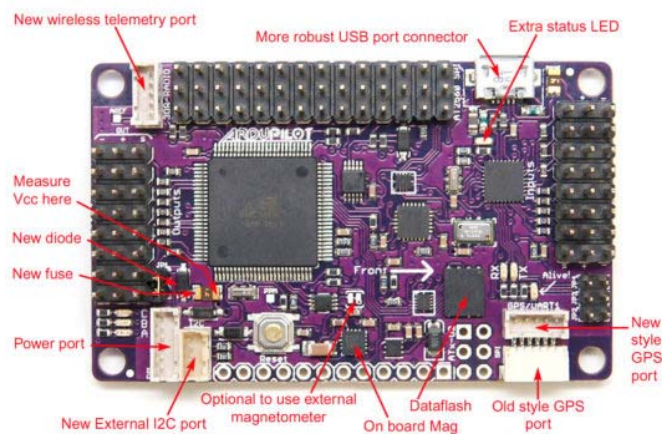


Figura 20- Placa Controladora de Voo APM2.6

Além da APM, tem a NAZA-M de uso comercial e *software* fechado, de fácil uso e que possibilita conexão com sistema de satélites para um voo estável.



Figura 21- Módulo *Ublox* GPS junto com a Placa Controladora APM2.6

- Motores *Brushless* conectados a ESC's

Os motores sem escovas (ou do inglês *Brushless*) são os que darão o empuxo necessário para que o drone quadricóptero levante voo. São necessários pelo menos quatro motores *Brushless* e quatro *ESC's* 30A (Figura 22).

Os *ESC's* são microcontroladores que definem a velocidade de rotação do motor e a energia necessária para mantê-los funcionando em voo.



Figura 22 - Motor *Brushless* + ESC 30A

- Estrutura:

O *frame* de um drone é a estrutura responsável por agregar todos os componentes e peças. Neste projeto, foi utilizado uma estrutura de alumínio e outro feito de um plástico especial (ABS) resistente a choques mecânicos moderados (Figura 23).

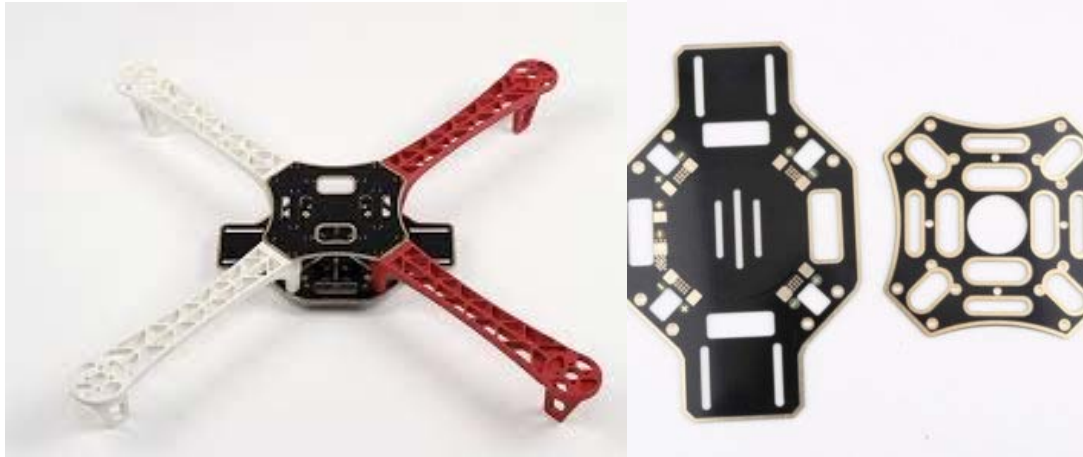


Figura 23- Frame Q450

Observa-se que a estrutura de alguns modelos, na placa central maior, existem contatos elétricos para a soldagem dos ESC's e um contato para soldagem de um conector XT60 para a bateria LiPo.

- Bateria LiPo

A bateria é a responsável pelo fornecimento de energia elétrica para todos os componentes eletrônicos como a Placa Controladora de Voo, para os Motores *Brushless*, para os ESC's, para o Módulo GPS, para o Módulo Receptor do Rádio e para o *Guimbal*.

Essas baterias, como na Figura 24 são compostas de Polímero de Lítio (*Lithium Polymer*) e são extremamente eficientes. Neste projeto foram utilizadas dois modelos, uma bateria LiPo 4S de 5200mAh e outra bateria LiPo 4S de 10000mAh, ou seja, de 4 células; cada célula (S) significa uma carga de 3,7 Volts. Então no total são 14,8 Volts para baterias de 4 células, com fator de descarregamento de 10C.



Figura 24 - Bateria LiPo 8.000 mAh 14.8 volts 4S

- Hélices (*Propellers*)

São as hélices que determinam a sustentação do voo. Para cada tipo de motor, existe a hélice correta. Hélices maiores do que as suportadas pelo motor escolhido poderão queimá-lo por esforço excessivo e, tão logo, o ESC correspondente. A hélice utilizada no projeto foi de 10 polegadas (Figura 25), que é a recomendada para motores de 1.000 KV. Cada par de hélices vem com um kit de anilhas para que se adequem ao eixo do motor.



Figura 25 - Par de hélices de 10 polegadas

- Carregador de Bateria LiPo

O carregador apropriado para as baterias LiPo é um carregador/balanceador (Figura 26) de cargas para as células da bateria LiPo. No carregador é possível escolher módulos

de carga rápida, balanceamento, descarregamento e estocagem de carga para longevidade das baterias.



Figura 26 - Carregador/Balaceador LiPo

- Alarme de Bateria Baixa

Trata-se de um item de baixo custo comparado às demais peças e é importantíssimo para evitar acidentes (Figura 27). Além de programar a placa controladora para trabalhar com um valor mínimo de carga na bateria, é necessário conectar esse alarme na bateria para que ele emita um sinal sonoro e audível sempre que a bateria atingir o valor mínimo de carga programado. Outro método é medir o tempo limite de duração da bateria em voo até que os motores comecem a falhar. É necessário observar a altura do voo que deverá ser baixa para não quebrar o aparelho em uma provável perda de energia.

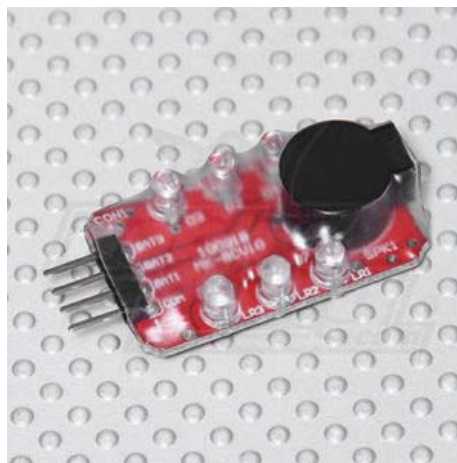


Figura 27 - Alarme de Bateria LiPo Baixa

- Conector XT60 da Bateria (Macho)

É por este conector (Figura 28) que a bateria fornece corrente e tensão elétrica para os componentes eletrônicos do drone, como a placa controladora, os ESC's e motores, além de outras peças que necessitam de energia elétrica. Este conector aguenta uma corrente de até 60 Amperes.



Figura 28 - Conector XT60 Macho

- Par de conector JST

Este item serve para conectar outros acessórios do seu drone (Figura 29), como uma câmera para fazer filmagens ou LED's para voos noturnos. Este conector poderá ser soldado à placa central do *frame* distribuidor de energia.



Figura 29 – Conector JST

- Velcro e *tyrap*

Pode ser usado o velcro para prender a bateria na estrutura do *frame*, normalmente na parte de baixo ou em cima, mas ao centro para manter no centro de gravidade o peso do drone, evitando que a bateria se solte quando o drone estiver voando. *Tyraps* são leves e servem para amarrar todas as peças que não possuem parafusos (Figura 30). Quanto mais leve ficar o drone, melhor.



Figura 30 - *Tyrap*

- Rádio Controle

Para uso em um drone deve-se procurar o melhor rádio controle que possa atender à necessidade de um voo. Além dos comandos de voo, são necessários outros canais para os demais controles do drone. Assim, um controle com no mínimo 6 canais é suficiente para voar um drone. No projeto foi adquirido um *Turnigy 9x* (Figura 31).



Figura 31 - Rádio Controle 2,4 GHz da Turnigy 9 canais

7.2 MONTAGEM DO DRONE:

1º Passo:

O primeiro passo consiste em soldar os ESC's (Figura 32) na placa inferior do quadricóptero.

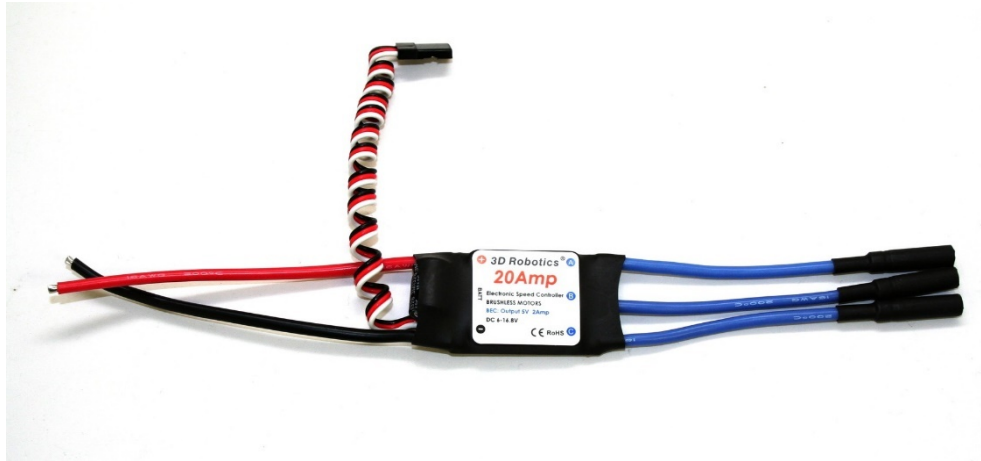


Figura 32 - ESC – Microcontrolador regulador de energia para os motores

Para iniciar, posicione a placa maior com abas sobre uma superfície plana; a parte que deve ficar voltada para cima é a que tem vários pontos para solda. Na Figura 33 segue a foto já com a solda:

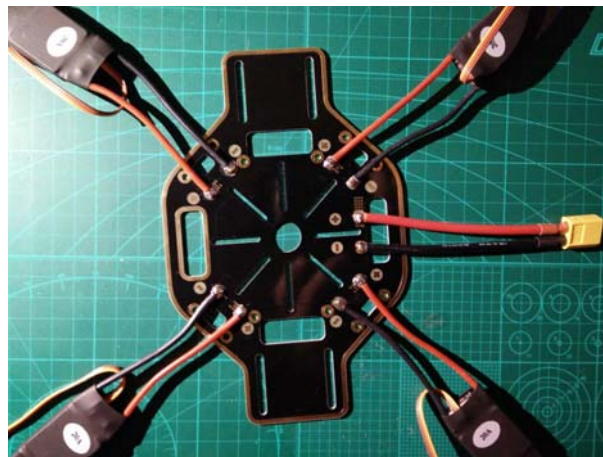


Figura 33 - Placa com soldagem de 4 ESC's

2º Passo:

Com a placa posicionada conforme a foto acima e os pontos de solda com estanho, basta posicionar os ESCs Figura 32 na direção de cada solda;

3º passo:

Além dos ESCs, solde os fios vermelho e preto ao conector XT 60. Esses fios serão a entrada de alimentação de energia principal de todo o quadricóptero. Instale os braços do frame e coloque os motores. Conecte os ESC's nos motores. Cada motor deverá girar para um lado conforme a Figura 34. Teste cada ESC e veja a rotação dos motores (atenção: os motores deverão estar sem hélice). Se não for a rotação desejada inverta dois dos três fios do motor.

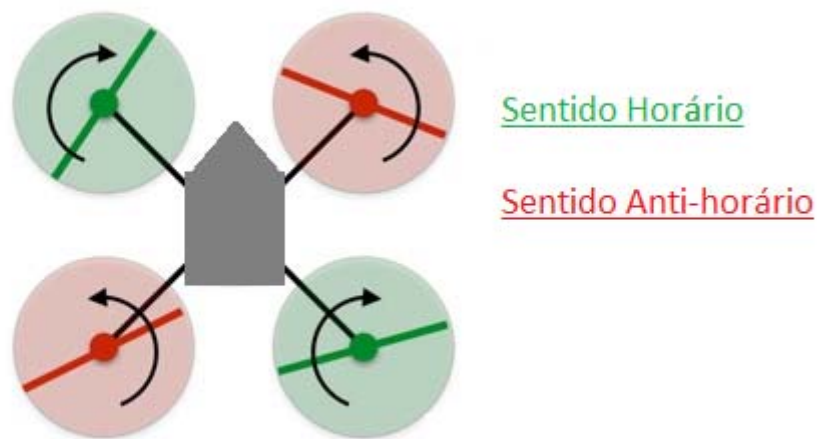


Figura 34 - Representação do sentido de rotação de cada hélice no drone

Conecte os ESC's, a antena GPS e o receptor à controladora de sua preferência e, após, conecte o receptor de rádio à controladora.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). 2012A. *Instrução Suplementar - IS N° 21-002 Revisão A*, 4 OUT 2012 (ANAC). Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/IS/2012/IS%2021-002A.pdf>>.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). 2017. *Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial – RBAC-E 94*, 2 MAI 2017 (ANAC). Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94-emd-00/@@display-file/arquivo_norma/rbace94emd00.pdf>.

BOTANIC GARDENS CONSERVATION INTERNATIONAL. *Normas internacionais de conservação para jardins botânicos*. Rio de Janeiro: MMA:JBRJ: RBJB. 2001.

BRASIL, Distrito Federal, Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Gerência de Emergências e Riscos Ambientais. *Relatório de área queimada nos parques e unidades de conservação do Distrito Federal no ano de 2017 / Gerência de Emergências e Riscos Ambientais*. – Brasília, DF: IBRAM, 2018. 93 p. : il.

BRASIL, Distrito Federal. *Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal (ZEE-DF), Um DF melhor para todos*. Caderno Técnico – Matriz Ecológica. 1ªEd. Brasília, 2017.

BRASIL, Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. *Saúde ambiental: guia básico para construção de indicadores*. Brasília: Ministério da Saúde, 2011. 124 p. : il. – (Série B. Textos Básicos de Saúde) ISBN 978-85-334-1777-9

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Mapeamento de Uso do Cerrado: *Projeto TerraClass Cerrado 2013/mma/sbf*.Brasília:MMA, 2015.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. *Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: Cerrado*. Brasília: MMA, 2011.

CABRAL, Igor Pinheiro de Sales. *Novas ferramentas para monitoramento ambiental usando SIG Web*. 2008. 129 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal - RN.

CASSEMIRO, Guilherme Henrique Medeiros. *Composição e processamento de imagens aéreas de alta resolução obtidas com drone*. 2014. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Eletrônica) – Faculdade UnB Gama – FGA, Brasília – DF.

CBD, SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY (2012). *Cities and Biodiversity Outlook*. Montreal, 64 pages. *A manutenção de ecossistemas urbanos funcionais pode contribuir significativamente para a saúde e o bem-estar humanos*. Cap 4 pg 29-32.

CERQUEIRA, Rui. *Um sistema de monitoramento e inventário da biodiversidade terrestre do Brasil*. In: Garay & B. Dias (Orgs.). *Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais. Avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento*. Editora Vozes. Petrópolis. 2001, p.385-398.

CHRISTIANSEN, Peter *et al.* *Automated Detection and Recognition of Wildlife Using Thermal Cameras*. *Sensors* 2014, 14, p:13778-13793.

COPPEJANS, H.H.G.; Myburgh, H.C. *A Primer on Autonomous Aerial Vehicle Design*. *Sensors* **2015**, 15, 30033-30061.

DECEA, ICA 100-40. *Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro*. Publicado no BCA n° 212, de 19 de novembro de 2015

DOS REIS, Laís Naiara Gonçalves e SOUZA, Josimar dos Reis. *O corredor ecológico como instrumento de gestão ambiental para conexão dos habitats fragmentados X Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 10, n. 3, 2014, pp. 71-84

ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO JARDIM BOTÂNICO, 2018. Disponível em: <<http://www.jardimbotanico.df.gov.br/institucional/estacao-ecologica/>>. Acesso em jun/2018

GAMBARATO, Renato Luiz, 1980. *Desenvolvimento de um programa computacional para classificação do uso da terra em imagens CBERS 2*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu – SP, 2008.

GONZALES, R.C., WOODS, R.E. *Digital Image Processing*. 3. ed. New Jersey: Prentice Hall. 2010. 793 p.

GONZALEZ, Luis F. *et al.* *Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and Artificial Intelligence Revolutionizing Wildlife Monitoring and Conservation*. *Sensors* 2016, 16, 97.

HERNANDEZ, Andres *et al.* *Towards the Development of a Smart Flying Sensor: Illustration in the Field of Precision Agriculture*. *Sensors* 2015, 15, p:16688-16709.

ICMBIO/MMA. *Manual para Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais*. 2010

KOH, L. P. And WICH, S. A. 2012. *Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation*. *Tropical Conservation Science* Vol. 5(2):121-132.

MARQUES FILHO, Ogê; VIEIRA NETO, Hugo. *Processamento Digital de Imagens*. Rio de Janeiro: Brasport, 1999. ISBN 8574520098.

MARR, D., *Vision: a Computational Investigation into the Human representation and Processing of Visual Information*. New York: Freeman, 1982.

- MARUJO, Rennan de Freitas Bezerra. *Avaliação de métodos de Segmentação de imagens aplicadas na classificação de culturas cafeeiras*. Universidade Federal Lavras UFLA – MG, 2013.
- MEDEIROS, João de Deus. *Guia de campo: vegetação do Cerrado 500 espécies*. Brasília: MMA/SBF, 2011.
- PONCE, V. M. & Cunha, C. N. 1993. *Vegetated earthmounds in tropical savannas of Central Brazil: a synthesis*. **Journal of Biogeography** **20**: 219-225.
- PORTUGAL, Escola Nacional de Bombeiros. *Manual de combate a incêndio Florestal par equipe de Primeira Intervenção*. 3ª. ed. Sintra: Escola Nacional de Bombeiros, 2006.
- ROLDÁN, Juan Jesús *et al.*. *Mini-UAV Based Sensory System for Measuring Environmental Variables in Greenhouses*. *Sensors* 2015, 15, p:3334-3350;
- SANGWINE, S.J., HORNE, R.E.N. *The Colour Image Processing Handbook*. 1 ed. London: Chapman & Hall. 1998. 440 p.
- SANTOS, A. Á. B. ; FELFILI, J. M. ; SAMPAIO, J. C. . *Diretrizes para o Plano de Manejo da APA Gama e Cabeça de Veado*. In: Jeanine Maria Felfili, Júlio César Sampaio e Anthony Állison Brandão Santos. (Org.). *Flora e Diretrizes ao Plano de Manejo da APA Gama e Cabeça de Veado*. 1ªed.Brasília: Universidade de Brasília, 2006, v. 1, p. 7-204.
- SANTOS, Ana Paula de Oliveira. *Desenvolvimento de descritores de imagens para reconhecimento de padrões de plantas invasoras (folhas largas e folhas estreitas)*. Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos UFSCAR, 2009.
- SCHNEIDER, M. R., *Sistema de segurança e proteção baseado em visão computacional*. Curitiba. UTFPR, 2007.
- TRIVEDI, M.M., ROSENFELD, A., *On making computers “See”*. *IEEE transactions on systems, man and cybernetics*, v.19, n.6, p.1333-6, Nov. 1989.
- VARGAS, Ernesto Gómez; NEIRA, Nelson Obregón; ARANGO, Diego Fernando Rocha. *Métodos de segmentación de nubes em imágenes satelitales*. *Tecnura* Vol. 17 No. 36 abril - junho de 2013
- ZHANG, Jing *et al.* *Microelectromechanical Resonant Accelerometer Designed with a High Sensitivity*. *Sensors* 2015, 15, p:30293–30310.