

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO

DIEGO COELHO SILVA DE CAMARGO

APLICABILIDADE DO USO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS  
NO MONITORAMENTO E GESTÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO:  
ESTUDO DE CASO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO TAIM – RS

**Porto Alegre**

**2018**

DIEGO COELHO SILVA DE CAMARGO

APLICABILIDADE DO USO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS  
NO MONITORAMENTO E GESTÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO:  
ESTUDO DE CASO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO TAIM – RS

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, da UFRGS, como requisito para a obtenção do título de mestre em Sensoriamento Remoto, sob orientação da Profª Drª Tatiana Silva da Silva

**Banca Examinadora**

Prof. Dr. Laurindo Antônio Guasselli	Dep. Geografia (UFRGS)
Profª. Drª. Andrea Lopes Iescheck	Dep. Geodésia (UFRGS)
Prof. Dr. Leonardo Cardoso Renner	Dep. Geodésia (UFRGS)

**Porto Alegre**

**2018**

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais **Miriam Regina Bernardes Coelho Silva** e **Tamay Caetê Daitx de Camargo** pelo apoio em minhas decisões.

Aos meus irmãos **Bruno Coelho Silva de Camargo** e **Mariana Coelho Silva de Camargo** pelos incentivos finais na conclusão desta etapa.

À **Natália Rohenkohl do Canto**. Aquela que com carinho e dedicação me incentivou nas horas mais complicadas dessa etapa, sempre doando uma parte de si para o meu bem estar. Deixo aqui também o meu desejo de que ela sempre consiga se cercar de coisas boas, e nunca pensar duas vezes em buscar tudo aquilo que merece. Certamente a pessoa mais inteligente e dedicada que conheço.

*“Caminhar... Ver outras coisas... Isso tudo acaba destravando a mente...”*

*“Uma melodia é como ver alguém pela primeira vez. A atração física. Sexo. Mas então à medida que você vai conhecendo a pessoa, isso é a letra. A história deles. Quem eles são no interior. É a combinação dos dois que torna isso em algo mágico, a magia da canção.”*

## RESUMO

A Estação Ecológica do Taim, localizada no extremo sul do Rio Grande do Sul, Brasil, é uma área reconhecida mundialmente por ser importante para conservação, abrigando ambientes sensíveis e diversas espécies ameaçadas. Sendo uma área grande, diversa, e impactada por diferentes usos, as atividades de gestão no Taim se tornaram complexas, indicando a necessidade de novas ferramentas de monitoramento. O estudo em questão visou analisar a aplicabilidade de diferentes modelos de veículos aéreos não tripulados, como subsídio à obtenção de dados espaciais para áreas de interesse de gestão da ESEC do Taim. As áreas prioritárias para o monitoramento foram delimitadas a partir de reuniões com gestores e pesquisadores, e através de referências bibliográficas. Foram delimitadas 8 áreas com interesses diversos para a gestão do Taim: focos de incêndio; atividades de caça e pesca; atropelamento de fauna; localização de espécies; recuperação natural; reconhecimento. As principais características das plataformas analisadas foram a autonomia, raio de operação, e a compatibilidade com câmeras capazes de atender as necessidades das demandas identificadas, em termos de resolução espectral e espacial. Foi utilizado o software Mission Planner para a construção de testes de voo, e o ArcGis 10,3 para o cruzamento de informações espaciais necessárias para a definição dos equipamentos capazes de operar. Os modelos que se mostraram aplicáveis foram o Echar 20 C, o Batmap 2, e o Phantom 4. Foi construída uma relação das atribuições dos modelos propostos com as demandas por área, considerando questões de logística de campo, restrições legais, e custos. O Echar 20 C, e o Batmap 2 foram definidos para o mapeamento de áreas maiores, ou em áreas menores com necessidades de altíssima resolução espacial, e qualidade posicional sem a necessidade de pontos de controle em campo. Já o Phantom 4 Pro definido para as demandas onde o produto não ocorre em forma de fotografias aéreas, mas sim visualização em tempo real da superfície terrestre. Foi considerado então um subsídio importante na detecção de focos de incêndio e infratores, que pode auxiliar a brigada de incêndios atuante no controle de queimadas. O estudo em questão se mostrou eficiente na busca pela introdução de tecnologia de VANT ao processo de gestão da ESEC DO TAIM, que vem se desenvolvendo para atingir um patamar de excelência no armazenamento, e distribuição de dados espaciais para os diversos atores envolvidos no processo de manutenção dos recursos naturais importantes para o meio ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensoriamento remoto; VANT; Gestão; Taim.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 OBJETIVO GERAL.....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	18
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
4.1 ABORDAGENS SOBRE A ESEC DO TAIM: IMPORTÂNCIA, BIODIVERSIDADE E EXPANSÃO DO LIMITE LEGAL ESTABELECIDO.....	21
4.1.1 Aspectos da Legislação Ambiental Aplicadas à ESEC do Taim.....	21
4.1.2 Histórico da expansão da área legal da ESEC do Taim.....	23
4.1.3 Histórico da Biodiversidade da ESEC DO TAIM.....	26
4.1.4 Pressões aos ecossistemas protegidos pela unidade de conservação, e principais estudos para a mitigação dos impactos.....	29
4.2 ABORDAGENS SOBRE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS: CARACTERÍSTICAS, HISTÓRICO, LEIS E APLICAÇÕES.....	36
4.2.1 Histórico, classificação, e inserção dos Veículos Aéreos Não tripulados como ferramenta para obtenção de dados espaciais.....	36
4.2.2 Características e aplicações dos veículos aéreos não tripulados.....	38
4.2.3 Aspectos da Legislação para a utilização de VANT no espaço aéreo brasileiro.....	41
4.2.4 Modelos de Veículos Aéreos Não tripulados, e suas aplicações.....	47
4.2.5 VANT aplicados na gestão de unidades de conservação.....	66
5. METODOLOGIA.....	68
5.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA SOBRE A UTILIZAÇÃO DE VANT E SEUS COMPONENTES.....	68
5.2 REUNIÃO DE TRABALHO COM PESQUISADORES E GESTORES PARA IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS ATIVIDADES DE GESTÃO DA ESEC DO TAIM.....	69
5.3 RECONHECIMENTO E LOGÍSTICA DE CAMPO.....	69
5.4 DESENVOLVIMENTO DE BASE DE DADOS EM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.....	70
5.5 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE DIFERENTES EQUIPAMENTOS E SUA APLICABILIDADE EM RELAÇÃO ÀS DEMANDAS DE PESQUISADORES E GESTORES.....	70

5.6	PROPOSTA DE AÇÃO BASEADO NA UTILIZAÇÃO DE VANT, COMERCIAL OU NÃO, PARA SUBSIDIAR AÇÕES DE GESTÃO NA ESEC DO TAIM.....	71
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	73
6.1	PRINCIPAIS DEMANDAS DE GESTÃO IDENTIFICADAS PARA POSSÍVEL UTILIZAÇÃO DE RPAS.....	73
6.2	ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA MONITORAMENTO, MAPEAMENTO, E FISCALIZAÇÃO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE VANT.....	78
6.2.1	Monitoramento de espécies protegidas, e reconhecimento de áreas importantes da ESEC do Taim. ....	78
6.2.2	Monitoramento de Focos de incêndios e áreas de recuperação natural.....	79
6.2.3	Monitoramento de Atropelamento de Fauna. ....	81
6.2.4	Fiscalização de infrações: caça, e pesca ilegal. ....	82
6.3	APLICABILIDADES DO USO DE DIFERENTES MODELOS DE VANT FRENTE ÀS DEMANDAS DE GESTÃO DA ESEC DO TAIM.....	83
6.3.1	Aplicabilidade de VANT para reconhecimento de áreas importantes para a Unidade de Conservação: Área de interesse para análise da aplicabilidade de VANT número 1.....	83
6.3.2	Aplicabilidade de VANT para monitoramento e localização de espécies protegidas e de interesse para a gestão: Área de interesse para análise da aplicabilidade de VANT número 2 e 3. ....	88
6.3.3	Aplicabilidade de VANT para a Localização de focos na ESEC do Taim: Área de interesse para análise da aplicabilidade de VANT número 4. ....	94
6.3.4	Aplicabilidade de VANT para monitoramento da recuperação natural: Área de interesse para análise da aplicabilidade de VANT número 5.....	97
6.3.5	Aplicabilidade de VANT para monitoramento de atropelamento de fauna: Área de interesse para análise da aplicabilidade de VANT número 6. ....	103
6.3.6	Aplicabilidade de VANT para monitoramento e fiscalização de infrações de caça e pesca: Área de interesse para análise da aplicabilidade de VANT números 7 e 8.	104
6.4	PROPOSTA DE PLATAFORMAS QUE PODEM SUBSIDIAR AÇÕES DE GESTÃO .....	109
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	117
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	119
	LISTA DE ANEXOS .....	126

ANEXO A: Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial (RBAC-E nº 94), sub parte E 94.3.....	126
ANEXO B: Figura das áreas de interesse delimitas .....	128
ANEXO C: Delimitação da Faixa de Segurança de Aeródromos para Voos com RPAs. .	129
ANEXO D: Órgãos Regionais do DECEA. Fonte: Extraído de ICA 100-40 (2016).....	130

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS:**

AIC	Circular de Informação Aeronáutica
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
APSC	Advanced Photo System Type - C
BRLOS	Operação Além da Linha de Visada Rádio
ATM	Gerenciamento do Tráfego Aéreo
BVLOS	Operação Além da Linha de Visada Visual
CCD	Charged-Couple Device
CMA	Certificado Médico Aeronáutico
COI	Controle de Orientação Inteligente
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte
DNOS	Departamento Nacional de Obras e Saneamento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESEC	Estação Ecológica
FPV	First Person View
GDT	Geometric Dimensional and Tolerance
GLONASS	Sistema Global de Navegação por Satélites Russo
GNSS	Sistema Global de Navegação por Satélite
GPS	Sistema Global de Navegação por Satélite Americano
GSD	Ground Sample Distance
HA	High Accuracy
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IFR	Regra de Voos por Instrumentos
MDD	Model driven development
MDT	Modelo Digital do Terreno
MMA	Ministério do Meio Ambiente

NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
NIR	Near Infrared (Infravermelho Próximo)
NEMA	Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental
NOTAM	Notice to Airmen
OACI	Organização Internacional de Aviação Civil
PMD	Peso Máximo de Decolagem
RAB	Registro Aeronáutico Brasileiro
RLOS	Operação em Linha de Visada Rádio
RBAC	Regulamento Brasileiro de Aviação Civil
RPA	Aeronave Remotamente Pilotada
RPAS	Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas
RTOS	Sistema de Operação em Tempo Real
SARPAS	Sistema de Autorização de Acesso ao Espaço Aéreo RPAS
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SISCEAB	Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro
SISANT	Sistema de Aeronaves não Tripuladas
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UC	Unidade de Conservação
VANT	Veículos Aéreos Não Tripulados
VLOS	Operação em Linha de Visada Visual
ZA	Zona de Amortecimento

## LISTA DE FIGURAS:

Figura 1: Localização da área de estudo (baseada na proposta de ampliação da área legal da ESEC do Taim discutida pelo grupo de trabalho GT-TAIM, e os diversos atores envolvidos no processo de expansão da área legal). Fonte de dados espaciais: WebGIS Taim.....	20
Figura 2: Comparação entre os limites legais dos decretos de 1978 (81.603) e 1986 (92.963). Infere a supressão de área imposta pela medida. Fonte: Adaptado de Schreiner (2012); MMA (2013). Fonte de dados espaciais: WebGIS Taim. ....	24
Figura 3: Proposta de delimitação da Zona de Amortecimento da ESEC DO TAIM. Fonte: Adaptado de Schreiner 2012; MMA 2013. Fonte de dados espaciais: WebGIS Taim. ....	26
Figura 4: Cisne do pescoço preto ( <i>Cygnus melancoryphus</i> ), uma das espécies mais visadas atualmente para projetos de gestão no Taim. Fonte: Natureza Brasileira. ....	29
Figura 5: Capivara no Taim ( <i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> ). Uma das espécies mais visadas em estudos de análise populacional, e estudos de impacto da BR-471 sobre a fauna protegida do Taim. Fonte: Adilson Troca. ....	29
Figura 6: Seções da BR - 471 que percorrem áreas de importância para a gestão da ESEC do Taim. A seção C – D representa a extensão da BR – 471 mais associada ao monitoramento de atropelamento de fauna. Fonte de dados espaciais: WEBGIS – Taim; Openlayer; FEPAM...	31
Figura 7: Zoneamento proposto por Eichenberger (2015), para propostas de mitigação e gestão da ESEC do Taim. As Zonas de Recuperação, Primitiva, e de Uso conflitante são utilizadas para a delimitação de áreas relacionadas às principais atividades nas será analisada a aplicabilidade de VANT. Adaptado de Eichenberger (2015). Fonte de dados espaciais: WebGis Taim.....	35
Figura 8: Fluxograma com resumo das regras dispostas na ICA 100-40 (DECEA), para o acesso ao espaço aéreo. FONTE: Extraído de ICA 100 – 40, DECEA, 2017.....	44
Figura 9: Modelos de VANT. Distinção entre asa fixa, e asa rotativa multirotor. Fonte: Extraído de Andrade, 2013.....	48
Figura 10: Modelos de VANT desenvolvidos por empresas internacionais. “A” ilustra o modelo Phantom 3 Professional, desenvolvido pela empresa DJI, “B” S900 também da empresa DJI, “C” representa o modelo Aibotix X6 da empresa Aibotix, e “D” o modelo Disco FPV da empresa Parrot. Fonte: Dji, Parrot, e Aibotix.....	51
Figura 11: Visualização da câmera do Parrot Disco em operação. Pode ser observada no aplicativo de smartphome, ou mesmo a partir do óculos de FPV. Fonte: .....	55

Figura 12: Modelos de VANT comercializados pela empresa XMOBOTS. “E” ilustra o modelo ECHAR 20C, “F” o modelo ARATOR 5A, “G” o modelo Nauru 500B. Fonte: Xmobots. ....	57
Figura 13: Batmap: VANT desenvolvido pela empresa Nuvem UAV. Fonte: Extraído de Nuvem UAV.....	64
Figura 14: Fluxograma das principais atividades envolvidas na metodologia.....	72
Figura 15: Monitoramento de fauna realizado na rodovia BR - 471. Fonte de dados espaciais: WebGIS Taim; Open Layer.....	74
Figura 16: Pontos de Localização das bases do ICMbio utilizadas para fiscalização, monitoramento, e abrigo para estações meteorológicas. Fonte de dados espaciais: WebGis Taim; FEPAM. ....	75
Figura 17: Mapeamento das Infrações de caça e pesca ilegal que ocorrem nos limites da ESEC do Taim, e seu entorno. Fonte de dados espaciais: WebGis - Taim. ....	76
Figura 18: Áreas de extensão do impacto das grandes queimadas que ocorreram no Taim. Adaptado de Eichenberger (2015). Fonte de dados espaciais: WebGis – Taim. ....	77
Figura 19: Áreas de interesse para a análise da aplicabilidade de RPAS, voltadas ao monitoramento de espécies, e localização de áreas importantes para a conservação. Fonte de dados espaciais: WebGis Taim (Limite da ESEC).....	79
Figura 20: Área de interesse para a análise de aplicabilidade de VANT para a Localização de Focos de Incêndio. Fonte de dados espaciais: WebGis Taim (Limite da ESEC).....	80
Figura 21: Área de interesse para a análise de aplicabilidade de VANT para o Monitoramento da Recuperação Natural da Paisagem. Fonte de dados espaciais: WebGis Taim (Limite da ESEC).....	81
Figura 22: Área de Interesse para Análise da Aplicabilidade de VANT para subsídio ao monitoramento de atropelamento de fauna. Fonte de dados espaciais: WebGis Taim (Limite da ESEC); Open Layers.....	82
Figura 23: Área de Interesse para Análise da Aplicabilidade de VANT para subsídio ao monitoramento de Infrações. Fonte de dados espaciais: WebGis Taim (Limite da ESEC).....	83
Figura 24: Área de Cobertura obtida por realização de voo com Phantom 3.....	84
Figura 25: Comparação de Alcance dos Equipamentos analisados para aplicabilidade na área de interesse 1, a partir da base Estrada Cinza (4). O Arator 5A com 10 km de alcance, O Echar 20 C e o Nauru 500 B com no mínimo 20 km de alcance (pode ir até 30 km dependendo das condições). ....	86

Figura 26: Exemplo de teste de plano de voo realizado com o auxílio do software Mission planner (representa o teste, considerando a área de interesse 1 inteira para uma altura de 600 m, no quadro 10).....	87
Figura 27: Plano de voo considerando 1/4 da área de interesse, para o quadrante mais distante do ponto de pouso e decolagem.....	88
Figura 28: Análise espacial do alcance do equipamento considerado para aplicabilidade nas áreas 2 e 3, de interesse ao monitoramento e localização de espécies protegidas, ilustrando o mínimo alcance da RPA de 20 km. ....	90
Figura 29: Plano de voo realizado para avaliar a aplicabilidade do Echar 20 C na área 3, localizada na outra extremidade do limite da ESEC do Taim. As informações estimadas para a operação estão dispostas no quadro 11.....	91
Figura 30: Plano de voo realizado para avaliar a aplicabilidade do Echar 20 C na área 2, localizada além do limite da ESEC do Taim, mais próxima à base sede. As informações estimadas para a operação estão dispostas no quadro 12. ....	92
Figura 31: Plano de voo realizado para avaliar a aplicabilidade do Batmap na área 3, com a câmera FLIR VUE PRO, para 120 m de altura. As informações estimadas para a operação estão dispostos no quadro 13.....	94
Figura 32: Alcance do Parrot Disco FPV para análise de aplicabilidade para subsídio a localização de focos de incêndio na área de interesse 4. ....	95
Figura 33: Alcance do Phantom 4 para análise de aplicabilidade para subsídio a localização de focos de incêndio na área de interesse 4.....	97
Figura 34: Alcance do Batmap 2 para análise de aplicabilidade para subsídio de estudos de recuperação natural da área impactada por incêndios, na área 5.....	99
Figura 35: Segmentação da área 5 para possibilitar o recobrimento pela plataforma Batmap 2. O segmento 1 foi utilizado para a realização dos testes de voo. ....	100
Figura 36: Plano de voo realizado para avaliar a aplicabilidade do Batmap 2 na área 5 (segmento 1), localizada dentro do limite da ESEC do Taim. As informações estimadas para a operação estão dispostas no quadro 14.....	101
Figura 37: Alcance do Phantom 4 para análise de aplicabilidade para subsídio a busca de pescadores ilegais na área 7. Nota-se a limitação do equipamento. ....	105
Figura 38: Plano de voo realizado para avaliar a aplicabilidade do Echar 20 C na área 8, mais próxima à base Estrada Cinza. As informações estimadas para a operação estão dispostas no quadro 15.....	107

Figura 39: Demonstra a limitação do Batmap 2 pela capacidade do raio de operação de 10km, considerando o lançamento a partir da base 4. Seria necessária a realização do mapeamento por dois pontos de pouso e decolagem distintos. .... 108

## LISTA DE QUADROS:

Quadro 1: Critérios de inclusão e exclusão de áreas da nova poligonais da unidade. Fonte: Extraído de MMA, 2013.....	24
Quadro 2: Critérios e regras para o desenvolvimento da zona de amortecimento da ESEC DO TAIM: Fonte: adaptado de Schreiner 2012; MMA 2013.....	25
Quadro 3: Caracterização das zonas propostas por Eichenberger (2015), que delimitam áreas para a possível utilização de VANT como subsídio à gestão do Taim. Fonte: Adaptado de Eichenberger (2015). .....	34
Quadro 4: Resumo de regras para acesso ao espaço aéreo brasileiro. Fonte: Extraído de ICA 100 - 40, DECEA, 2017 .....	45
Quadro 5: Distinção de classes pelo peso dos equipamentos, dispostas na RAB. Fonte: Adaptado de ANAC. ....	46
Quadro 6: Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de VANT (Adaptado de MEDEIROS, 2007) .....	49
Quadro 7: Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de VANT (Adaptado de MEDEIROS, 2007) .....	49
Quadro 8: Especificações técnicas do Batmap. Comparação dos modelos comercializados. Fonte: Adaptado de Nuvem UAV. ....	64
Quadro 9: Comparação das principais especificações dos modelos discutidos como possível utilização para subsídio de dados espaciais na ESEC do Taim. A coluna de custos é estima em dólares americanos. ....	65
Quadro 10: Resultados de Testes de Plano de voo realizado com o modelo Echar 20 C, para área de interesse 1, a partir da base Estrada Cinza (4). ....	88
Quadro 11: Resultados de Testes de Plano de voo realizado com o modelo Echar 20 C, para a área de interesse 3, a partir da base Estrada Cinza. Foram utilizadas as especificações técnicas da aeronave, bem como da câmera Sony A7R de 36 Mpixels disponível no software Mission Planner.....	90
Quadro 12: Resultados de Testes de Plano de voo realizado com o modelo Echar 20 C, para a área de interesse 2, a partir da base Estrada Cinza. Foram utilizadas as especificações técnicas da aeronave, bem como da câmera Sony A7R de 36 Mpixels disponível no software Mission Planner.....	92
Quadro 13: Resultados para o teste de voo realizado com Batmap para mapeamento da área 3, com a utilização de câmera termal, e também a câmera RGB Sony a6000. ....	93

Quadro 14: Resultados obtidos para os testes de voo utilizando as especificações de câmeras compatíveis com o modelo Batmap 2, na área 5. ....	100
Quadro 15: Comparação dos resultados de testes de voo realizados para a área de interesse 8 para dois equipamentos distintos. O Echar 20 C com a utilização da câmera Sony A7R RGB, e o Batmap 2 com a câmera Sony a6000 RGB. ....	107
Quadro 16: Considerações da aplicabilidade do ECHAR 20 C na ESEC do Taim. ....	111
Quadro 17: Considerações da aplicabilidade do Batmap 2 na ESEC do Taim. ....	113
Quadro 18: Considerações da aplicabilidade do Phantom 4 na ESEC do Taim. ....	115
Quadro 19: Comparação de custos de equipamentos para diferentes configurações. Valores indicados em dólares americanos. ....	116

## 1. INTRODUÇÃO

A Estação Ecológica do Taim (ESEC do Taim) é reconhecida mundialmente como uma importante área de conservação, em função da presença de grandes áreas de banhados, campos de dunas e matas. A reserva abriga uma diversidade de espécies de flora e fauna, das quais muitas são endêmicas e presentes na lista nacional de espécies ameaçadas de extinção. Segundo Primack (2001), a consolidação e proteção de comunidades estabelecidas em seu ambiente natural é a forma mais eficaz de preservação desse ecossistema.

Não só a grande diversidade biológica, mas a importância dessa unidade de conservação aflora também a partir dos serviços ecossistêmicos que provém para as áreas adjacentes ocasionando um equilíbrio ecológico para a região. Podem ser destacados: o controle de poluição e enchentes; a conservação da biodiversidade; a geração de solo; a produção vegetal; a estocagem de água e nutrientes (NEMA, 2008).

Em decorrência das particularidades apresentadas sobre a ESEC do Taim, a reserva é uma unidade de conservação (UC) já consolidada há mais de 29 anos. Faz parte do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) e está entre as mais importantes áreas úmidas do mundo, tendo sido incluída na Convenção Ramsar (Convenção sobre as Zonas Húmidas de Importância Internacional) recentemente. Mesmo partindo dessas premissas, ainda carece do desenvolvimento do seu Plano de Manejo (e delimitação de zonas de amortecimento), que no Brasil é o principal instrumento de gestão de unidades de conservação.

Recentemente, a ESEC do Taim passou por um processo de expansão de sua área legal e delimitação de zonas de amortecimento (ZAs), seguindo o estabelecido no artigo 25º da Lei nº 9.985/2000 que dá como obrigatória a existência de uma ZA no entorno de Unidades de Conservação. O mesmo artigo define o órgão gestor da unidade, o ICMBio, como o responsável por definir os limites das ZAs bem como o seu plano de manejo.

Devido à falta de critérios estabelecidos para a delimitação destas zonas e à diversidade de atividades existentes no entorno, os processos de criação de ZAs ainda são muito complicados e demorados. Na ESEC do Taim, a criação das ZAs iniciou em 2010 quando as primeiras reuniões ocorreram para a formação de um grupo de trabalho (GT-Taim) que reunisse todos os atores interessados. Este grupo foi composto por gestores da unidade (ICMBio), pesquisadores, representantes do poder público municipal (de Santa Vitória do Palmar e Rio Grande), agricultores, pecuaristas, silvicultores e pescadores artesanais. A diversidade de atores, e os conflitos de interesse resultantes deixaram o processo extremamente oneroso.

Toda a inserção de novas áreas protegidas no cenário nacional é complexa, devido ao conflito de uso e ocupação que tende a ocorrer relacionado à diversidade de atores envolvidos num processo dessa magnitude. Entretanto, para D'amico (2013) é crucial a participação de todos os setores, sejam as comunidades locais, ou grupos interessados no manejo e utilização de recursos da unidade.

Para auxiliar no processo de planejamento ambiental e de tomada de decisão, subsidiando ações de plano de manejo, zoneamento ambiental e diagnóstico ambiental, o geoprocessamento e o sensoriamento remoto tem um papel essencial na obtenção e integralização de dados espaciais (RAMOS et al., 2007). A visualização e o manuseio da informação de forma espacializada facilita o diálogo entre os distintos atores envolvidos em projetos de planejamento.

Entretanto, ainda existe uma carência de instrumentos de gestão, bem como de tecnologias que preencham lacunas de conhecimento ainda existentes. Alguns parâmetros são desconhecidos, pois o monitoramento *in situ* muitas vezes é inviável/ou de alto custo, enquanto outros são restritos a porções específicas, em geral, em áreas de mais fácil acesso. Assim, tecnologias que forneçam dados sobre aspectos ainda não conhecidos do funcionamento do sistema ambiental do Taim e sua biodiversidade, além do monitoramento e detecção de incêndios e infrações é demanda latente dos gestores, pesquisadores do GT-Taim como um todo.

Diversos estudos sobre a construção de veículos aéreos não tripulados (VANT) e suas aplicações para monitoramento e subsídio de dados espaciais da superfície terrestre vem sendo desenvolvidos. O interesse por essa nova abordagem de monitoramento da superfície terrestre é decorrência do baixo custo associado a essa tecnologia, da carência do sensoriamento remoto orbital em termos de resolução temporal e resolução espacial, e dos elevados custos envolvidos em trabalhos de campo em áreas de difícil acesso. (LONGHITANO, 2010)

Mesmo que alguns trabalhos já tenham sido desenvolvidos na área de aplicabilidade de VANT para monitoramento de biodiversidade e gestão de áreas de conservação, essa tecnologia e suas aplicações ainda são muito recentes, de forma que existe a necessidade de novos estudos. Em relação às aplicações de VANT na área limite da ESEC do Taim e seu entorno, ainda não existem trabalhos desenvolvidos. Assim, é necessário um estudo prévio que considere as características das tecnologias existentes, bem como características ambientais.

Dessa forma, espera-se que a utilização de VANT possa suprir as lacunas de informação ainda existentes, a fim de alimentar de forma apropriada os sistemas em SIG que constituem as ferramentas de comunicação e gestão necessárias para subsidiar um processo participativo de estabelecimento das zonas de amortecimento e do plano de manejo, além de auxiliar os gestores da ESEC do Taim na sua administração interna.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral do presente estudo é avaliar a utilização de modelos de veículos aéreos não tripulados, e seu enquadramento no auxílio ao monitoramento e gestão da Estação Ecológica do Taim - RS.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar as principais demandas de monitoramento na ESEC do Taim, e selecionar aquelas onde pode ser enquadrada a utilização de VANT;
- Identificar áreas prioritárias para a utilização de VANT para subsídio à gestão do Taim com a utilização de dados espaciais preexistentes, e auxílio de ferramentas de geoprocessamento;
- Avaliar a aplicabilidade de VANT para as demandas e áreas identificadas através de estudos já realizados, e da capacidade de diferentes equipamentos;
- Propor o uso de VANT para suprir as demandas atuais na gestão e subsidiar a elaboração do plano de manejo da ESEC do Taim.

### **3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.**

A ESEC do Taim é uma unidade de conservação federal, criada através do decreto nº 92.963, de 21 de julho de 1986. Abrange a área dos municípios de Santa Vitória do Palmar e Rio Grande, localizados na porção sul da planície costeira do Rio Grande do Sul. Compreende uma área de 31.800 ha, delimitada ao leste pela Lagoa Mirim e a BR 471, a oeste pelo Oceano Atlântico, e ao sul pela Lagoa da Mangueira (Figura 1).

É formada por grandes extensões de banhados, onde, desde a década de 60 já existia interesses voltados para a irrigação dessas áreas alagadas em função das atividades agrícolas. Em 1960, diversos estudos foram desenvolvidos nesse sentido, a partir de demandas propostas pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), denominado de "Estudo de Viabilidade Técnico Econômica de Transformação em Irrigação da Região do Taim". Apesar dos grandes investimentos nas pesquisas de viabilidade, a ideia foi abandonada, em função de análises propostas por Martinelli (1996), onde foi identificada a possibilidade de subsidência de camada turfosa e acidificação do solo, além de salinização do solo e outros impactos relevantes.

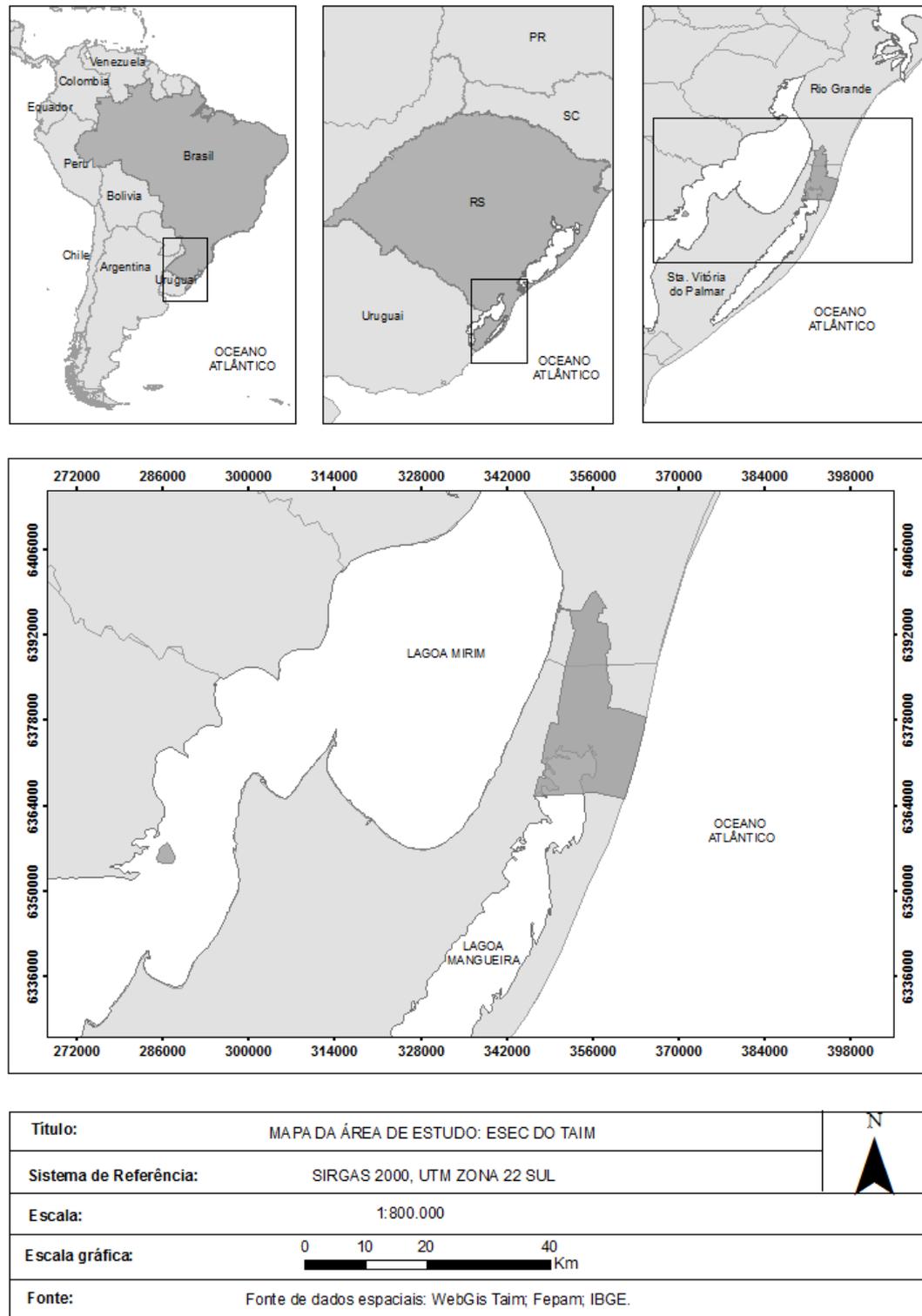
As áreas do entorno da ESEC do Taim abrangem uma grande diversidade de usos, não só como áreas agrícolas com enfoque maior para a rizicultura, mas também a exploração de silvicultura. Ocorre também a presença de áreas utilizadas para a pecuária, pesca artesanal, e áreas urbanizadas (SCHREINER, 2012).

Os distintos usos podem gerar uma grande diversidade de impactos sobre as áreas nos limites estipulados para a ESEC do Taim. As grandes áreas de cultivos de arroz presentes no entorno da reserva, apesar de ser uma atividade economicamente importante para a região, inferem uma forte pressão sobre os banhados do Taim e as lagoas adjacentes. O sistema é inundado através de canais de irrigação que transportam água, principalmente das lagoas Mangueira e Mirim, assim como de corpos de água pequenos (MARTINELLI, 1996).

Os impactos causados pela construção da BR - 471 podem ser associados com a intensificação da atividade de agricultura na região, que influenciou no aumento da área plantada, e os níveis de produtividade por hectare. A presença da via também afeta diretamente as populações de espécies da fauna que compõe a biodiversidade da ESEC do Taim. Mesmo com a construção de túneis para a passagem de fauna - implantados desde 1998 pelo DNIT, em parceria com o IBAMA e ICMBio – o telamento das margens da rodovia, e a sinalização para motoristas, ainda ocorre atropelamentos de capivaras frequentes (NAUDERER, 2014).

Entre os impactos causados pela pecuária, o pisoteio e o pastoreio podem prejudicar os processos naturais de regeneração de espécies vegetais e a dinâmica do ecossistema, assim como acarretar a compactação do solo. A retirada de vegetação de dunas pode gerar a migração desses campos que podem vir a causar processos de sedimentação de pequenos corpos hídricos (SCHREINER, 2012).

Segundo Schreiner (2012), outro uso que ocorre na área da ESEC do Taim e seu entorno é relacionado à caça e a pesca ilegal. A atividade pesqueira das lagoas do extremo sul do Rio Grande do Sul ainda é importante para a subsistência de diversas famílias que habitam as áreas adjacentes dos banhados do Taim. Nessa região, as lagoas mais afetadas são a Mangueira e a Mirim, principalmente por grupos de pescadores que se aglomeram em comunidades na área da Capilha. Essa atividade, quando realizada de forma ilícita pode ocasionar a redução das populações pesqueiras (SCHREINER, 2012).



**Figura 1: Localização da área de estudo (baseada na proposta de ampliação da área legal da ESEC do Taim discutida pelo grupo de trabalho GT-TAIM, e os diversos atores envolvidos no processo de expansão da área legal). Fonte de dados espaciais: WebGIS Taim.**

## **4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.**

### **4.1 ABORDAGENS SOBRE A ESEC DO TAIM: IMPORTÂNCIA, BIODIVERSIDADE E EXPANSÃO DO LIMITE LEGAL ESTABELECIDO.**

#### **4.1.1 Aspectos da Legislação Ambiental Aplicadas à ESEC do Taim**

Diversos são os dispositivos legais voltados para as políticas de proteção ambiental. A Política Nacional do Meio Ambiente, disposta pela Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981, estabelece todas as diretrizes, competências, e diversos conceitos relacionados aos aspectos ambientais, e tem como objetivo: “a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana”.

Os aspectos relacionados à criação, delimitação, e alteração das Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental, são dispostas na Lei nº 6.902/ 1981, a qual em seu artigo 1º define as estações ecológicas como “áreas representativas de ecossistemas brasileiros, destinadas à realização de pesquisas básicas e aplicadas de Ecologia, à proteção do ambiente natural, e ao desenvolvimento da educação conservacionista”. No seu artigo segundo, aborda as competências para a criação de Áreas de Proteção Ambiental e Estações Ecológicas, inferindo o direito da União, Estados, e Municípios para esta finalidade, desde que o referido ocorra em terras de seus domínios, junto com o apontamento do limite geográfico e a indicação do órgão competente para tal atribuição. O art. 7º desse dispositivo legal infere aspectos essenciais para a pesquisa em questão, que serão abordados no decorrer no estudo:

*“Art . 7º – As Estações Ecológicas não poderão ser reduzidas nem utilizadas para fins diversos daqueles para os quais foram criadas.*

*§ 1º – Na área reservada às Estações Ecológicas será proibido:*

- a) presença de rebanho de animais domésticos de propriedade particular;*
- b) exploração de recursos naturais, exceto para fins experimentais, que não importem em prejuízo para a manutenção da biota nativa, ressalvado o disposto no § 2º do art. 1º;*
- c) porte e uso de armas de qualquer tipo;*
- d) porte e uso de instrumentos de corte de árvores;*

*e) porte e uso de redes de apanha de animais e outros artefatos de captura.”.*

A legislação ambiental no Brasil é muito abrangente, de forma que serão mais abordadas aquelas consideradas diretamente relacionadas ao tema em questão. Para fins de conhecimento, se segue outra gama de leis envoltas no processo de normatização de aspectos ambientais no Brasil: Lei 7.661/1988 (Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro), Lei 7.735/1989 (criação do IBAMA), Lei 7.797/1989 (cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente), Decreto 99.274/1990 (regulamenta a Lei 6.902/1981) e Lei 10.650/2003 (disposições sobre o Sisnama – Sistema Nacional do Meio Ambiente). (Lopes et al., 2013)

Em fundamentação com o estudo em questão, uma das leis mais importantes nesse sentido, que reflete os dispositivos legais associados à unidade de conservação, é a Lei 9.985/2000, a qual institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). As unidades de conservação podem ser enquadradas em duas classes (Art 7º, incisos I, e II): Unidades de proteção Integral; Unidades de Uso Sustentável. O artigo 2º, inciso I, da referida lei, infere o conceito de unidade de conservação: “espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”. O grupo de unidades de proteção integral, a qual é enquadrada a área do Taim, é dividido em distintas categorias, segundo o Art. 8º:

*“Art. 8º. O grupo das Unidades de Proteção Integral é composto pelas seguintes categorias de unidade de conservação:*

***I – Estação Ecológica;***

***II – Reserva Biológica;***

***III – Parque Nacional;***

***IV – Monumento Natural;***

***V – Refúgio de Vida Silvestre.”***

Segundo Lopes et al. (2013), a legislação ambiental e a jurisprudência não tem sido suficientes para que a ESEC do Taim cumpra o seu papel como unidade de conservação. A partir de observações em campo, os autores identificaram diversos descumprimentos das legislações ambientais como: o atropelamento de animais protegidos pela ESEC; a morte de

indivíduos de avifauna; a ploriferação de espécies exóticas de vegetação, como Pinus; diversos crimes ambientais praticados na área, como a pesca; a propensão a incêndios. Outro fator ressaltado por Lopes et al. (2013) como descumprimento da legislação ambiental é a presença de bovinos, porém essa prática já foi eliminada dos limites da ESEC do Taim pelo processo de regularização fundiária. Dessa forma, consideram que a legislação por si só não garante os aspectos regidos por elas. É necessária uma maior capacidade de gestão dessa área, quando relacionado às pressões ambientais impostas por diferentes atores.

#### **4.1.2 Histórico da expansão da área legal da ESEC do Taim.**

A importância ecológica do Taim fez com que em 1978, a partir do decreto 81.603 do Presidente da República, fosse instaurada uma área de 33.815 hectares como de utilidade pública, para fins de proteção de áreas úmidas da planície costeira do extremo sul do Rio Grande do Sul. (MMA, 2013). Essa área representava a totalidade do banhado do Taim, segmentos de área de restinga e dunas costeiras, campos alagáveis, praias e parcelas de mata nativa.

Através de um processo de desapropriação, 21 mil hectares voltaram a ser destinado à união. Assim, em 21 de julho de 1986, a reserva do Taim foi decretada oficialmente como uma Unidade de Conservação Federal (Decreto nº 92.963/86), porém com área reduzida em relação à primeira poligonal, excluindo importantes parcelas do ecossistema a ser preservado (Figura 2).



**Figura 2: Comparação entre os limites legais dos decretos de 1978 (81.603) e 1986 (92.963). Inere a supressão de área imposta pela medida. Fonte: Adaptado de Schreiner (2012); MMA (2013). Fonte de dados espaciais: WebGIS Taim.**

Nesse contexto, a área da ESEC do Taim passou por um processo de expansão da sua área legal, concomitantemente com a proposta de criação da zona de amortecimento, de forma que a efetiva proteção dos ecossistemas pudesse ser alcançada. Isso veio sendo conduzido pelo Conselho Consultivo da ESEC do Taim desde 2008. A partir de estudos fundiários foi apresentada uma proposta de ampliação em relação ao limite de 1986, a qual é representada nessa pesquisa como área de estudo (Figura 1). A proposta de ampliação foi amplamente discutida entre os atores envolvidos e interessados no processo de expansão, e os critérios que deveriam ser empregados foram definidos, e são apresentados no quadro 1.

**Quadro 1: Critérios de inclusão e exclusão de áreas da nova poligonais da unidade. Fonte: Extraído de MMA, 2013.**

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO
Restaurar área próxima da poligonal do Decreto de 1978;	Excluir, sempre que plausível, as propriedades menores de 200 hectares;
Incluir áreas mais contínuas para facilitar gestão, Incluir áreas mantendo um corpo único da unidade;	Excluir, sempre que possível, áreas com campos produtivos;
Incluir banhados, matas e lâmina da água;	Excluir, sempre que possível, áreas de bebedouros para animais domésticos;
Incluir banhados contínuos;	Não priorizar áreas externas a poligonal do

	Decreto de 1978;
Incluir áreas contíguas ao canal que liga o banhado do Taim a lagoa Mirim;	Excluir margem do oceano;
Incluir área da lagoa Mirim na saída do canal de ligação fora da poligonal;	Excluir a BR 471;
Definir limites em marcos e acidentes naturais existentes;	Excluir, sempre que possível, florestas plantadas;
Incluir áreas cujo proprietário desejar, sempre que haja relevância ambiental;	
Incluir o canal ao lado da rodovia;	
Incluir a totalidade das grandes propriedades quando segmentadas.	

A utilização dos critérios possibilitou a construção de distintos cenários para a ampliação da ESEC do Taim, em conformidade com a necessidade de maior abrangência da área conservada, concomitante com a manutenção dos aspectos socioeconômicos envolvidos no processo. Isso favoreceu o diálogo entre os atores envolvidos. Foi considerada também a inserção da ilha de Taquari, localizada na lagoa Mangueira (pode ser observada na figura 3), como área a fazer parte dos limites atuais da ESEC do Taim. Os limites da ilha de Taquari não foram considerados na análise de aplicabilidade de VANT no estudo em questão.

Com a definição da nova área legal, o foco do grupo de trabalho foi direcionado para a delimitação de um zoneamento que restringisse os usos no entorno da área a ser conservada. Foi iniciado o processo de discussão da proposta de zona de amortecimento. Schreiner (2012), a partir do trabalho "Proposta de cenários para a delimitação da zona de amortecimento e impactos na estação ecológica do Taim", que subsidiou os primeiros encontros do grupo de trabalho pela perspectiva de zoneamento baseado nos seguintes aspectos: geologia; ecologia de paisagem; usos do entorno, e baseado na legislação.

O quadro 2 indica as considerações utilizadas para a delimitação da zona de amortecimento. O resultado de diversas discussões entre os atores envolvidos no processo foi o estabelecimento da proposta de área delimitada como zona de amortecimento da ESEC do Taim (Figura 3).

**Quadro 2: Critérios e regras para o desenvolvimento da zona de amortecimento da ESEC DO TAIM: Fonte: adaptado de Schreiner 2012; MMA 2013.**

ÁREAS	ESTABELECIDO
Maciços de Pinnus	Necessidade de controle face ao risco de dispersão
Região do corpo principal da ESEC	Delimitação através de marcos em campo (estradas)
Na região oceânica	Interface com o oceano como limite (abrange toda porção da praia e exclui porções oceânicas)

Espelho d'água das lagoas Mangueira, Flores e Caiubá	Limite da ZA restrita as porções lestes das lagoas
Na Lagoa Mangueira	Incluídos seus pontais e reentrâncias devido à importância ecológica
Na Lagoa das Flores e Caiubá	A ZA abrange no mínimo 100 metros acima da borda e 100 metros para dentro do corpo d'água
Uso compartilhado da água e manutenção do volume	Gestão compartilhada de todos os usuários
Na ilha de Taquari	Mantidos 10 km de distância



Figura 3: Proposta de delimitação da Zona de Amortecimento da ESEC DO TAIM. Fonte: Adaptado de Schreiner 2012; MMA 2013. Fonte de dados espaciais: WebGIS Taim.

#### 4.1.3 Histórico da Biodiversidade da ESEC DO TAIM.

A presença de espécies ameaçadas e endêmicas faz com que a ESEC do Taim seja considerada uma zona núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Em relação à fauna e flora que enriquece a área da reserva, diversos autores vem desenvolvendo estudos de composição, abundância e diversidade de espécies (GAYER et al., 1988; MAHLER et al., 1996; GARCIAS, BAGER, 2009).

São mais de 220 espécies de aves, em parte aves migratórias do hemisfério norte, e outras que habitam o ambiente durante todo o ciclo sazonal, como o cisne-do-pescoço-preto

(FIGURA 4), atualmente uma espécie muito visada por pesquisadores. (MAHLER et al., 1996). A reserva também é zona de reduto de répteis e anfíbios. São conhecidas 21 espécies de répteis (GOMES; KRAUSE, 1982), dentre as quais 6 se encontram na lista de espécies ameaçadas (*Liolaenus occipitalis*, *Caretta caretta*, *Lepidochelys oliveacea*, *Eretmochelys imbricata*, *Chelonia mydas* e *Dermochelys coriácea*), e 18 espécies de anfíbios (GAYER et al., 1988). Em relação à estudos de ictiofauna, poucos trabalhos foram desenvolvidos para maior entendimento da presença e abundância de peixes. Correa et al. (2011) registrou cerca de 63 espécies de peixes, das quais duas espécies de rivulídeos são presentes na lista de espécies ameaçadas.

Outra carência de informação que envolve os gestores e pesquisadores é relacionada aos mamíferos. Não existe estudos quantitativos ou lista de espécies da mastofauna para a área da reserva em sua totalidade. Acredita-se que possam ocorrer em torno de 40 espécies distribuídas sobre os limites da ESEC do Taim.

Alguns estudos referentes a esse grupo já foram desenvolvidos, todavia, direcionados para áreas acessíveis (alguns ambientes) da área de estudo. Sponchiato et al. (2011) identificou a estrutura das comunidades de pequenos mamíferos em áreas menos remotas da reserva do Taim, e enfatizou que a complexidade de um ambiente pode aumentar a possibilidade de nichos ecológicos e a diversidade de espécies, evidenciando a lacuna de informação acerca do tema que pode ocorrer devido à dificuldade, em determinados locais, do desenvolvimento do trabalho de campo. Dentre as espécies de mamíferos já registrados, algumas se encontram na lista de ameaçadas: o Tuco-tuco-das dunas, e o Rato-do-mato (*Ctenomys flamarioni* e *Wilfredomys oenax*, respectivamente).

Em estudos de monitoramento de atropelamento de fauna, atrelados aos impactos associados à presença da BR – 471 que cruza a ESEC do Taim durante cerca de 17 km, a capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*, que pode ser observada na figura 5) é uma das espécies mais focadas para gestão. A capivara é um animal que vive em bandos, de aproximadamente 2 a 40 indivíduos, que encontram na reserva do Taim um ecossistema que favorece o seu desenvolvimento (habitats de matas ciliares a savanas sazonalmente inundáveis, manguezais, e banhados), pois compreendem componentes como corpos d'água – pastagens (é um animal herbívoro), e matas para a proteção de predadores (GARCIAS, BAGER, 2009).

Garcias, Bager (2009) desenvolveram um estudo da estrutura populacional de capivaras na ESEC do Taim, tendo construído um censo populacional em um transecto de 4000 metros de comprimento às margens da Lagoa Mangueira, sendo 2000 metros para

dentro dos limites da ESEC do Taim, e 2000 metros no entorno. Em cada segmento de 500 metros, foi realizada uma distribuição espacial das capivaras através de observações a olho nu com binóculos, e sempre que possível vínculo características posicionais aos indivíduos com o uso de GPS. Garcias, Bager (2009) constatou que a população de capivaras das ESEC do Taim tende a aumentar, principalmente pela ausência de predadores, e que futuros trabalhos devem analisar as características espaço-temporais da distribuição das populações de capivaras.

Em relação à flora que compõe o mosaico ambiental da ESEC do Taim, já foram registradas mais de 200 espécies. A cobertura vegetal, em geral, é caracterizada pela presença de espécies herbáceas, que formam uma das classes predominantes no ambiente em questão: o campo. O banhado do Taim é composto, segundo Motta et al. (2001), por 49 espécies de macrófitas emergentes e flutuantes. Dentre as flutuantes, podem ser destacadas as espécies: *Salvinia herzogii*, *Azolla caroliniana*, *Lemna valdiviana*, *Pistia stratiotes*, *Wolffiella oblonga*, *Altermanthera philoxeroides*, *Spirodela intermédia* e *Limnobium laevigatum*. Já nas emergentes: *Scirpus californicus*, *Zizaniopsis bonariensis* e *Scirpus giganteus*.

Algumas espécies que compõe a flora também podem ser encontradas em lista de ameaçadas, como identificado no diagnóstico de flora. Nesse estudo, as principais espécies são: *Rollinia marítima*, *Butia capitata*, *Ephedra twediana*, *Myrcianthes cisplatensis*, *Acanthosyris spinescens*, *Iodina rhombifolia* e *Bumelia obtusifolia*. (FERRER; SALAZAR, 2004).

Em áreas adjacentes ao banhado, mais próximas do oceano, que passaram a fazer parte do limite da ESEC do Taim mais recentemente, é encontrada vegetação de restinga, que varia de tipos herbáceos até arbustivos e arbóreos. Segundo Schafer et al. (2009), a vegetação de restinga é bastante complexa. Gradientes de salinidade e umidade são os parâmetros responsáveis pela seleção e distribuição das espécies, como observado para a vegetação de dunas embrionárias. Particularmente para a área de estudo, a vegetação da restinga e os processos que ocorrem ainda são pouco conhecidos pelos gestores e pesquisadores, em função da incorporação recente dessa área aos limites oficiais, da dificuldade de acesso, e da possibilidade de delimitação de zonas intangíveis.



**Figura 4:** Cisne do pescoço preto (*Cygnus melancoryphus*), uma das espécies mais visadas atualmente para projetos de gestão no Taim. Fonte: Natureza Brasileira.



**Figura 5:** Capivara no Taim (*Hydrochoerus hydrochaeris*). Uma das espécies mais visadas em estudos de análise populacional, e estudos de impacto da BR-471 sobre a fauna protegida do Taim. Fonte: Adilson Troca.

#### **4.1.4 Pressões aos ecossistemas protegidos pela unidade de conservação, e principais estudos para a mitigação dos impactos**

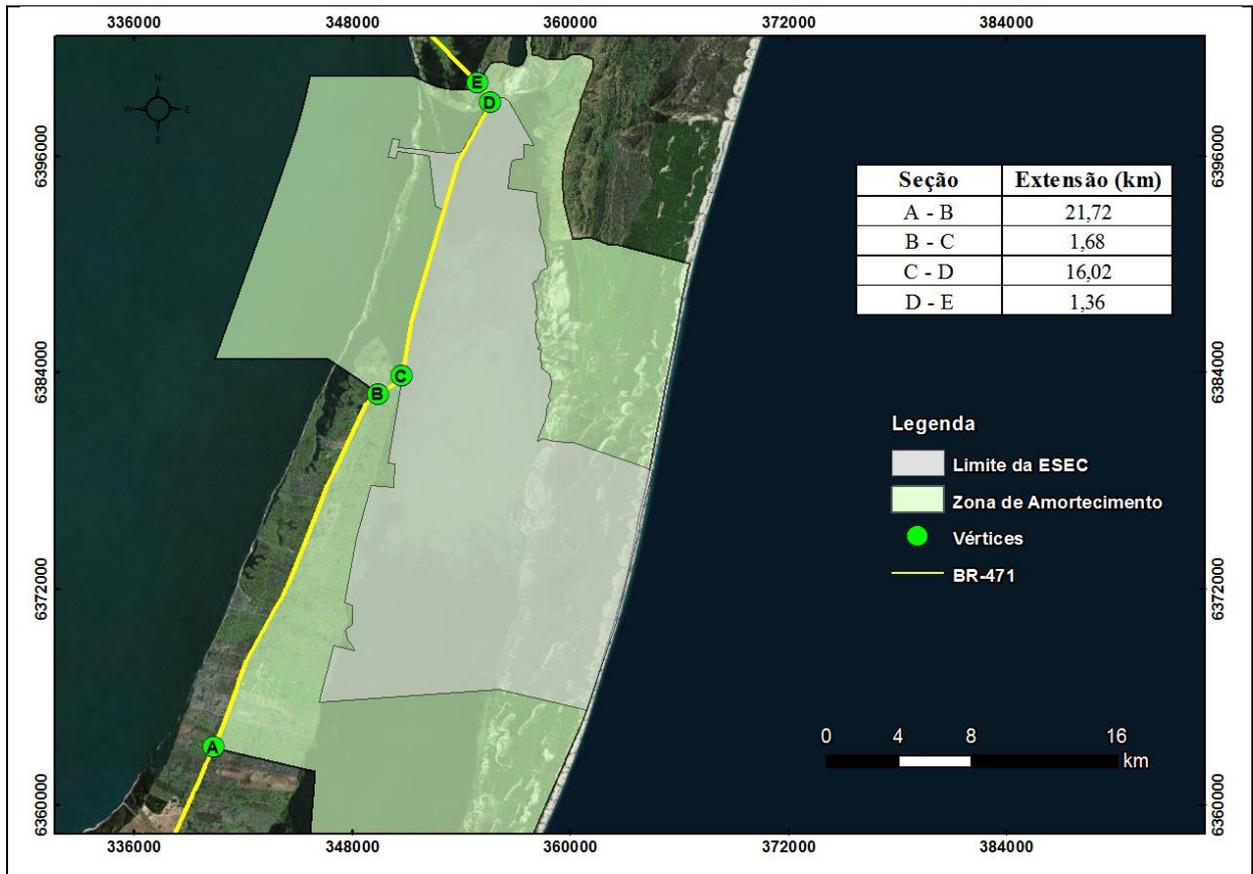
Para a avaliação da aplicabilidade de VANT para o subsídio de problemas de gestão da unidade de conservação é necessário o entendimento dos principais problemas observados na ESEC do Taim, bem como as possíveis soluções para essas demandas. Esse conhecimento permite identificar as possibilidades de inserção de produtos de fotogrametria geradas por VANT para o preenchimento de lacunas de informação nos diversos estudos propostos por

pesquisadores e gestores. As ameaças aos ecossistemas, e propostas de mitigação, já foram identificadas por Eichenberger (2015).

Eichenberger (2015) identificou 11 principais ameaças aos ecossistemas protegidos da ESEC do Taim (das quais serão abordadas nesse estudo somente aquelas que em hipótese podem ser em parte supridas pela utilização de VANT), bem como os principais estudos que devem ser desenvolvidos a fim de mitigar os possíveis impactos causados.

A primeira ameaça abordada por Eichenberger (2015) é a presença da rodovia BR-471 em secção com os ecossistemas e banhados existentes na área. Como a estrada separa duas secções do banhado do Taim (Figura 6), a passagem de fauna silvestre de um lado a outro é constante. Mesmo com os esforços para a mitigação desses impactos causados sobre a fauna, pela parceria entre o DNIT e o ICMbio, sabe-se que a estrada é responsável pelo elevado número de atropelamentos de espécies silvestres protegidas pela unidade de conservação, e elevado risco de acidentes.

As propostas de mitigação para a problemática são relacionadas principalmente com questões estruturais como o aumento e remodelamento das passagens de fauna, a instalação e reparo de telas que limitam a área da ESEC e a estrada, o aumento de sistemas de fiscalização de velocidade, e o monitoramento de incêndios e produtos perigosos dispersos na rodovia. Para analisar a eficácia do novo sistema de passagem de fauna, ou mesmo a necessidade real da construção desse plano, é necessária a confirmação da significância do impacto. Segundo Lauxen (2012), para isso é importante a detecção da presença da espécie alvo, e estimativas da abundância da ocorrência.



**Figura 6:** Seções da BR - 471 que percorrem áreas de importância para a gestão da ESEC do Taim. A seção C – D representa a extensão da BR – 471 mais associada ao monitoramento de atropelamento de fauna. Fonte de dados espaciais: WEBGIS – Taim; Openlayer; FEPAM.

A segunda ameaça mais citada pelos pesquisadores entrevistados na análise proposta por Eichenberger (2015) é relacionada ao florestamento de espécies exóticas. A presença de grandes áreas de silvicultura próximas ao limite da ESEC do Taim, associado às condições de fortes ventos no litoral do Rio Grande do Sul, favorecem a dispersão de sementes. A plantação de *Pinus spp.* no entorno da ESEC do Taim é uma atividade regulamentada, visto que o plantio dessas áreas ocorreu antes do Zoneamento Ambiental da Silvicultura do RS. Dessa forma, segundo o autor, deve ser controlado o aumento das áreas de *Pinus spp.*, mesmo em decorrência de processos naturais. Para isso, são necessárias medidas de monitoramento de erradicação de talhões das áreas próximas às áreas de preservação permanente como as margens da Lagoa Mangueira, e da unidade de conservação.

A quarta ameaça é a presença de gado dentro dos limites da ESEC do Taim. A presença desses animais nos limites da unidade de conservação pode gerar uma grande diversidade de impactos negativos para as espécies silvestres importantes para a manutenção do ecossistema natural da região. Os principais riscos propostos por Eichenberger (2015) é a disseminação de zoonoses, o pisoteio de áreas de ninhais, a facilitação da dispersão de

espécies de pastagens invasoras como o capim-annoni, pisoteio em APP, contaminação de áreas de campo nativo por antibióticos, que podem influenciar negativamente as populações de invertebrados. Segundo os pesquisadores entrevistados, as principais propostas para a mitigação do impacto da atividade de pecuária sobre a UC é a necessidade de regulamentação fundiária da unidade (permitindo a retirada de gado da área do Taim), monitoramento e manutenção das cercas que limitam a unidade das propriedades vizinhas, bem como o mapeamento de áreas de importância ecológica como áreas de ninhadas. Atualmente, após a regulamentação fundiária, a presença de bovinos deixou de ser uma ameaça para a gestão da ESEC do Taim.

A quinta ameaça elencada se refere à utilização de agrotóxicos no plantio de arroz nas áreas de cultivo próximas a ESEC do Taim. Diversos estudos tem abordado essa prática com um potencial negativo para diversas espécies que habitam a unidade de conservação. Segundo Oliveira (2014) existe a ocorrência de alterações celulares em aves amostradas no Taim (*Cygnus melanocoryphus*) que podem ser causadas pelo excesso de agrotóxicos nas riziculturas da região. As principais medidas de mitigação é a instalação de programas de controle de poluentes na Estação Ecológica, e a possível restrição da aplicação de agrotóxicos feita por aeronaves nas áreas próximas do Taim. As formas de aplicação de agrotóxicos em plantios de arroz não é escopo direto da gestão da ESEC do Taim, porém, atualmente existem formas de aplicação de agrotóxicos mais inteligente através da utilização de VANT associados à agricultura de precisão.

A sexta ameaça elencada pelos pesquisadores entrevistados por Eichenberger (2015) é a caça e pesca ilegal que ocorrem com frequência nas propriedades da unidade de conservação e seu entorno. Essa prática vem sendo um problema constante para os gestores do Taim, e uma das propostas de mitigação é a aquisição de novos equipamentos, o estabelecimento de programas de fiscalização ambiental, e a possível construção de um local de monitoramento de tráfego de carga ilegal na BR 471. Uma das formas já utilizada de combate à pesca ilegal na região é a utilização de helicópteros da marinha brasileira.

A sétima ameaça é relacionada à incêndios. Historicamente a ESEC do Taim já sofreu incêndios de grandes proporções. O maior ocorreu no ano de 2013, quando o fogo atingiu uma grande área (5,6 mil hectares), ao longo de 200 horas de atividade. Esse mecanismo já ocasionou um alto investimento do governo federal, que em 2014 beirava os 10 milhões de reais, muito em função do custo com o aluguel de aviões. A unidade de conservação é dotada de brigada de incêndio que realiza o monitoramento e combate de incêndios, que ocorrem principalmente no período de estiagem do verão. Segundo pesquisadores, são processos de

difícil controle em banhados, e podem provocar perdas acentuadas na biodiversidade protegida, principalmente quando ocorre em períodos de reprodução de espécies. Para o combate aos incêndios foi proposta a construção de programa de monitoramento de focos de incêndios, a partir da aquisição de equipamentos, bem como campanhas de conscientização da população em relação aos riscos do fogo para a região. (EICHENBERGER, 2015).

Baseando-se nas ameaças potenciais discutidas (algumas não foram comentadas em maior importância para o estudo em questão, por serem muito semelhantes, ou hipoteticamente não apresentarem a necessidade de utilização de produtos gerados pela utilização de VANT), os pesquisadores entrevistados por Eichenberger (2015) propuseram diversos estudos a serem desenvolvidos prioritariamente para a gestão da unidade de conservação do Taim, para subsidiar o ordenamento territorial dessa área. Serão listados aqueles dos quais, hipoteticamente, a utilização de levantamentos aéreos com a utilização de veículos aéreos não tripulados possa prover subsídio de informação:

- Prospecção e registro de espécies ameaçadas;
- Monitoramento e controle de invasão de espécies exóticas;
- Monitoramento e controle de impactos das estradas;
- Monitoramento e controle de pesca;
- Estudos de sucessão vegetal em áreas de campo que deixaram de ser pastoreadas; Estudo da dispersão de exóticas invasoras e prejuízos à biodiversidade;
- Estudos voltados à dinâmica populacional de capivaras e jacarés;
- Estudos relacionados a estimar riqueza e abundância de espécies nativas;
- Identificação de áreas e condições propensas à incêndios;
- Pesquisas voltadas a estimar a conectividade entre os ambientes, influências externas sobre a Unidade, deslocamento de animais na unidade e entorno (corredores de fauna);
- Pesquisas com as capivaras para a determinação do status populacional, taxas de extração natural, artificial, recrutamento e incorporação da população;
- Pesquisas com o cisne do pescoço preto. Fauna carismática para subsidiar um projeto de conservação da espécie, difundindo a importância da área para a obtenção de recursos em outros programas da unidade;
- Manejo de espécies nativas;

- Pesquisas sobre novas ocorrências de espécies.

Eichenberger (2015) elaborou um zoneamento para a Estação Ecológica do Taim a partir de critérios ambientais e usos do entorno, inferindo diferentes medidas de manejo. O quadro 3 exemplifica as recomendações, e a figura 7 ilustra as diferentes classes de zoneamento. Para as zonas, foram recomendadas medidas de manejo e mitigação, as quais são relacionadas com as atividades de gestão da ESEC do Taim, descritas no presente estudo pela possível inserção da tecnologia de veículos aéreos não tripulados.

**Quadro 3: Caracterização das zonas propostas por Eichenberger (2015), que delimitam áreas para a possível utilização de VANT como subsídio à gestão do Taim. Fonte: Adaptado de Eichenberger (2015).**

<b>Enquadramento</b>	<b>Crítérios</b>	<b>Medidas de Manejo</b>
Zona de uso conflitante	Área de influência da BR – 471, e LT 525 Kv na UC	Monitoramento, e necessária mitigação dos impactos.
Zona de recuperação	Área de influência de lavouras, Silvicultura e Pecuária, a serem restauradas, ou em recuperação natural, atingidas por queimadas.	Regularização das atividades: regularização fundiária para retirada de atividade pecuária de dentro da UC; Medidas legais ao controle e utilização de agroquímicos; medidas legais em relação a atividades de silvicultura, controle e erradicação de espécies exóticas; monitoramento de recuperação natural das áreas atingidas por incêndios, e medida de controle a novos incêndios.
Zona primitiva	Áreas de mínima intervenção na unidade: áreas de banhados não atingidas por incêndios; pontais às margens da Lagoa Mangueira e a ilha Lacustre do Taquari na Lagoa Mirim, dunas interiores; entre outros.	Preservação e proteção dos ambientes naturais, e realização de pesquisas científicas com o objetivo de delimitar, e identificar as áreas intangíveis da unidade de conservação.
Zona de amortecimento	Área da ZA indica na proposta de ampliação	Medidas legais necessárias para minimizar os impactos negativos da atividade que ocorrem no entorno da UC.
Zona de uso intensivo	Áreas a serem manejadas para manter as características ambientais mais próximas possíveis das originais e cujas intervenções sejam de menor impacto possível. São destinadas a realização de atividades educativas na unidade: centro interpretativo, e museu próximo a sede.	Implantação efetiva de unidades educativas

<p>Zona de Uso Especial</p>	<p>Representam as bases destinadas as atividades de administração e manutenção de equipamentos na Sede da Unidade, vigilância e fiscalização nas bases da Costeira e Santa Marta, para habitação de servidores na base Nicola e Sede, e base PrevFogo para a prevenção de incêndios, próxima a sede administrativa.</p>	<p>Manutenção e reforma de estruturas, aquisição de equipamentos, capacitação e contratação de servidores.</p>
-----------------------------	---	--



**Figura 7: Zoneamento proposto por Eichenberger (2015), para propostas de mitigação e gestão da ESEC do Taim. As Zonas de Recuperação, Primitiva, e de Uso conflitante são utilizadas para a delimitação de áreas relacionadas às principais atividades nas será analisada a aplicabilidade de VANT. Adaptado de Eichenberger (2015). Fonte de dados espaciais: WebGis Taim.**

## **4.2 ABORDAGENS SOBRE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS: CARACTERÍSTICAS, HISTÓRICO, LEIS E APLICAÇÕES.**

### **4.2.1 Histórico, classificação, e inserção dos Veículos Aéreos Não tripulados como ferramenta para obtenção de dados espaciais**

Para facilitar o entendimento da proposta, e das terminologias empregadas no decorrer do estudo, é importante abordar as nomenclaturas utilizadas para os “drones”, ou as aeronaves remotamente pilotadas, de maneira adequada. Diversas são as definições usadas nesse meio como: drones, RPA, RPAS, VANT, aeromodelo.

O termo “drone” foi originado nos Estados Unidos para a caracterização de qualquer objeto voador não tripulado, desconsiderando a aplicação de qualquer propósito (militar, recreativo, civil, etc). Um termo extremamente abrangente e genérico nos Estados Unidos, mas que no Brasil é comumente associado às plataformas menores com aplicação de lazer e filmagens aéreas. Como não há uma definição formal para essa nomenclatura, a Agência Nacional de Aviação Civil brasileira (ANAC) faz uma distinção desse termo em outros dois mais específicos, os quais são mais comumente utilizados em documentos oficiais: aeromodelo, toda aeronave remotamente pilotada com finalidades de recreação; aeronave remotamente pilotada (RPA), quando apresenta uma aplicação não recreativa, como comercial, corporativa, ou experimental, e que seja controlada a partir de uma estação de pilotagem remota. (UE, BRASIL, 2016)

VANT (veículo aéreo não tripulado) é a terminologia oficial adotada pelos órgãos reguladores brasileiros para definir as aeronaves remotamente pilotadas, ou seja, atuar sem a presença do piloto a bordo, com a necessidade de caráter não recreativo e possuir carga útil embarcada. Os VANT são distintos em duas principais classes: RPA (Remoted-Piloted Aircraft, ou aeronave remotamente pilotada), na qual o piloto da aeronave a controla através de uma estação de controle em terra, associada a alguma interface (computador, simulador, etc); ou Aeronave autônoma, a qual depois de programada – não é possível a realização da alteração do plano de voo previamente definido.

Existe também o termo RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems), o qual é vinculado a um sistema de RPA. É utilizado quando se discute todo o contexto de uma RPA: todos os componentes utilizados para a realização do voo de uma RPA (estação de pilotagem, link de comandos, equipamentos de apoio, entre outros). No presente estudo, serão utilizados os

termos VANT, RPA, e RPAS, como sinônimos, desconsiderando a possibilidade da nomenclatura VANT estar atrelado com a utilização de aeronaves autônomas.

Assim como qualquer nova tecnologia desenvolvida, que acabam por ser empregada em atividades civis, a utilização de VANT surgiu inicialmente para atribuições militares. A primeira aparição histórica de VANT ocorreu em atividade do exército austríaco, em 22 de agosto de 1849, quando esse utilizou cerca de 200 balões para o transporte de bombas a serem lançadas sobre Veneza (ALVES NETO, 2008).

Até então, a tecnologia era somente empregada em atividades militares por causa do alto custo associado a esse tipo de equipamento. Outro exemplo histórico foi o êxito que os alemães obtiveram no lançamento de bombas voadoras V1, durante a Segunda Guerra Mundial, sem colocar em risco a vida dos seus pilotos. (UE, BRASIL, 2016).

No Brasil, o emprego dessa tecnologia começou a ser ativada em 1982 em um projeto de associação do Centro Técnico Aeroespacial, e a Companhia Brasileira de Tratores, no qual um veículo aéreo não tripulado a jato foi desenvolvido. O projeto não teve muito êxito, porém foi o primeiro passo para que diversos outros órgãos e indústrias passassem a demonstrar interesse por tais equipamentos. Essa ascensão foi muito influenciada, a seguir, pelo interesse primordial da marinha, do exército, e aeronáutica do Brasil, onde os VANT basicamente ainda serviam apenas como alvo em práticas de combates aéreos, ou mesmo para treinamento de tiros de unidades antiaéreas.

O conceito da construção de VANT para atividades diversas, sempre teve um enfoque militar. Mais recentemente, com o avanço das tecnologias de processamento de dados e a miniaturização dos componentes eletrônicos, as aplicações para veículos aéreos não tripulados passaram a ser mais difundidas, assumindo papel importante – ainda que incipiente - nos meios científicos. Exemplo disso é a obtenção de fotografias aéreas para estudos em diversas áreas de conhecimento (LONGHITANO, 2010). Demanda que sempre foi suprida pela utilização de produtos de sensores orbitais ou levantamentos fotogramétricos a bordo de aeronaves tripuladas, passou a ter a concorrência da obtenção de informação controlada remotamente. Isso indica vantagens dos produtos desenvolvidos a partir da utilização de VANT, frente aos dados de sensores orbitais e aerofotogrametria.

Em termos de orçamento, os custos envolvidos com o levantamento por VANT pode ser muito mais vantajoso quando comparado com projetos que utilizam fotografias obtidas com aeronaves pilotadas (custos do piloto, combustível, custo de infraestrutura aeroportuária, tripulação, a câmera fotogramétrica de grande porte pode custar mais de um milhão de reais, entre outros). Por outro lado, a qualidade dos produtos gerados pelo levantamento com RPA

ainda pode levar alguns anos para se equiparar com a fotogrametria convencional. Alguns problemas não mais enfrentados pela fotogrametria convencional como distorções e baixa resolução radiométrica ainda são alguns dos fatores limitantes da utilização de RPA. Existe a tendência de que a miniaturização dos sistemas embarcados em RPA possa disponibilizar produtos de tamanha qualidade tal qual a fotogrametria convencional a medida que for se desenvolvendo.

Quando comparado com as imagens orbitais, as fotografias aéreas geradas por VANT implicam em algumas vantagens: os sensores orbitais imageadores comerciais em funcionamento apresentam a capacidade máxima de atingir resolução espacial (tamanho do pixel) de 30 cm (World View III), enquanto já tem se obtido em produtos de veículos aéreos capacidade de atingir pixels de 1 cm.

A obtenção de uma série temporal completa para monitoramento, com a utilização de imagens orbitais, sempre é uma dificuldade para os pesquisadores de diversas áreas. A presença de nuvens impossibilita a utilização das imagens de sensores de plataformas orbitais, e ao considerar o tempo de revisita de determinados satélites, pode ser inviável estudos onde o fenômeno a ser monitorado apresente um tempo de duração curto. A utilização de veículos aéreos não tripulados pode suprir essa lacuna, visto que o levantamento em campo pode ser desenvolvido de forma direcionada ao evento a ser monitorado (antes, durante, e após).

Uma desvantagem relacionada às fotografias geradas por VANT, contrapondo às imagens orbitais, é relacionada ao processamento para a geração de produtos. O processamento de fotografias aéreas para determinadas áreas pode exigir grande capacidade computacional, enquanto para imagens orbitais a necessidade é reduzida.

#### **4.2.2 Características e aplicações dos veículos aéreos não tripulados**

Rodrigues et al. (2015) atribuem algumas aplicações para VANT, caracterizando-os nos campos civil e militar. A aplicação de pulverizadores, o monitoramento de situações de catástrofes, atividades de aerolevantamentos, inspeção de dutos e linhas de transmissão, controle e monitoramento de tráfego, segurança pública, tomadas aéreas, são aplicações do campo civil. Já no meio militar, as aplicações são voltadas para o reconhecimento, apoio de campo, espionagem, avanços bélicos, entre outras.

Os VANT sofreram diversas evoluções nas últimas décadas, impactando num aumento das capacidades de suas principais características: autonomia; robustez; alcance; velocidade; entre outras. Essas particularidades refletem a aplicabilidade na qual o equipamento pode ser exposto, ou seja, cada vez mais tem se descoberto soluções a partir da utilização de VANT.

Nesse contexto, Disperati (1991), infere algumas importantes avaliações prévias para que se obtenha êxito em levantamentos fotogramétricos: o conhecimento da área de estudo, para fins de planejamento dos voos; o conhecimento das características do sensor e da plataforma; e o conhecimento das necessidades da qualidade dos produtos a serem gerados a partir das fotografias aéreas.

A seleção da plataforma (asa fixa ou rotativa) varia de acordo com as necessidades do produto. Influencia diretamente nas capacidades do VANT, pois caracteriza a robustez do equipamento, determinando a carga útil que pode ser carregada, a velocidade, e, portanto sua potencialidade de recobrimento.

A autonomia de voo influencia o alcance da aeronave e a sua capacidade de recobrimento. É um atributo que depende diretamente das baterias inseridas na carga útil, assim como o próprio peso dos equipamentos, a capacidade dos motores, e a aerodinâmica do modelo utilizado. Em razão da autonomia, Longhitano (2010) infere a importância do conhecimento e logística de campo para fins de obtenção de êxito nos levantamentos com VANT. O ponto de pouso e decolagem deve ser analisado previamente, e se localizar o mais próximo da área a ser estudada.

A altura de voo é uma das características preponderantes de análise prévia para levantamentos. É vinculada ao tamanho máximo da área a ser estudada, mas também do tamanho do sensor (distância focal da câmera) e sua relação com o tamanho do pixel necessário para a obtenção de resultados a partir dos produtos gerados (LONGHITANO, 2010) demonstra uma equação para estimativa de área de recobrimento de imagem obtida por aerofotogrametria:

$$A_c = (A_v / D_f \times L_s) \times (A_v / D_f \times C_s),$$

Em que:

$A_c$  = Área coberta

$A_v$  = Altura do Voo em relação ao solo

$D_f$  = Distância focal

$L_s$  = Largura do sensor

$C_s$  = Comprimento do sensor

As diferentes características das plataformas e sensores que vão a bordo influenciam diretamente na capacidade de se obter determinado produto. Assim, é necessário analisar previamente, e de forma conjunta, as distintas variáveis que influenciam no sucesso de

planejamento e execução de voos com a utilização de VANT. Para ter um planejamento de voo adequado é preciso entender alguns aspectos importantes, e resolver questões previamente à execução: o GSD (Ground Sample Distance) necessário para a obtenção de dados a partir da fotografia aérea; a distância focal (tamanho) da lente utilizada; a resolução radiométrica; a altura de voo adequada às necessidades do produto (definida a partir das variáveis GSD requisitado, e tamanho da lente utilizada); a área de estudo, e a relação dessa dimensão com a autonomia da plataforma a ser utilizada (JENSEN, 2009).

O GSD, ou tamanho do pixel representado no terreno, é atribuído à resolução espacial de uma imagem, ou fotografia, obtida por sensoriamento remoto. Representa o tamanho mínimo dos objetos que podem ser identificados no produto gerado. Para a estimativa do GSD obtido é utilizada a fórmula a seguir:

$$B = (b \times hg) / f,$$

Em que:

B = GSD obtido

b = Tamanho físico do Pixel no CCD

hg = Altura de voo

f = Distância focal da lente utilizada

A resolução radiométrica do sensor que vai abordo da plataforma é um fator importante a ser considerado para a obtenção de produtos em sensoriamento remoto. Relacionado com a capacidade dos sensores em distinguir pequenas variações de energia captadas, armazenando a informação obtida em distintos tons de cinza (número de bits) distribuídos pelos pixels da imagem. Existe a relação do maior número de bits com a maior capacidade de distinção dos alvos a partir das imagens obtidas.

A capacidade em termos de resolução radiométrica é muito variável ao considerar a utilização de VANT para mapeamento da superfície terrestre, devido à grande quantidade de câmeras utilizadas atualmente para este fim, apesar de ainda não se equiparar com a fotogrametria convencional. Em relação ao sensoriamento remoto orbital, cada vez mais os sensores a bordo dos satélites vão sendo melhorados para a aquisição de imagens orbitais com a maior capacidade em termos de resolução radiométrica. Um exemplo que pode ser comentado é a evolução da resolução radiométrica de 8 bits oferecida nas imagens Landsat 5 para os produtos da Landsat 8 que apresentam 16 bits. As imagens Rapideye apresentam 12 bits por pixel, assim como as imagens Sentinel-2.

Com o avanço da tecnologia aplicada aos VANT, os softwares de planejamento apresentaram maior sofisticação para essas análises de forma automática. Atualmente os softwares, sejam os comerciais (desenvolvidos especificamente para determinados equipamentos), ou mesmo os não comerciais (como o software livre *Mission Planner*, muito utilizado por desenvolvedores de plataformas), permitem a estimativa de dados importantes ao planejamento do voo como, por exemplo: tempo de voo estimado; distância total percorrida pelo equipamento; GSD obtido; área total a ser mapeada; número de fotografias que serão obtidas (depende da sobreposição requisitada, e altura de voo); entre outros.

Para a obtenção das estimativas do voo é necessária a inserção de algumas variáveis como a velocidade de cruzeiro, especificações da câmera utilizada, a altura do voo, e a área a ser mapeada. Assim é possível previamente avaliar se o produto a ser obtido será adequado às necessidades do usuário, ou se o equipamento utilizado terá capacidade para realizar o levantamento proposto.

#### **4.2.3 Aspectos da Legislação para a utilização de VANT no espaço aéreo brasileiro**

A popularização da tecnologia dos VANT, pela facilidade de operação e redução de custos de equipamentos civis de pequeno porte, passou a ser um problema importante para a segurança das atividades aeronáuticas. O avanço da tecnologia em termos de autonomia, e alcance do sinal, gerou a preocupação dos órgãos competentes em relação às possibilidades de impactos entre VANT e aeronaves tripuladas.

Junior (2017) criou uma relação dos impactos causados por drones de distintos tamanhos com as turbinas de aeronaves, comparando os resultados com aves de diferentes portes. A partir disso, estabeleceu formas de mitigação da presença de VANT no entorno de áreas de risco de colisão, como aeródromos.

A restrição, ou regulamentação do uso de VANT, passou a ter um caráter mais urgente pelos órgãos competentes. Até pouco tempo, as regras para solicitação do espaço aéreo brasileiro para a operação de com esses equipamentos não eram dispostas numa regulamentação específica. A circular de informações Aeronáuticas (AIC, 2009) tinha a finalidade de elencar as informações necessárias para a utilização de VANT no espaço aéreo brasileiro, funcionando de maneira provisória (LONGHITANO, 2010). Era determinada na referida lei a exigência de uma autorização NOTAM (um documento que tem por finalidade informar previamente dados importantes para a segurança e eficiência da navegação aérea), a qual era emitida pelos órgãos de aviação civil e militar. A emissão do NOTAM, segundo a

AIC 29/09, só poderia ser efetivado a partir de uma análise de cada caso de solicitação de voos, e apresentava algumas restrições expostas no seu item 3.4:

“Considerando as reais, e futuras necessidades do uso do Espaço Aéreo Brasileiro por VANT e o fato da OACI não ter publicado legislação que aborde o emprego desses aparelhos em espaço aéreo compartilhado, as necessidades de voo de VANT serão analisadas caso a caso, em função das particularidades do pedido e levando em conta todos os aspectos concernentes à segurança dos usuários do SISCEAB, entre eles:

A) a operação de qualquer tipo de VANT não deverá aumentar o risco para pessoas e propriedades (no ar ou no solo);

B) a garantia de, pelo menos, o mesmo padrão de segurança exigido para as aeronaves tripuladas.

C) a proibição do voo sobre cidades, povoados, lugares habitados ou sobre grupos de pessoas ao ar livre.

D) os VANT deverão se adequar às regras e sistemas exigentes, e não a ATM se ajustar às necessidades e equipamentos em operação;

E) o voo somente poderá ocorrer em área restrita (espaço aéreo segregado), definida por NOTAM e em condições visuais.

Cabe ressaltar o impedimento para a autorização de voo de VANT, em espaço aéreo compartilhado com aeronaves tripuladas.”

A AIC 29/09 foi revogada pela AIC 21/10 (em 23/10/2010), expedido pelo DECEA e intitulada de “veículos aéreos não tripulados”, sendo uma de suas alterações a inclusão da possibilidade de emissão de “certificado de voo experimental”, visto o crescimento do setor que já ocorria na época. Muitos pesquisadores, fabricantes, e diversas instituições interessadas já trabalhavam no desenvolvimento de novas tecnologias para os VANT, pelo aumento da demanda dos produtos, e o grande avanço tecnológico e miniaturização dos componentes eletrônicos. A AIC 21/10 ficou em vigor até 02 de dezembro de 2015, quando foi revogado pelo ato Parte nº 11/DNOR7 (projeto de lei 2.200), de 01 de dezembro de 2015. A importância dada pelo poder público para a questão evidenciava a pressão dos diversos segmentos interessados, inclusive os cidadãos comuns (pois a utilização de aeromodelos, voos com a finalidade de lazer, passou a crescer rapidamente).

A legislação brasileira, no que se refere à utilização de aeronaves não tripuladas de uso civil então, foi sendo constantemente atualizada, passando por um grande processo de normatização, para fins de promoção do desenvolvimento sustentável e seguro para o setor, baseadas em algumas restrições operacionais, principalmente relacionadas à áreas próximas de terceiros. As regulamentações propostas atualmente, não são exclusivas da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) através do RBAC - E nº 94, mas também depende de

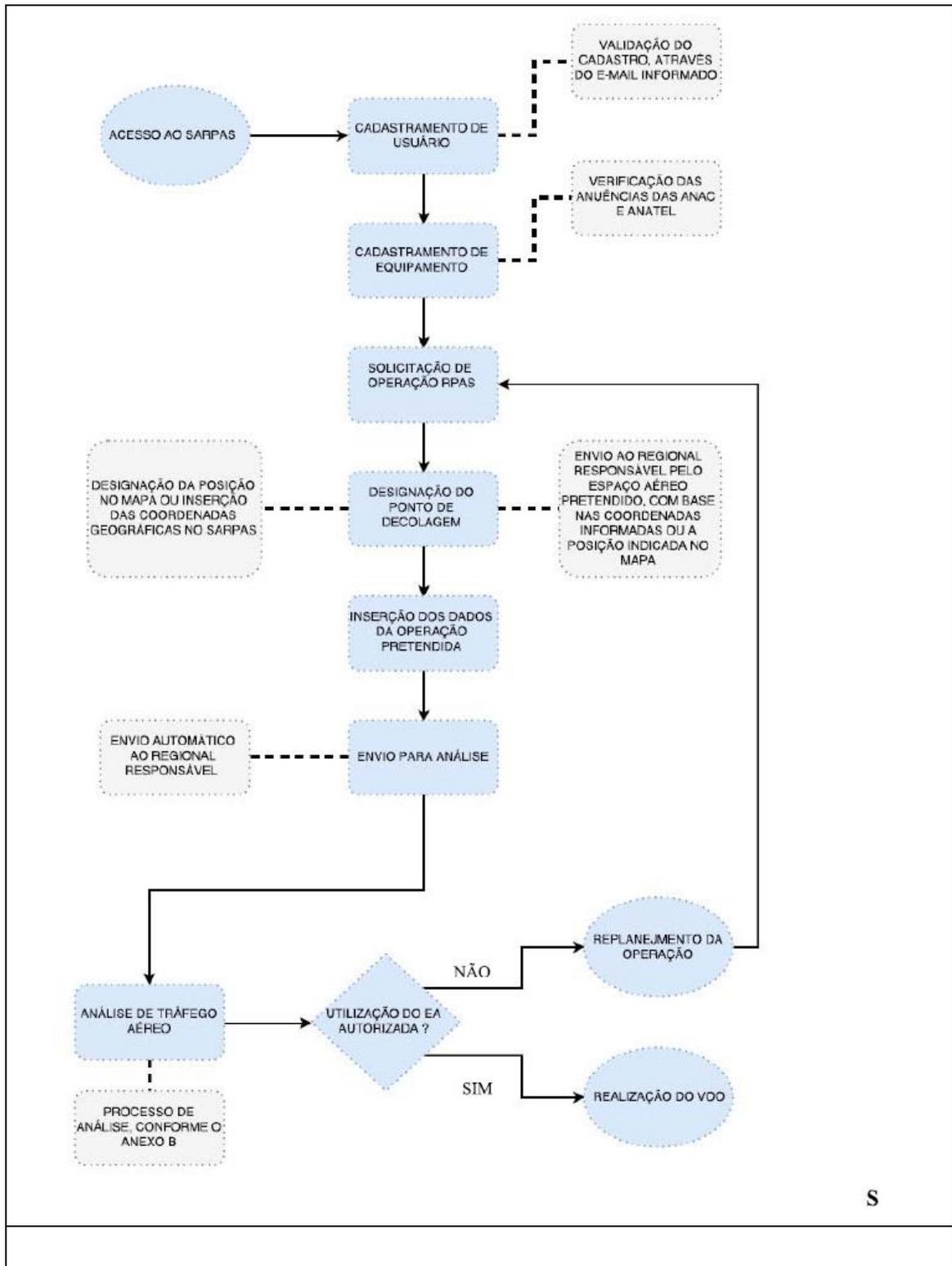
outras instituições de administração pública como a ANATEL, e o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), vinculado ao Ministério da Defesa - responsável pelo desenvolvimento da ICA 100-40, que a partir de diversas reuniões e audiências públicas chegaram num consenso sobre as regras para a utilização de RPAs.

O Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial (RBAC-E nº 94), de competência da ANAC, o qual complementa alguns normativos de outros órgãos (DECEA, e ANATEL), foi aprovado em 2 de maio de 2017, e dispõe de requisitos gerais para a utilização de aeronaves não tripuladas de uso civil: regras de voo; registro de marca; requisitos para o piloto; certificados; registro de manutenção; entre outros aspectos.

Para o melhor entendimento dessa regulação e sua relação com a utilização de VANT no monitoramento e mapeamento da ESEC do Taim, serão abordadas algumas definições competentes ao tema em questão segundo a ANAC, dispostas na subparte (E 94.3), que podem ser observadas na íntegra no anexo A: A área distante de terceiros estipula basicamente um limite mínimo de 30 metros para a operação das Aeronaves não tripuladas.

O critério de distância mínima de terceiros (não anuentes) é disposto pela a ANAC, mas o acesso ao espaço aéreo é de competência do DECEA, que pode até estabelecer limites mais rígidos para a segurança da operação. As principais regulamentações regidas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo estão disponíveis na ICA100 - 40. A portaria DECEA nº 282/DGCEA, de 2 de fevereiro de 2017 aborda os "Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro", a partir de uma reedição da ICA 100-40. Um dos principais aspectos da ICA 100 - 40, em relação ao estudo proposto, é a discussão frente aos processos burocráticos da solicitação de operação com RPAs (que, segundo o próprio DECEA, é toda aeronave que pilotada por uma estação de pilotagem remota).

Atualmente, com a reedição da ICA100 - 40, o regramento para voos com RPAs passou a ser mais rígido, em função de princípios semelhantes aos propostos pela ANAC: à integração desses equipamentos ao espaço aéreo, mantendo os níveis de segurança compatíveis com essa atividade. A figura 8 ilustra o processo de solicitação do espaço aéreo para a operação de VANT, a partir do portal SARPAS, de incumbência do DECEA.



**Figura 8:** Fluxograma com resumo das regras dispostas na ICA 100-40 (DECEA), para o acesso ao espaço aéreo. FONTE: Extraído de ICA 100 – 40, DECEA, 2017.

**Quadro 4: Resumo de regras para acesso ao espaço aéreo brasileiro. Fonte: Extraído de ICA 100 - 40, DECEA, 2017**

REGRAS PARA ACESSO AO ESPAÇO AÉREO	PMD < 25 KG							PMD > 25 KG
	VOO ATÉ 100 FT AGL			VOO ENTRE 100 E 400 FT AGL			VOO ACIMA DE 400FT AGL	-
TIPO DE OPERAÇÃO	VLOS	VLOS	BVLOS (FPV)	VLOS	VLOS	BVLOS (FPV)	VLOS/BVLOS	-
GROUND SPEED MÁX	30 KTS	30 KTS	30 KTS	60 KTS	60 KTS	60 KTS	-	-
DISTÂNCIA DE AERODROMOS	≥ 03 NM	< 03 NM	-	≥ 05 NM	< 05 NM	-	-	-
AFASTAMENTO* DE PESSOAS NÃO ANUENTES	≥ 30 Metros	≥ 30 Metros	≥ 30 Metros	≥ 30 Metros	≥ 30 Metros	≥ 30 Metros	≥ 30 Metros	C. A.
AFASTAMENTO* DE PATRIMÔNIOS	≥ 30 Metros	≥ 30 Metros	≥ 30 Metros	≥ 30 Metros	≥ 30 Metros	≥ 30 Metros	-	-
AFASTAMENTO DE ROTAS DE AERONAVES TRIPULADAS	≥ 03 NM	< 03 NM	-	≥ 05 NM	< 05 NM	-	-	-
PERÍODO DA OPERAÇÃO	DIURNO NOTURNO	DIURNO NOTURNO	DIURNO NOTURNO	DIURNO NOTURNO	DIURNO NOTURNO	DIURNO NOTURNO	DIURNO NOTURNO	DIURNO NOTURNO
COMUNICAÇÃO BILATERAL COM ÓRGÃO ATS	NÃO	TALVEZ**	SIM	NÃO	TALVEZ**	SIM	SIM	SIM
SOLICITAÇÃO	SARPAS	SARPAS	SARPAS	SARPAS	SARPAS	SARPAS	SARPAS	SARPAS
EMISSÃO DE NOTAM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM
PRAZO PARA AUTORIZAÇÃO	ATÉ 45 MINUTOS	02 DIAS ÚTEIS	18 DIAS	02 DIAS ÚTEIS	18 DIAS	18 DIAS	18 DIAS	18 DIAS

Um dos principais aspectos do quadro 4 é a relação das regras para acesso do espaço aéreo com o peso máximo de decolagem (PMD) das RPAs a serem utilizadas na operação. O PMD influencia diretamente as regras instauradas, a partir de uma classificação proposta pela ANAC: Classe 1, PMD acima de 150 kg; classe 2, entre 25 e 150 kg; e classe 3, abaixo de 25 kg. Cada classe apresenta exigências de aeronavegabilidade distintas, o que pode influenciar a viabilidade de operações dentro da ESEC do Taim, e a seleção de equipamentos mais aplicáveis para as demandas necessárias.

Os equipamentos de grande porte (classe 1) necessitam passar por um processo de certificação mais complexo, similar aos exigidos para aeronaves tripuladas. Devem ser registrados no Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB) e identificados a partir da sua matrícula e marca de nacionalidade. Para a classe 2 é estabelecido os requisitos técnicos que devem ser considerados pelos fabricantes de VANT, além de determinar que a aprovação de um projeto

pode ocorrer somente uma vez. Também deve ser registrado no Registro Aeronáutico Brasileiro. Para a classe 3, na qual as RPAs apresentam PMD menor que 25 Kg, as restrições impostas pelos órgãos competentes são menos onerosas, e associadas também a altura de voo, tipo de operação, e distância de aeródromos: os voos realizados acima de 120 m de altura deverão ter seus projetos autorizados, a partir da emissão do NOTAM que pode levar até 18 dias. Caso seja respeitado o limite de 120 m, e o operador do voo mantenha contato visual com o equipamento durante toda a operação (VLOS), não será necessária a emissão do NOTAM, somente o cadastramento do equipamento no sistema de aeronaves não tripuladas da ANAC (SISANT). As RPAs que apresentam PMD inferior a 250 g não precisam ser cadastradas.

O operador dos equipamentos, de acordo com o tipo de RPA, deverá apresentar diversas licenças e certificados. No caso de RPAs com menos de 250 gramas, o operador já é considerado licenciado sem a necessidade de documentação emitida pela ANAC (considerando um teto de operação de 120 m). Para os pilotos com equipamentos de classe 3, que necessitem voar acima dos 120 m, e os que utilizam RPAs das classes 2 e 1, é obrigatória licença e habilitação emitida pela Agência Nacional de Aviação Civil. A ANAC também infere que os pilotos com equipamentos das classes 1 e 2 deverão apresentar o Certificado Médico Aeronáutico (CMA) emitido pela ANAC ou mesmo pelo DECEA. O quadro 4 infere as regulamentações propostas pela ANAC para a utilização de RPAs.

**Quadro 5: Distinção de classes pelo peso dos equipamentos, dispostas na RAB. Fonte: Adaptado de ANAC.**

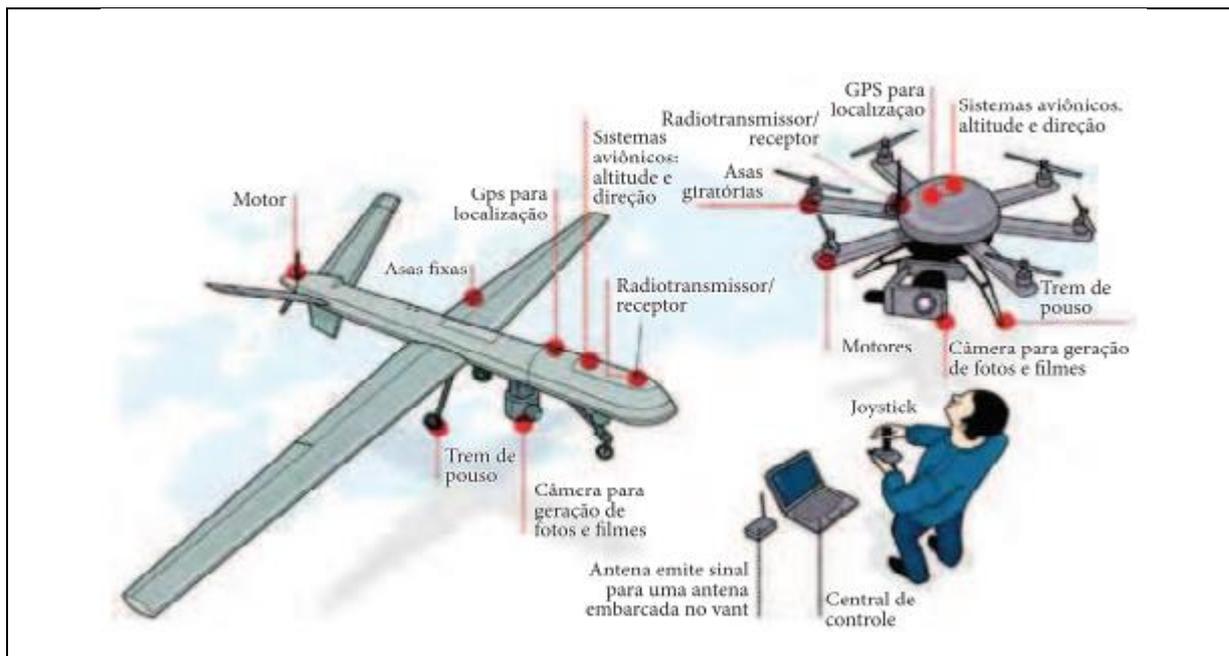
<b>Classe</b>	<b>Peso Máximo de Decolagem</b>	<b>Exigências de Aeronavegabilidade</b>
Classe 1	Acima de 150 kg	- Processo de certificação similar ao de aeronaves tripuladas  - Devem ser registrados em RAB e identificados com suas marcas de matrícula
Classe 2	Entre 25 e 150 kg	- O regulamento estabelece que requisitos técnicos devam ser observados pelo fabricante, e é necessários registro no RAB.
		- Caso opere em BVLOS ou acima de 120 m, a autorização deverá partir da ANAC, e precisam ser registrados.  - Caso opere em VLOS, e

Classe 3	A baixo de 25 kg	respeitando teto de 120 m, não precisarão de projeto autorizado, mas devem ser cadastrados no SISANT.  - Equipamentos com até 250 g não precisam ser cadastrados
----------	------------------	--

#### 4.2.4 Modelos de Veículos Aéreos Não tripulados, e suas aplicações.

Existe uma grande diversidade de modelos de VANT, com as mais distintas aplicações. Segundo Jorge et al. (EMBRAPA, 2014), os equipamentos podem ser diferenciados por sua capacidade em altura e alcance, ou por serem dispostos com asa fixa, ou rotativa. Quanto ao alcance e altitude, os VANT podem ser denominados: *de mão*, quando apresentam a capacidade de atingir altitudes não superiores a 600 m, e alcance de até 2000 metros; *Curto alcance*, para 1500 metros de altitude, e 10000 m de alcance; *OTAN*, 3000 m de altitude, e até 50 km de alcance; *Tático*, 5500 m de altitude, e alcance de 160 km; *MALE* (Média altitude, e alcance longo) – na qual se enquadram os equipamentos que até 9000 m de altitude, e alcance de até 200 km; *HALE* (Alcance longo, e altitudes elevadas), acima de 9200 m, e alcance indefinido; *Hipersônico*, para altitudes de 15200 m, e alcance de 200 km; entre outros como o Orbital, e o CIS (Considera equipamentos utilizados para transporte lua-terra).

Os VANT podem ser distintos em asa fixa, ou asa rotativa (o qual pode ser multirotor, ou em formato de helicóptero convencional) (FIGURA 9). Isso representa uma grande diferença para as capacidades dos equipamentos. Os VANT multirotor apresentam uma instrumentação e sistema de controle que possibilita voos com elevada estabilidade, além de componentes eletrônicos que permitem a inclusão de grande diversidade de sensores a bordo. Além disso, apresenta tamanho compacto, facilidade de operação (necessidades técnicas reduzidas, ou seja, tempo de treinamento operacional reduzido), custo operacional reduzido, facilidade de transporte. Por essas características, Embrapa (2014) considera esse tipo de veículo aéreo não tripulado para aplicações com pouco tempo de duração, pouca ou nenhuma infraestrutura de terra, distâncias e áreas de cobertura de pequeno a médio porte, necessidade de acessar pontos de difícil acesso, facilidade de transporte, entre outros.



**Figura 9: Modelos de VANT. Distinção entre asa fixa, e asa rotativa multirotor. Fonte: Extraído de Andrade, 2013.**

Os VANT de asa rotativa multirotor apresentam diversas vantagens tecnológicas que podem favorecer a sua utilização em contrapartida a outros modelos: a capacidade de estabilização num determinado local, a partir do acionamento das hélices; o pouso e decolagem são verticais, ou seja, não dependem de grande espaço para essa ação (fator preponderante para a utilização de outros modelos como os asa fixa), podem ser lançados em espaços restritos; possibilita a utilização de câmeras especiais como as que obtém dados do comprimento de onda do infravermelho termal, ou mesmo de alta resolução; é extremamente flexível, portanto customizável para diferentes aplicações; baixo peso da plataforma; é mais estável para fatores como a condição de ventos; entre outros. (EMBRAPA, 2014 Por outro lado, apresenta como principais desvantagens a autonomia de voo (em geral a bateria desse tipo de equipamento não dura mais que 30 minutos), e a capacidade de carga também são reduzidas em função da sua pouca robustez.

Medeiros (2007) faz a comparação entre diferentes modelos de VANT, considerando aspectos como a condição de campo (as dificuldades encontradas para o manejo do equipamento, áreas de pouso e decolagem), custo do equipamento, capacidade frente à fatores climáticos, facilidade no transporte do equipamento, e estabilidade de voo. Essa caracterização pode influenciar diretamente a escolha por um determinado modelo de VANT para ser utilizado para a área da ESEC do Taim, considerando as dificuldades de localização de áreas adequadas para pouso e decolagem, ou mesmo a característica predominante de

ventos na região. Os quadros 6 e 7, demonstram os aspectos propostos por Medeiros (2007) para a comparação de diferentes equipamentos.

**Quadro 6: Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de VANT (Adaptado de MEDEIROS, 2007)**

Tipo/ Aspectos	Veículos Aéreos não Tripulados (VANT)			
	Helicóptero		Multirotor	
	Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
Pouso e Decolagem	Pouso e decola em qualquer lugar	-	Pouso e decola em qualquer lugar	-
Trajectoria	Rota determinada, e pairar em local específico	-	Rota determinada, e pairar em local específico	-
Condições climáticas	Maior tolerância para ventos	-	Maior tolerância para ventos	-
Custos	-	Alto custo de aquisição e manutenção	Baixo custo de aquisição e médio custo de manutenção	-
Transporte	Fácil Transporte	-	Fácil transporte	-
Carga	Média capacidade	-	-	Pouca capacidade
Segurança	Opção de autogiro	Difícil instalação de paraquedas	Possível instalação de paraquedas	-

**Quadro 7: Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de VANT (Adaptado de MEDEIROS, 2007)**

Tipo/ Aspectos	Veículos Aéreos não Tripulados (VANT)			
	Avião (Asa Fixa)		Dirigível	
	Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
Pouso e Decolagem	Possibilidade de Catapulta para decolagem	Necessidade de área para pouso e decolagem	Em qualquer local decola	Necessita de área para pouso
Trajectoria	Realizar rotas longas	Depende de condições de vento para rota	-	Depende de condições de vento para rota
Condições climáticas	Maior tolerância para ventos fracos	-	-	Baixa tolerância a ventos
Custos	Relativamente Baixos	-	-	Alto custo de aquisição e manutenção
Transporte	Pode ser desmontado facilitando transporte	-	-	Difícil de transportar (volume de gás)
Carga	Boa capacidade	-	-	Não suporta carga considerável

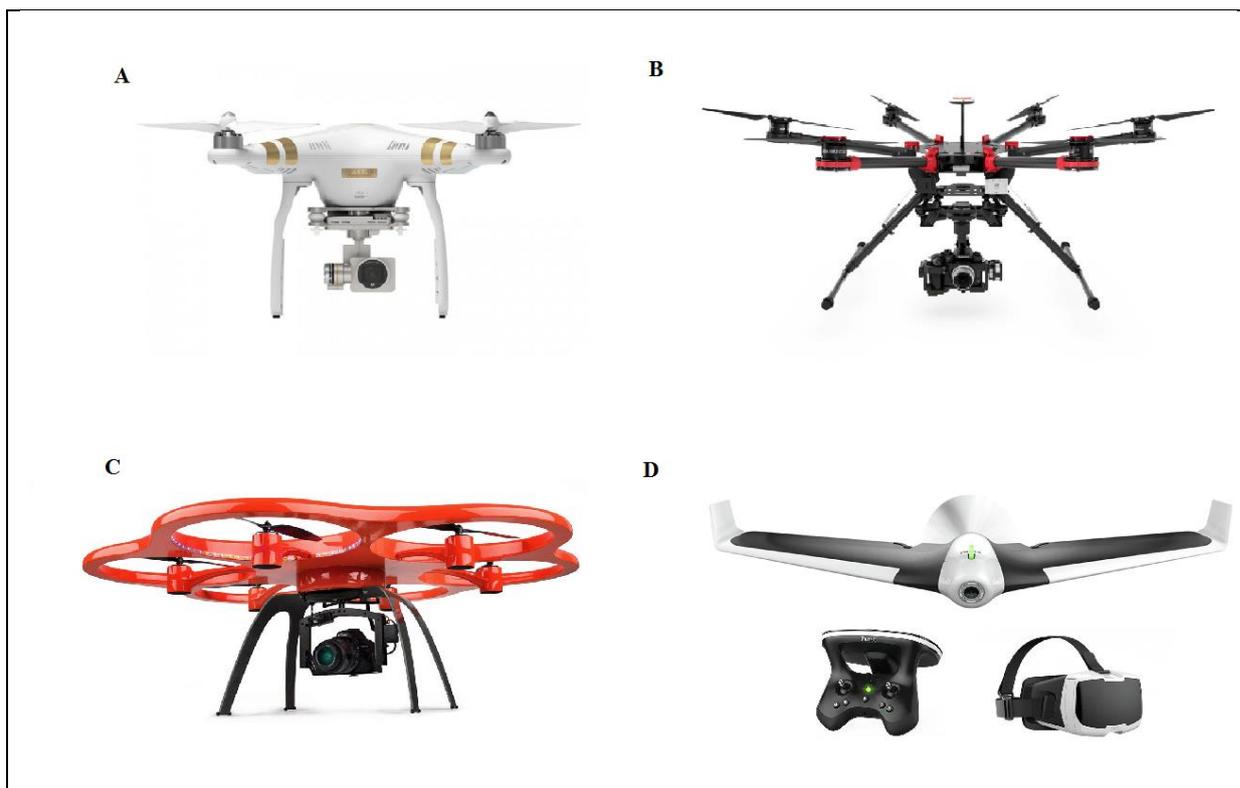
Segurança	Fácil instalação de paraquedas e dispositivos de segurança	-	-	-
-----------	--	---	---	---

A relação de vantagens e desvantagens demonstrada por Medeiros (2007) infere a tendência de desenvolvimento e evolução que vem ocorrendo em determinados tipos de equipamentos, onde se vê uma preferência para estudos com os VANT de asa fixa (aviões), e asa rotativa multirotor. Os dirigíveis se mostram uma tecnologia que passa a ser menos utilizada, permanecendo apenas como os primórdios da utilização de VANT para diferentes fins. Os VANT do tipo helicóptero ainda são comumente utilizados para aquisição de dados remotos, e frequentemente empregados para o desenvolvimento de novas tecnologias, porém o custo elevado aos poucos passa a limitar o interesse por esse tipo de plataforma.

No Brasil, já existe uma grande quantidade de modelos de diferentes plataformas sendo comercializados, e cada vez mais desenvolvidos por empresas competentes, institutos de pesquisa, e órgãos governamentais. Por outro lado, diversos equipamentos são importados à medida que as soluções para determinada aplicação não são encontradas no mercado brasileiro. As figuras 11 e 13 demonstram equipamentos desenvolvidos por empresas internacionais, e nacionais, respectivamente – os quais serão considerados nesse estudo como possíveis VANT para o subsídio à gestão da Estação Ecológica do Taim.

Os equipamentos internacionais são: S900 e Phantom (desenvolvidos pela empresa DJI), o Aibotix X6 (desenvolvido pela empresa alemã Aibotix), e o Parrot Disco FPV (desenvolvido pela empresa Parrot). Já os nacionais são representados pela empresa Xrobots, que comercializa três modelos distintos de VANT de asa fixa (Arator, Echar, e Nauru). Será considerado também o Batmap 2.

A empresa DJI é uma corporação chinesa que iniciou suas atividades em Shenzhen na China. Desde 2006 vem influenciando o mercado de VANT com diversos equipamentos, dos simples aos mais robustos.



**Figura 10: Modelos de VANT desenvolvidos por empresas internacionais. “A” ilustra o modelo Phantom 3 Professional, desenvolvido pela empresa DJI, “B” S900 também da empresa DJI, “C” representa o modelo Aibotix X6 da empresa Aibotix, e “D” o modelo Disco FPV da empresa Parrot. Fonte: Dji, Parrot, e Aibotix.**

Um dos VANT mais conhecidos da DJI é o Phantom (figura 10 caracteriza um dos modelos lançados para esse equipamento). É um modelo quadricóptero de pequeno porte, que foi o primeiro da DJI fabricado especificamente para os consumidores, e foi lançado em 2013. É um multirrotor que qualquer usuário poderia obter, e utilizando alguns documentos disponíveis pela própria DJI, apresentava uma operação extremamente simples. Por outro lado, o principal problema encontrado pelos usuários do Phantom 1 foi a autonomia das baterias. A duração do voo era extremamente limitada, aproximadamente 10 minutos, o que foi um fator preponderante para que a DJI ainda não atingisse uma fatia tão grande do mercado de drones até aquele momento (DJI; Drone Central, 2017).

Algumas atualizações desenvolvidas e aplicadas na continuação da tecnologia Phantom 2 foram importantes para que a DJI se tornasse mundialmente conhecida, e atingisse grande popularidade no mercado: foi melhorada ainda mais a facilidade de operação, a partir da inclusão do controle de orientação inteligente (COI); a autonomia das baterias foi expandida para aproximadamente 20 minutos; foram adicionados recursos de segurança dos quais o drone retornasse automaticamente para local de decolagem, relacionado ao tempo de duração das baterias. Esses fatores alçaram o phantom 2 à alcunha de o drone mais famoso do

mundo. Posteriormente ao Phantom 2, ainda foram lançados o Phantom 3 (Professional, ou Advanced), e o Phantom 4, que é o modelo mais atual disponibilizado no mercado. A principal distinção entre os modelos *Professional*, e *Advanced*, basicamente é a maior capacidade de filmagens de melhor qualidade (4K) na versão *Professional*.

As especificações técnicas do Phantom 4 *Professional*, obtidas junto ao fabricante, são listadas a seguir, considerando algumas distinções entre os diferentes modelos:

- **Autonomia nominal:** 30 minutos, para o Phantom 3 é de 25 min, Phantom 2 20 minutos, e Phantom 1 10 minutos;
- **Velocidade de cruzeiro:** 72 km/h no modo S, 58 km/h no modo A, 50 km/h no modo P;
- **Velocidade máxima de subida:** 21 km/h no modo S, e 18 km/h no modo P;
- **Velocidade máxima de descida:** 14 km/h no modo S, e 11 km/h no modo P;
- **Resistência ao vento:** 36 km/h, recomendações do fabricante;
- **Teto operacional:** 6000 m acima do nível do mar;
- **Peso máximo de decolagem:** 1,3 kg aproximadamente;
- **Tamanho:** Pequeno porte;
- **Tipo de pouso/decolagem:** Vertical;
- **Alcance lateral da transmissão de vídeo:** 7 km;
- **Câmeras utilizadas:** Câmera DJI de 20 Mpixels do sensor CMOS. É possível utilizar óculos FPV da Google para visualização do terreno em tempo real.
- **GNSS:** GPS, e Glonass.

A utilização desse tipo de equipamento como subsídio ao monitoramento e fiscalização do Taim tende a ser para uma demanda muito específica, visto a pouca capacidade de área mapeada para um único voo, relacionada à baixa autonomia das baterias. Por outro lado, a facilidade no transporte, operação, e custo baixo, podem vir a serem fatores interessantes ao analisar a possibilidade de utilização.

Outro modelo representado pela empresa DJI como possibilidade de utilização para gestão do Taim é o S900 (figura 10). O S900 é um hexacóptero desenvolvido com material de fibra de carbono, possibilitando maior resistência, e menor peso. É um equipamento de fácil transporte, apesar de apresentar um porte maior que o Phantom, pois é totalmente dobrável. As especificações técnicas do S900 o caracterizam como uma plataforma estável, porém, sua autonomia é bem reduzida, aproximadamente 18 minutos de duração de voo (considerando um dia com pouco vento, com um PMD de 6,8 kg). Devido a sua maior robustez, essa plataforma é capaz de decolar com PMD de até 8,2 kg, o que permite que apresente uma grande capacidade de instalação de diversos tipos de câmeras e sensores.

O terceiro modelo de VANT de empresas internacionais é o Aibotix X6 (figura 10), desenvolvido pela empresa Aibotix GmbH. A empresa foi criada no ano de 2010, em Kassel (Alemanha). Em 2011 foi lançado o X6 Aibot, que se inseriu no mercado, inicialmente, em função da sua capacidade de pouso e decolagem vertical muito simples, e autônoma (necessidade de uma área menor que 3 metros de diâmetro, o que permite ser utilizado em quase todos os ambientes). O equipamento revestido de fibra de carbono é utilizado principalmente para inspeções industriais, e mapeamento aéreo, mas desde então o modelo foi sendo atualizado, e inferindo novas aplicações.

Com o Aibot X6 é possível planejar a área a ser mapeada previamente (com a utilização de software de plano de voo desenvolvido pela empresa, o Aibotix Aiproflight), obter fotografias de altíssima resolução já georreferenciadas, que geralmente são aplicadas para agriculturas de precisão e silvicultura, análise de imagens térmicas, cálculos de volumes, Inspeção de turbinas eólicas, torres de transmissão, entre outros. Segundo informações do fabricante, segue as especificações técnicas do equipamento:

- **Área mapeada em 20 min:** 5 hectares;
- **Comprimento, largura, altura:** 1,05 x 1,05 x 0,45 m;
- **Autonomia nominal:** 20 minutos;
- **Velocidade de cruzeiro:** 40 km/h;
- **Velocidade máxima de subida:** 28 km/h
- **Resistência ao vento:** Não abordado

- **Teto operacional:** 3000 m acima do nível do mar;
- **Peso máximo de decolagem:** 4,6 a 6 kg aproximadamente;
- **Tamanho:** Médio porte;
- **Tipo de pouso/decolagem:** Vertical;
- **Alcance lateral do transmissor:** até 1000 metros
- **Câmeras utilizadas padrão:** Sony ILCE-6000, Sony ILCE-7R, Workswell WIRIS 640, Parrot Sequoia, Headwall Nano-Hyperspec. Pode transportar uma variedade de sensores padrão para capturar imagens, dados térmicos e IR, informações multi-hiper-espectrais;
- **GNSS:** GPS, e Glonass.

A última plataforma a ser abordada é o Parrot Disco FPV desenvolvido pela empresa Parrot. Foi fundada em 1994 por Henry Seydoux, em Paris na França, tendo comercializado uma grande diversidade de dispositivos sem fios, principalmente para uso doméstico frente ao elevado avanço de empresas de telefonia. Como um programa de diversificação, e atenta à mercados em expansão, a empresa passou a tentar se inserir no mercado de drones em 2010, e desde então lançou diversos modelos como: Bepop 2 power; Bepop 2; Mambo FPV; Parrot Disco; além de mini drones como o Mambo, e o Swing. O modelo a ser abordado é o Parrot Disco, única plataforma de asa fixa lançada pela empresa Parrot.

O modelo Parrot Disco é uma plataforma de asa fixa de pouca robustez (leve), porém pode atingir velocidades elevadas (aproximadamente 80 km/h), com uma autonomia de baterias de cerca de 45 minutos. Foi desenvolvido basicamente para usuários com interesse de visualização da paisagem, que através da câmera podem observar o terreno (a partir de visada oblíqua, ou a nadir), ou mesmo o horizonte (através da movimentação da câmera para visada horizontal). A transmissão do vídeo ocorre em tempo real através do aplicativo FreeFlight Pro (aplicativo de smartphone gratuito, que permite o compartilhamento de fotos e vídeos aéreos, além da possibilidade de planejamento de voo autônomo e determinação de área a ser sobrevoada previamente) e uma conexão Wifi otimizada a partir do Parro SkyControler 2 (2 joysticks para pilotagem muito precisa).

A estabilidade da plataforma é garantida através do mecanismo de anti-stall (estabilidade nas mudanças de direção). Ele vem com duas baterias na embalagem, o que possibilita 90 minutos de voo com apenas uma imersão a campo. A figura 11 ilustra o layout do software de navegação do Parrot Disco.



**Figura 11: Visualização da câmera do Parrot Disco em operação. Pode ser observada no aplicativo de smartphone, ou mesmo a partir do óculos de FPV. Fonte:**

O modelo Parrot Disco apresenta duas variações: a Adventure; e a FPV. Além da mais básica que corresponde somente a plataforma, enquanto as linhas Adventure e FPV incluem adicionais como o Parrot Cockpitglasses (FPV), e mochila para facilitar o transporte do equipamento para o campo. As especificações técnicas do Parrot Disco, segundo dados do fornecedor, e alguns usuários que compartilham informações por vídeos e blogs:

- **Dimensões:** 1150 mm x 580 mm x 120 mm
- **Peso:** 750 gramas;
- **Vídeo e imagem:** Câmera full HD de 1080 p;
- **Tipo de pouso/decolagem:** Autônomos. O lançamento é feito com a mão, e o pouso é sem paraquedas (necessário terreno adequado para esse fim);
- **Velocidade de cruzeiro:** até 80 km/h;
- **Sistema de navegação inercial:** Giroscópio de 3 eixos, acelerômetro de 3 eixos, magnetômetro de 3 eixos;

- **Transmissão de dados:** realizado via Wifi, ou através de redes de ponto de acesso, ou Wifi tipo AC (2 antenas bi band, 2, 4, e 5 Ghz – com alcance de 2000m do Parrot Skycontroler 2);
- **Autonomia de voo:** Baterias duram 45 minutos;
- **Parrot Skycontroler2:** 2 joysticks com duração de bateria de 240 minutos, e antenas Wifi MIMO;
- **Alcance lateral:** 2000 metros

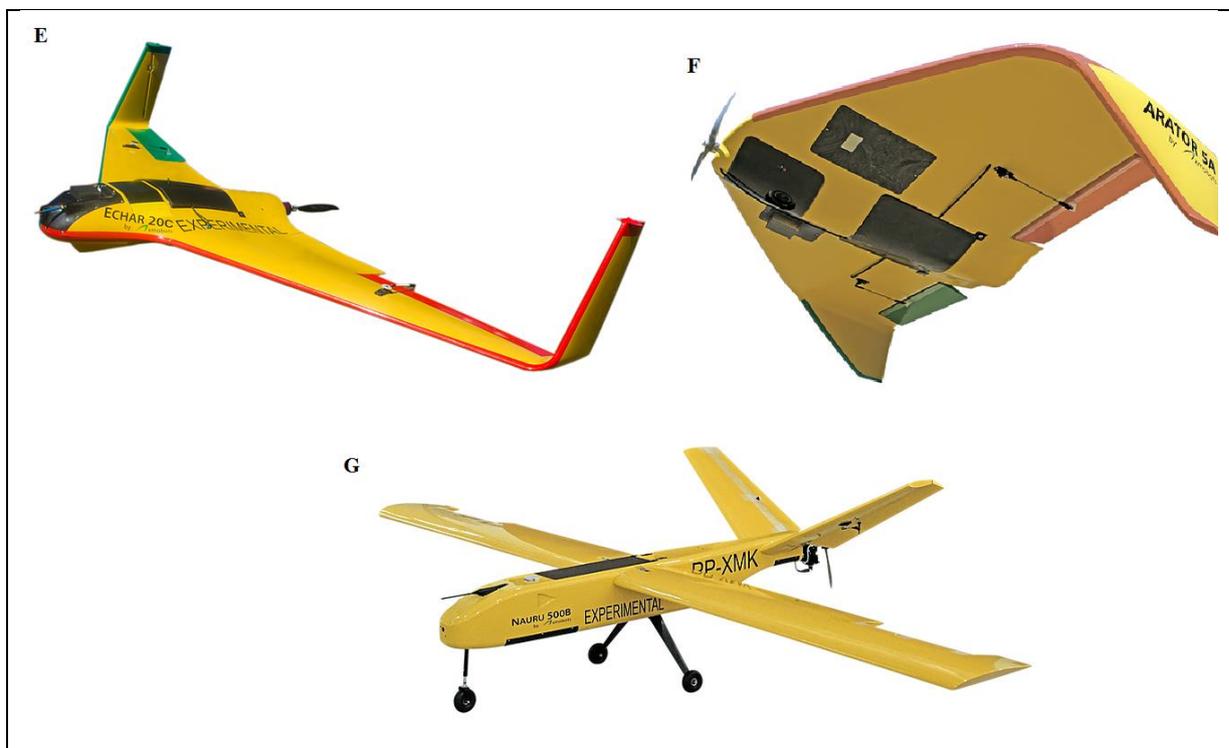
A plataforma de asa fixa da Parrot pode vir a ser útil para determinadas demandas de fiscalização e monitoramento da ESEC do Taim, em virtude da capacidade de observação do terreno, transporte para o campo muito facilitado pela utilização da mochila (e peso leve), facilidade de operação (decolagem, voo, e pouso autônomos), além do compartilhamento em tempo real dos dados obtidos. Apesar da não descrição nas especificações técnicas da resistência ao vento (fator importante para a região de estudo), esse possivelmente não seria um problema tão importante, visto que o intuito de utilização do equipamento não seria o mapeamento.

No mercado de drones, já existem várias empresas brasileiras que trabalham no desenvolvimento de equipamentos e novas tecnologias. Pode ser citada a Skydrones, a Xrobots, a Nuvem UAV, BRVANT, Brasil Aircrafts, Santos Lab, Sensormap, FT sistemas SA, Avibras, Avionics Services, AGX Tecnologia LTDA, ou mesmo universidades brasileiras que vem desenvolvendo equipamentos não comerciais, como por exemplo: ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica), que desenvolveu um equipamento com autonomia de 3 horas para monitoramento de linhas de transmissão; UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), que atua mais no desenvolvimento de algoritmos; entre outras.

A Skydrones disponibiliza no mercado equipamentos muito voltados basicamente para a agricultura de precisão, como por exemplo, o *Pelicano*, um multirrotor de grande porte (5 m de largura) utilizado como pulverizadores em locais específicos, evitando o desperdício de material, e contaminação por agrotóxicos de regiões vizinhas (como pode ocorrer quando da utilização de aviões). Existem outros 2 modelos multirrotores comercializados pela empresa, e um de asa fixa: Strix AG; Strix E; Zangão (asa fixa).

Os equipamentos atualmente disponibilizados pela empresa XMOBOTS são ilustrados na figura 12 (Echar, Arator, Nauru), que constantemente são desenvolvidos e

atualizados, na busca pela maior eficácia no desenvolvimento de soluções. (XMOBOTS, 2017)



**Figura 12: Modelos de VANT comercializados pela empresa XMOBOTS. “E” ilustra o modelo ECHAR 20C, “F” o modelo ARATOR 5A, “G” o modelo Nauru 500B. Fonte: Xmobots.**

O Arator 5A (Correspondente à letra “E” na figura 12) é o equipamento de menor porte dentre os comercializados pela XMOBOTS, porém apresenta toda a estrutura tecnológica desenvolvida e aplicada nos outros (Echar e Nauru). Essa estrutura é caracterizada pelo casco fortificado com Kevlar - o qual apresenta resistência considerável para impactos envolvidos em operações com RPAs, paraquedas de emergência para pouso, Autopiloto XMobots de quarta geração com 1 GHz de processamento que roda RTOS QNX com software desenvolvido utilizando o MDD (Model driven development) – o mesmo utilizado por grandes empresas como a Embraer, Boeing, e Airbus, além do *Xplanner* software de planejamento criado especificamente para os modelos da XMobots, que auxilia no planejamento, execução, e pós processamento de voos (apresenta o layout, e as funcionalidades muito semelhantes ao *Missionplanner*, software livre utilizado para os mesmos fins, porém para modelos não comerciais).

Além das principais funcionalidades já consolidadas nos equipamentos das XMobots, o Arator 5A apresenta algumas particularidades interessantes: o pouso de paraquedas ocorre no extradorso, dificultando possíveis danos à lente da câmera muito comum em pousos de barriga; apresenta um sistema de voo enxuto, o Arator, o GDT, e notebooks conectados via

Wifi; o lançamento é feito pela mão do operador, ou seja, não há a necessidade de estruturas de catapulta ou elásticos – o que facilita o transporte do equipamento, e reduz o tempo de operação; é possível operar com câmeras APS - C de 24 Mpixels, fato incomum para equipamentos dessa robustez. Existem distintas atualizações do ARATOR 5A, que possibilitam diversas outras funcionalidades: Arator 5A EL, representa a versão de entrada do Arator, que é facilmente atualizável para as versões posteriores, vêm com uma câmera Canon EPLH160 de 20 MPixels e sensor CCD 1/2 e 3; Arator 5A HD, utilizado principalmente para a necessidade de alta qualidade na geração de modelos digitais do terreno (MDT), pois a câmera a bordo passa a ser Sony Alfa5100 de 24Mpixels com sensores CMOS APS-C; Arator 5A HA, o qual recebe a tecnologia *High Accuracy*, que permite a geração de modelos 3D com precisão de até 2 cm – eximindo a necessidade de inserção de pontos de controle em campo; Arator 5A xMx, representa um avanço no mapeamento com o Arator a partir da inserção de sensores oblíquos, possibilitando uma aumento na área mapeada, o qual pode ser incorporado ao sistema HA.

As especificações técnicas do Arator, obtidas junto ao fabricante, são listadas a seguir, considerando algumas distinções entre os diferentes modelos (quando há):

- **Área mapeada máxima:** 1100 hectares, considerando condições de voo ótimas (voo nivelado, sem vento, com 15 °C), GSD de 10 cm, 60 % de sobreposição lateral);
- **Área mapeada nominal:** 780 hectares, considerando voo em condições reais para o Brasil (voo realizado a 1300 m acima do nível do mar, 30 °C, vento médio de 18 km/h), GSD de 10 cm, 60 % sobreposição lateral;
- **Área mapeada por dia:** 4.680 hectares, obtidos a partir da realização de testes;
- **Área mapeada nominal a 400 pés (120 m) acima do nível do solo:** 260 hectares;
- **Resolução espacial a 400 pés (120 m) acima do solo:** 3 cm/pixel;
- **Autonomia máxima:** 60 min em condições ótimas;
- **Autonomia nominal:** 45 min em condições reais para o Brasil;
- **Velocidade de cruzeiro:** 58 km/h;

- **Resistência ao vento:** até 45 km/h o fabricante garante a qualidade do levantamento;
- **Teto operacional:** 3000 m acima do nível do mar;
- **Peso máximo de decolagem:** 3,3 kg;
- **Envergadura:** 1,2 m;
- **Tipo de decolagem:** Acionamento automático do motor por lançamento manual;
- **Tipo de pouso:** Realizado por paraquedas, no ponto de controle denominado para o pouso, no momento em que o equipamento atinge determinada altura.
- **Alcance lateral da antena:** 10 km, obtidos em condições de topografia plana, a 800 m acima do nível do solo;
- **Câmeras utilizadas:** RGB CCD 1/2, 3 de 20 Megapixels, com resolução máxima de 3 cm/pixel; RGB CMOS APS de 24 Megapixels, com resolução máxima de 1,5 cm/pixel;
- **GNSS:** GPS, e Glonass L1, e Glonass L2 (no caso de utilização do sistema HA).

O modelo Arator 5A possivelmente pode vir a ser aplicável para subsidiar ações de gestão na ESEC do Taim, muito em função da sua razoável capacidade de mapeamento de áreas relativamente grandes (autonomia razoável, principalmente quando comparado com modelos multirrotores). Outro fator que tende a ser positivo para esse equipamento é a facilidade de transporte (não tão robusto, e ausência de catapulta). Por outro lado, podem ocorrer fatores limitantes como as condições climáticas da região a ser monitorada, ou mesmo para demandas que necessitem mapeamentos de áreas muito extensas, e distantes do ponto de pouso e decolagem.

O segundo modelo apresentado pela Xrobots a ser discutido como possível utilização para o subsídio à gestão da ESEC do Taim é o Echar. Atualmente se encontra no modelo Echar 20C (figura 12), é um equipamento um pouco mais robusto quando comparado com o Arator (considerado pela própria empresa como médio porte, enquanto o Arator de pequeno porte, porém é também enquadrado na categoria de mini-drone).

Segundo Xrobots (2017), o Echar 20C foi considerado o mini-drone com a maior capacidade de mapeamento do mundo pela Shepard Annual Handbook, ISSUE 23, considerando critério de mapeamento por voo, o que torna esse equipamento interessante para

demandas de mapeamento de áreas grandes. Tal como o Arator, apresenta uma estrutura resistente a impactos (Kevlar), e o mesmo sistema desenvolvido pela empresa. Por outro lado, o Echar apresenta a possibilidade de inserção de câmera Full Frame de 36 Megapixels, além da RGB APSC de 24 Megapixels (ou mesmo APSC Nir), e um sistema de decolagem que necessita da utilização de catapulta, devido ao peso mais elevado. O Echar 20C é disponibilizado a partir de três modelos distintos: Echar 20C EL, que caracteriza o modelo de entrada com possibilidade para a atualização para os mais avançados; Echar 20C Agro; Echar 20C HA, funciona com a inclusão do sistema HA desenvolvido pela Xmobots.

O Echar Agro permite a obtenção de fotografias aéreas de altíssima resolução espacial para bandas R, G, B, e infravermelho próximo em um único voo, o que é possibilitado pela inserção de duas câmeras simultâneas ao equipamento (Sony 5100 de 24MPixels com sensor APSC RGB, Sony 5100 de 24MPixels com sensor APSC GNir). Com essa composição de bandas é possível construção de índices físicos como o NDVI (índice de vegetação por diferença normalizada), que possibilita diferentes estudos de mudanças sazonais no desenvolvimento e na atividade da vegetação podem ser monitoradas como o vigor vegetativo, a biomassa, avaliações fitossanitárias, stress hídrico, ou mesmo a detecção de invasoras. (JENSEN, 2009).

As especificações técnicas do Echar, obtidas junto ao fabricante, são listadas a seguir, considerando algumas distinções entre os diferentes modelos (quando há):

- **Área mapeada máxima:** 3.680 hectares, considerando condições de voo ótimas tais quais aplicadas ao Arator, abordadas anteriormente;
- **Área mapeada nominal:** 2.550 hectares para voo em condições reais ao Brasil;
- **Área mapeada por dia:** 10.200 hectares;
- **Autonomia máxima:** 2h 30 min;
- **Autonomia nominal:** 1h 56 min;
- **Velocidade de cruzeiro:** 75 km/h;
- **Resistência ao vento:** 60 km/h, que se refere à capacidade de manter o voo. A garantia de qualidade do produto se mantém em 45 km/h, segundo o fabricante;

- **Teto operacional:** 3000 m acima do nível do mar;
- **Peso máximo de decolagem (PMD):** 7,5 kg;
- **Envergadura:** 2,13 m;
- **Tipo de decolagem:** Automática, com a utilização de catapulta;
- **Tipo de pouso:** Abertura de paraquedas automática tal como o Arator;
- **Alcance:** Antena de apontamento automático possibilita alcance de 36 km;
- **Câmeras utilizadas:** Câmera Sony 5100 de 24MPixels com sensor APSC (Echar 20C EL), Câmera Sony 5100 de 24MPixels com sensor APSC + Câmera Sony 5100 de 24MPixels com sensor APSC GNir (Echar 20C Agro), ou Camera Sony Alfa7R de 36MPixels com sensor FULLFRAME RGB;
- **Resolução máxima (GSD):** 2,0 cm/pixel;
- **GNSS:** GPS, Glonass L1

O modelo Echar apresenta elevada autonomia (associada à sua capacidade de velocidade de cruzeiro, possibilita o mapeamento de áreas grandes em um único voo, que podem ocorrer para determinadas demandas da ESEC do Taim). Por outro lado, o transporte do equipamento em áreas de difícil acesso pode ser oneroso, e tende a ocorrer a dificuldade de locais adequados para pouso e decolagem. A sua maior robustez em relação ao Arator 5A pode ser uma vantagem em função das condições de ventos na região do Taim.

Por fim, o terceiro modelo disponibilizado pela Xrobots é o Nauru, que se encontra atualmente no modelo 500B (figura 12). Assim como os outros modelos da empresa, o Nauru apresenta as mesmas condições estruturais e sistema de navegação. É caracterizado principalmente pela sua capacidade de sobrevoar áreas muito grandes, o que faz com que seja uma solução para o monitoramento de muitos hectares em um único voo, podendo ser lançado de um local de decolagem distante da área de interesse.

Assim como o Echar e o Arator, o Nauru apresenta o seu modelo EL como sendo a entrada, além de versões avançadas como o Agro e o HA. Outra diferença importante do Nauru é a elevada robustez, que faz com que seja possível o acoplamento de sensores pesados (até 9 kg), o que possibilita o desenvolvimento tecnológico para diferentes aplicações. As especificações técnicas do VANT são dispostas a seguir:

- **Área mapeada máxima:** 29.400 hectares em condições ótimas;
- **Área mapeada nominal:** 20.100 hectares em condições reais;
- **Área mapeada por dia:** 20.100 hectares;
- **Autonomia máxima:** 10 h;
- **Autonomia nominal:** 7 h;
- **Velocidade de cruzeiro:** 108 km/h;
- **Resistência ao vento:** 60 km/h;
- **Teto operacional:** 3000 m acima do nível do mar;
- **Peso máximo de decolagem (PMD):** 25 kg;
- **Envergadura:** 3,5 m
- **Tipo de decolagem:** Automática com catapulta;
- **Tipo de pouso:** Automático com paraquedas;
- **Alcance:** Antena de apontamento automático possibilita alcance de 36 km;
- **Câmeras disponíveis:** Câmera Sony 5100 de 24MPixels com sensor APSC, Câmera Sony 5100 de 24MPixels com sensor APSC GNir, ou Camera Sony Alfa7R de 36MPixels com sensor FULLFRAME RGB
- **GNSS:** GPS, Glonass L1 e L2.

Ao considerar a expansão da ESEC do Taim, passando para um limite de aproximadamente 32.000 hectares, é importante discutir a possibilidade de utilização de um VANT com uma capacidade de mapeamento de grandes áreas. O Nauru 500B poderia subsidiar dados espaciais para uma demanda de gestão que se distribuísse por toda área do Taim, inclusive na condição de monitoramento com resolução temporal boa (visto a possibilidade de mapeamento de toda a ESEC em poucos voos). Por outro lado, o custo

benefício pode não ser tão vantajoso caso as demandas de gestão da ESEC do Taim ocorram de maneira mais localizada (em áreas menores dentro dos limites da ESEC).

Outra empresa brasileira que visa a construção de equipamentos de médio e pequeno porte é a Nuvem UAV Indústria de aeronaves LTDA. Localizada no município de Presidente Prudente (SP), foi fundada no ano de 2011 para a inserção de equipamentos aéreos de alta performance no mercado de drones brasileiro. Um dos principais modelos desenvolvidos pela empresa é o *Batmap*, fabricado totalmente no Brasil, e comercializado pela empresa Droneng – Drones e Engenharia. Atualmente, o *Batmap 2* (o *Batmap* se encontra na sua segunda versão, a comparação dos modelos é disposta no quadro 7) é um equipamento de médio porte, com boa autonomia, raio de operação (alcance) de 10 km, e velocidade de cruzeiro de até 45 km/h. As especificações técnicas do VANT são dispostas a seguir:

- **Autonomia máxima:** 2h e 30 minutos
- **Velocidade de cruzeiro:** 45 km/h;
- **Teto operacional:** 3000 m acima do nível do mar;
- **Peso máximo de decolagem (PMD):** 3,1 kg;
- **Envergadura:** 1,9 m;
- **Tipo de decolagem:** Automática com catapulta de pequeno porte;
- **Tipo de pouso:** Automático com paraquedas;
- **Alcance:** 10 km;
- **Câmeras disponíveis:** Compatível com Multiespectral Micasense Red Edge, Multiespectral Parrot Sequoia, Hiperespectral Gamaia Oxy, Termal Flir Vue PRO R, G – R – NIR Sony a6000.
- **GNSS:** GPS, L1. Correção PPK (Correção RTK Pós Processada).

**Quadro 8: Especificações técnicas do Batmap. Comparação dos modelos comercializados. Fonte: Adaptado de Nuvem UAV.**

	<b>Batmap 1</b>	<b>Batmap 2</b>
Autonomia	1 h 30 min	2 h 30 min
Pouso	Barriga	Paraquedas
Alcance	6 km	10 km
PMD	2,6 kg	3,5 kg
GSD (200 m)	4,9 cm	4,9 cm
Correção geométrica	Não	PPK Opcional

A figura 13 demonstra o equipamento. Não existe grande diferenciação do layout entre os modelos Batmap 1, e Batmap 2. É um VANT de médio porte que pode ser utilizado para o mapeamento de áreas importantes para subsidiar ações de gestão e monitoramento do Taim. O quadro 9 contrapõe as principais especificações técnicas dos diferentes modelos apresentados anteriormente.



**Figura 13: Batmap: VANT desenvolvido pela empresa Nuvem UAV. Fonte: Extraído de Nuvem UAV.**

**Quadro 9: Comparação das principais especificações dos modelos discutidos como possível utilização para subsídio de dados espaciais na ESEC do Taim. A coluna de custos é estima em dólares americanos.**

<b>Modelo</b>	<b>Alcance (km)</b>	<b>Velocidade de cruzeiro (km/h)</b>	<b>PMD (kg)</b>	<b>Autonomia (H: M: S)</b>	<b>Teto operacional</b>	<b>Custo aprox. da configuração básica (dólares)</b>
Arator 5A	10	58	3,3	00:58:00	3000	19.500
Echar 20 C	20 a 30	75	7,5	01:56:00	3000	54.000
Nauru	36	108	25	07:00:00	3000	114.000
Batmap 2	10	45	3,1	02:30:00	3000	22.000
Parrot Disco	2	80	0,75	00:45:00	-	2.100
Dji Phantom 4	7	72	1,3	00:30:00	6000	1.800
Dji S900	-	-	8,2	00:18:00	-	4.000
Aibot x6	-	40	6	00:20:00	3000	28.500

#### 4.2.5 VANT aplicados na gestão de unidades de conservação

Diversos estudos vêm sendo desenvolvidos mundialmente sobre a utilização, aplicação, e desenvolvimento de VANT. Koh et al. (2012) propuseram a construção de "Drone para conservação", denominação dos próprios autores para um protótipo de VANT autônomo de baixo custo elaborado para aplicações em áreas remotas de uma reserva de remanescente de floresta tropical, que abrange um ecossistema sensível onde habitam diversas espécies ameaçadas de extinção.

Inicialmente, os principais resultados obtidos por Koh et al. (2012) foram direcionados para as limitações do modelo desenvolvido em função das características do protótipo (principalmente em relação a sua autonomia), mas também inferiu algumas possíveis aplicações para a tomada de decisão: monitoramento da biodiversidade (elefantes, tigres e orangotangos); monitoramento de caça ilegal; monitoramento de extração vegetal; monitoramento da expansão de áreas agrícolas sobre a floresta tropical remanescente.

Já Mettes et al. (2015), utilizando um aeromodelo adaptado em relação ao primeiro, demonstraram na prática uma das aplicações propostas para o "drone de conservação": o monitoramento da distribuição e abundância de animais, a partir de um modelo computacional que possibilitou a contagem automática das espécies analisadas. Foi possível através da interação dos dados produzidos pelo VANT, com técnicas avançadas de reconhecimento de padrões em imagens. Esse estudo se mostrou extremamente relevante, pois os custos relativos ao monitoramento dessa espécie - a partir de trabalho de campo - envolviam o investimento de aproximadamente 250.000 dólares para um período de 2 anos.

Atualmente, diversas demandas apresentadas pelos gestores do parque são supridas com a utilização do equipamento proposto por Koh et al. (2012). Além do monitoramento da biota, o VANT vem sendo aplicado para a fiscalização de caçadores ilegais, sendo a caça um dos principais problemas observados na região. Os processos de planejamento de voo e pilotagem são desenvolvidos pelos servidores da unidade de conservação, o que foi possível a partir da aplicação de oficinas de ensino pelo autor do protótipo.

Diversos outros estudos sobre a utilização de VANT aplicados para a obtenção de informações, que podem ser importante para a preservação de unidades de conservação, vêm sendo desenvolvidos. Gonzales et al. (2016) utilizaram um modelo hexacóptero, levando a bordo a câmera TAU 2 - 640, que obtém informação na faixa de comprimento de onda do termal (7,5 – 13,5  $\mu\text{m}$ ). Gonzales et al. (2016) evidenciaram a possibilidade de monitoramento de espécies invasoras sobre uma determinada região, inferindo algumas limitações da

aplicabilidade de RPAs no seu estudo: o processamento das imagens se mostrou extremamente oneroso devido ao volume de informação obtida; a regulamentação do uso ainda é muito incipiente; e a visão descrente do público sobre a tecnologia.

Outra aplicação para a tecnologia de VANT é o monitoramento de queimadas. Merino et al. (2012) demonstram a utilização de câmera para obtenção de dados para as bandas do infravermelho próximo, e visível, para a detecção automática de parâmetros relacionados à propagação de fogo em florestas, que tem auxiliado o processo de gestão de queimadas.

Estudos e aplicações de VANT para o auxílio à gestão de unidades de conservação e áreas protegidas no Brasil vêm sendo desenvolvidos de maneira ainda incipiente. São poucos os casos nos quais efetivamente essa tecnologia foi inserida no processo gestão. Desde 2014 um VANT de médio porte (Nauru 500) foi doado para o ICMBio com o intuito de ser empregado no processo de gestão do Parque Nacional do Pau-Brasil, localizado no município de Porto Seguro, no estado da Bahia. O Parque Nacional do Pau Brasil (Parna do Pau Brasil foi criado em 20 de abril de 1999 - tendo seu decreto de delimitação em 11 de junho de 2010 - com o intuito de manutenção de remanescentes de Mata Atlântica, distribuídos por área de aproximadamente 19.000 hectares (ICMBIO). Teve seu plano de manejo aprovado pela portaria nº 43, de 9 de maio de 2016. O equipamento vem sendo utilizado pelos servidores do parque para ações de fiscalização e monitoramento na unidade e sua zona de amortecimento, e também para localização e focos de incêndios e queimadas.

Os trabalhos citados demonstram a grande quantidade de aplicações que são desenvolvidas a partir de plataformas aéreas não comerciais ou mesmo comerciais, exemplificando o avanço que a tecnologia vem sofrendo no decorrer dos anos. Os trabalhos identificados solucionaram demandas semelhantes às que podem vir a serem encontradas no processo de gestão da unidade de conservação do Taim.

## **5. METODOLOGIA**

A metodologia aplicada no desenvolvimento do estudo considerou saídas de campo para o entendimento da área de estudo, e a realização de reuniões com os servidores da ESEC do Taim para o reconhecimento das dificuldades de gestão enfrentadas. Essa abordagem prévia possibilitou a definição dos equipamentos a serem considerados no estudo, e de que forma poderiam ser avaliados para a área em questão. A avaliação das capacidades das RPA foi baseada em Longhitano (2015), porém foi introduzida nessa metodologia o subsídio da utilização de softwares de sistema de informações geográficas (Arcgis 10.3) e planejamento prévio de voos (Mission Planner) que se mostraram de grande valia para os resultados obtidos, pois possibilitou analisar espacialmente algumas especificações dos VANT em relação às áreas a serem monitoradas. A figura 14 ilustra a metodologia aplicada em formato de fluxograma, para o melhor entendimento do processo de obtenção dos resultados.

### **5.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA SOBRE A UTILIZAÇÃO DE VANT E SEUS COMPONENTES**

Foi desenvolvida uma pesquisa documental a partir de referências prévias sobre as diversas aplicações civis dos VANT relacionadas à gestão de unidades de conservação. Assim como a busca pelo histórico de uma grande variedade de modelos de VANT comerciais e não comerciais, as suas principais características, e os diversos produtos que foram desenvolvidos a partir deles, possibilitando o conhecimento prévio sobre os principais requisitos a serem analisados para a aquisição ou a construção de um equipamento frente a uma determinada demanda de monitoramento da superfície terrestre.

Para a identificação das diversas demandas de dados espaciais que podem auxiliar um processo de plano de manejo e gestão da ESEC do Taim foram analisados estudos pretéritos desenvolvidos sobre outras UCs do Brasil, e a observação de informações que poderiam ser preenchidas com a utilização de VANT. Isso pode vir a suprir possíveis lacunas na identificação de demandas propostas por pesquisadores e gestores nas reuniões de trabalho.

## **5.2 REUNIÃO DE TRABALHO COM PESQUISADORES E GESTORES PARA IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS ATIVIDADES DE GESTÃO DA ESEC DO TAIM**

Foram realizadas reuniões de trabalho com pesquisadores e gestores que compõe o grupo de trabalho GT-TAIM com o intuito de identificar as principais demandas de dados espaciais que se apresentem como subsídios para as soluções de gestão dos principais problemas da unidade. Além de reuniões e discussões com gestores e pesquisadores, as principais atividades de gestão desenvolvidas na ESEC do Taim foram discutidas por Eichenberger (2015). Dentre os estudos citados por esse autor, foram selecionados aqueles considerados mais importantes no que tange às principais atividades de gestão da Unidade de Conservação da ESEC do Taim, para fins de análise da aplicabilidade de VANT.

As principais questões abordadas foram relacionadas ao monitoramento de espécies chave que compõe a biodiversidade do Taim, ao monitoramento de atividades irregulares e de detecção de incidentes (como pesca ilegal), ao monitoramento de controle de incêndios (focos de incêndios, e formas de controle da dispersão das chamas), e questões relacionadas ao atropelamento de fauna no entorno da BR – 471.

Em relação ao monitoramento de espécies chave, foram abordadas as principais áreas de distribuição de determinada espécie dentro, ou no entorno da ESEC do Taim; os custos relativos ao monitoramento de campo, e de que forma a utilização de RPAs poderia suprir algumas dificuldades em relação às áreas de difícil acesso. Foram discutidas também propostas para a mitigação de atividades ilegais como pesca e caça, e de que forma a utilização de RPAs poderia ser inserida nesse contexto.

## **5.3 RECONHECIMENTO E LOGÍSTICA DE CAMPO**

Tendo em vista os resultados das reuniões com os pesquisadores e gestores, e o entendimento das principais áreas a serem inicialmente analisadas em função da presença de atividade ilegal ou a distribuição de espécies, foram realizadas saídas de campo com o intuito de reconhecimento, possibilitando a construção de uma logística prévia para a utilização de VANT sobre os limites legais da ESEC do Taim e seu entorno. Foram analisados os principais acessos das áreas remotas importantes para gestão, possíveis pontos seguros de pouso e decolagem dos equipamentos e a sua proximidade com as áreas de interesse, tal como as dificuldades em razão de questões logísticas como o transporte dos equipamentos.

#### **5.4 DESENVOLVIMENTO DE BASE DE DADOS EM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.**

Foi construída uma base de dados em SIG, para o cruzamento de informações espaciais, e melhor entendimento do problema a ser enfrentado, principalmente no que se refere às possíveis áreas (delimitação de áreas de interesse para a utilização de VANT), considerando as limitações de equipamentos com baixa autonomia, ou pouco alcance – em contrapartida com as demandas de gestão enfrentadas pelos gestores e fiscais da ESEC do Taim. A base de dados, e as análises espaciais, foram construídas com a utilização do software ArcGIS 10.3.

A base de informação foi preenchida com dados espaciais obtidos do WEBGIS colaborativo do Taim, proposto por Brentano (2014), que foi desenvolvido para subsidiar ações de gestão do grupo de trabalho GT – TAIM, e facilitar o acesso de informações pelos atores envolvidos no processo de gestão da unidade de conservação. Através dessa plataforma participativa foi possível a obtenção de dados espaciais com informações da gestão da unidade, como por exemplo: focos de incêndio; localização de infrações (caça, e pesca ilegal); locais das bases do ICMbio utilizadas para monitoramento e fiscalização; atropelamento de fauna no entorno da BR – 471; bem como os limites políticos que foram atualizados no processo de expansão da área legal da ESEC do Taim.

#### **5.5 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE DIFERENTES EQUIPAMENTOS E SUA APLICABILIDADE EM RELAÇÃO ÀS DEMANDAS DE PESQUISADORES E GESTORES**

Para a avaliação da aplicabilidade dos VANT disponíveis para o suprimento das demandas identificadas a partir das entrevistas realizadas com pesquisadores e gestores foi utilizado um método baseado em Longhitano (2010). Consiste na identificação de parâmetros e capacidades dos VANT, contrapondo com as necessidades instrumentais para a realização de determinada aplicação. As capacidades de alguns equipamentos foram contrapostas com a necessidade de dados espaciais das atividades de gestão identificadas, possibilitando a seleção de alguns VANT que pudessem ser empregados em algum momento para subsidiar as ações de gestão da unidade de conservação.

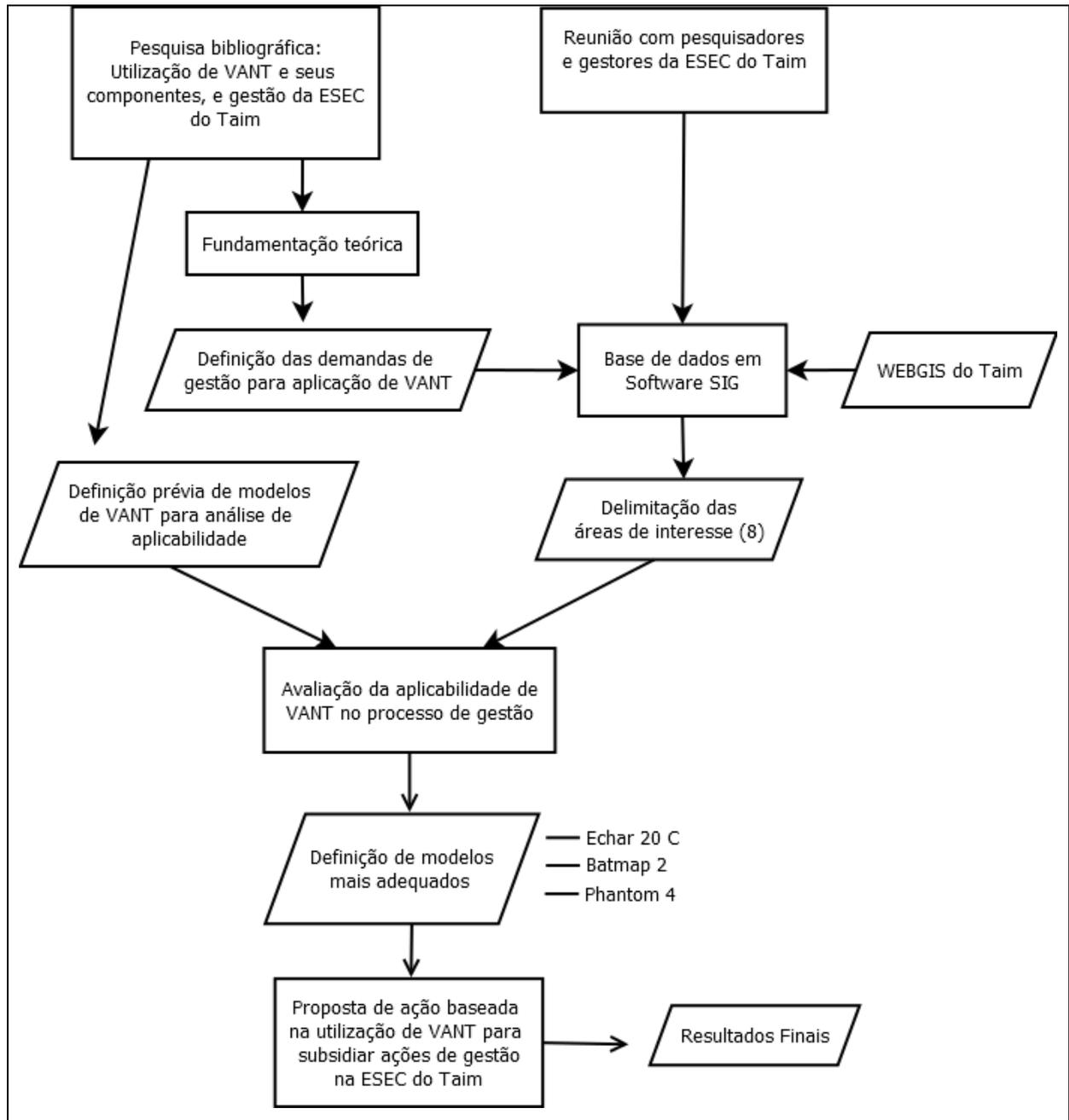
Para a determinação da capacidade de algumas plataformas, associadas às câmeras e sensores compatíveis com sua operação, foram realizados planejamentos de voo com a utilização do software livre Mission Planner. Isto possibilitou identificar as limitações de

algumas das plataformas frente às áreas de interesse encontradas, e abordar novas formas de realização dos voos – como a identificação de diferentes pontos de pouso e decolagem.

Os modelos de VANT abordados no presente estudo foram selecionados a partir de estudos prévios de aplicação, bem como a possibilidade real da utilização de alguns deles devido à disponibilidade dos equipamentos em determinadas instituições próximas ao estudo em questão: o Phantom, devido à aquisição feita pelo próprio LABMODEL do modelo Phantom 3 Pro; o Echar, disponibilizado pelo CEP SRM (Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia); O Aibot X6, de domínio do IFRS (Instituto Federal do Rio Grande do Sul), Campus Rio Grande; o DJI S900, de domínio do Laboratório de Gerenciamento Costeiro (LABGERCO); e o Parrot Disco FPV, o qual esta em processo de aquisição analisada pelo LABMODEL. Posteriormente foi abordado outro modelo de VANT nacional, o Batmap 2, visto a possibilidade de ser mais efetivo em determinadas demandas de mapeamento.

## **5.6 PROPOSTA DE AÇÃO BASEADO NA UTILIZAÇÃO DE VANT, COMERCIAL OU NÃO, PARA SUBSIDIAR AÇÕES DE GESTÃO NA ESEC DO TAIM.**

A partir de uma análise dos resultados obtidos no decorrer do projeto, foi desenvolvida uma proposta de subsídio à gestão do Taim baseada na utilização de veículos aéreos não tripulados na busca de suprir as principais demandas de atividades de monitoramento e fiscalização. Foram elencados os equipamentos necessários para o atendimento de demandas específicas do Taim identificadas no decorrer da proposta, em função de características como: a logística de operação do modelo e os custos envolvidos no processo; as capacidades que possibilitam o VANT ser aplicado em uma determinada proposta; a viabilidade legal da utilização da RPA; as principais dificuldades envolvidas no processo; a possibilidade de utilização da tecnologia pelos próprios servidores da unidade de conservação, em razão das dificuldades de operação do equipamento; e outras fontes de dados, caso a utilização de um VANT não seja o caminho mais adequado para o atendimento da demanda. Os resultados foram discutidos com os pesquisadores e gestores envolvidos em projetos de gestão na ESEC do Taim.



**Figura 14: Fluxograma das principais atividades envolvidas na metodologia.**

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.

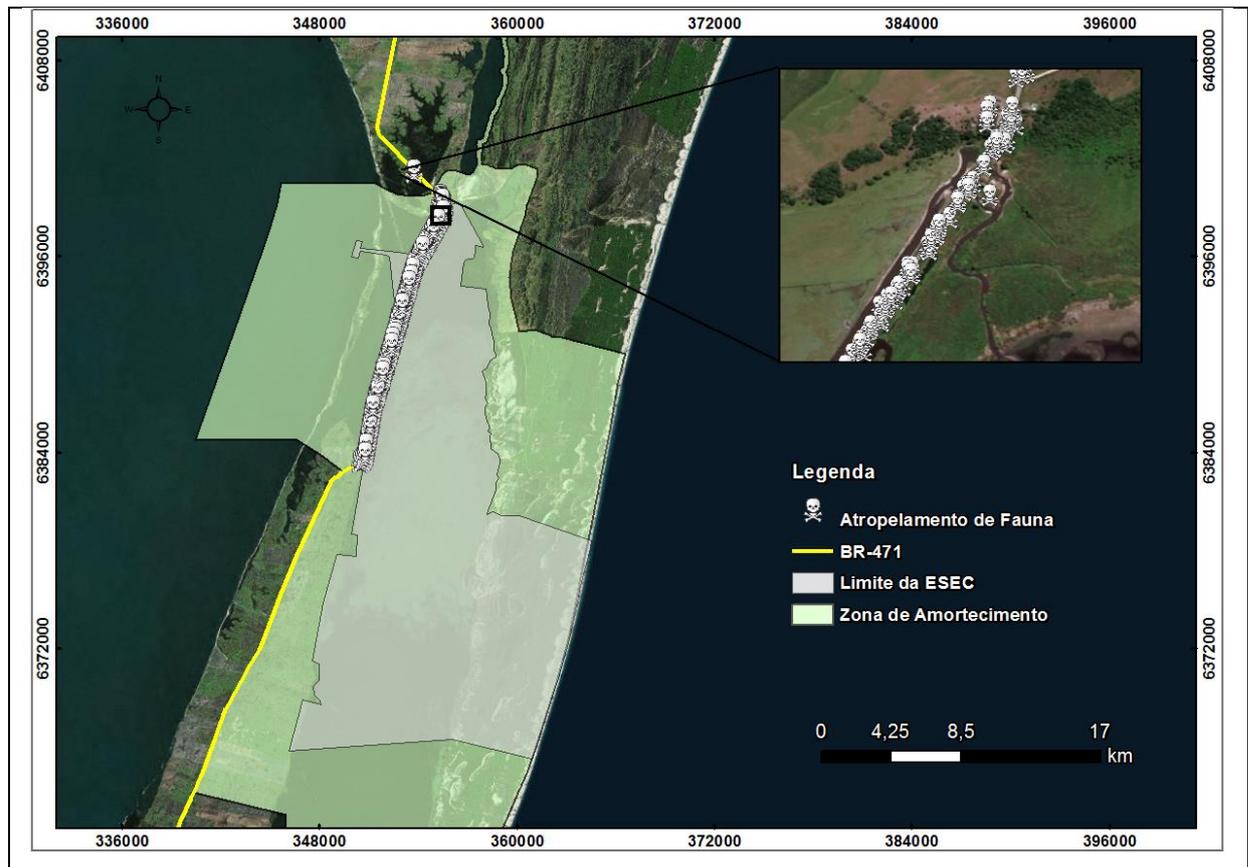
### 6.1 PRINCIPAIS DEMANDAS DE GESTÃO IDENTIFICADAS PARA POSSÍVEL UTILIZAÇÃO DE RPAS.

As principais demandas intrínsecas à gestão do Taim, que foram consideradas uma real possibilidade para a inserção de VANT são voltadas principalmente para o monitoramento e fiscalização. Reuniões com pesquisadores, e gestores da ESEC do Taim, possibilitaram a identificação de desafios atuais de gestão, no qual futuramente possa ocorrer a inserção de RPAs:

- Prospecção e registro de espécies ameaçadas;
- Invasão de espécies exóticas;
- Impactos do atropelamento de fauna;
- Monitoramento e controle de pesca ilegal;
- Monitoramento e localização de focos de Incêndios;
- Mapeamento e reconhecimento de áreas importantes.

Atualmente o monitoramento de espécies ameaçadas, a prospecção e o registro de novas espécies, e as dinâmicas de populações, se encontram distante das principais atividades desenvolvidas internamente pelos funcionários da ESEC do Taim. Devido à falta de recursos humanos, altos custos envolvidos por ser uma atividade totalmente desenvolvida *in situ*, ou mesmo pela necessidade de conhecimentos técnicos específicos sobre diferentes espécies, os gestores baseiam-se inteiramente na produção de trabalhos acadêmicos que são providos principalmente pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG), pela proximidade para a área de estudo, mas também por diversas outras instituições de ensino como a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Assim, foram consideradas duas áreas distintas, uma abordada em Garcias, Bager (2009) que delimitaram uma área para o monitoramento de população capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*), e outra foi proposta por pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande, do laboratório de aves aquáticas e tartarugas marinhas, com o intuito de localização de ninhais de Gaviões - Caramujeiro (*Rostrhamus sociabilis*) a partir de fotografias aéreas. A proposta visa auxiliar o monitoramento da espécie, visto as dificuldades observadas para acessar a área em questão.

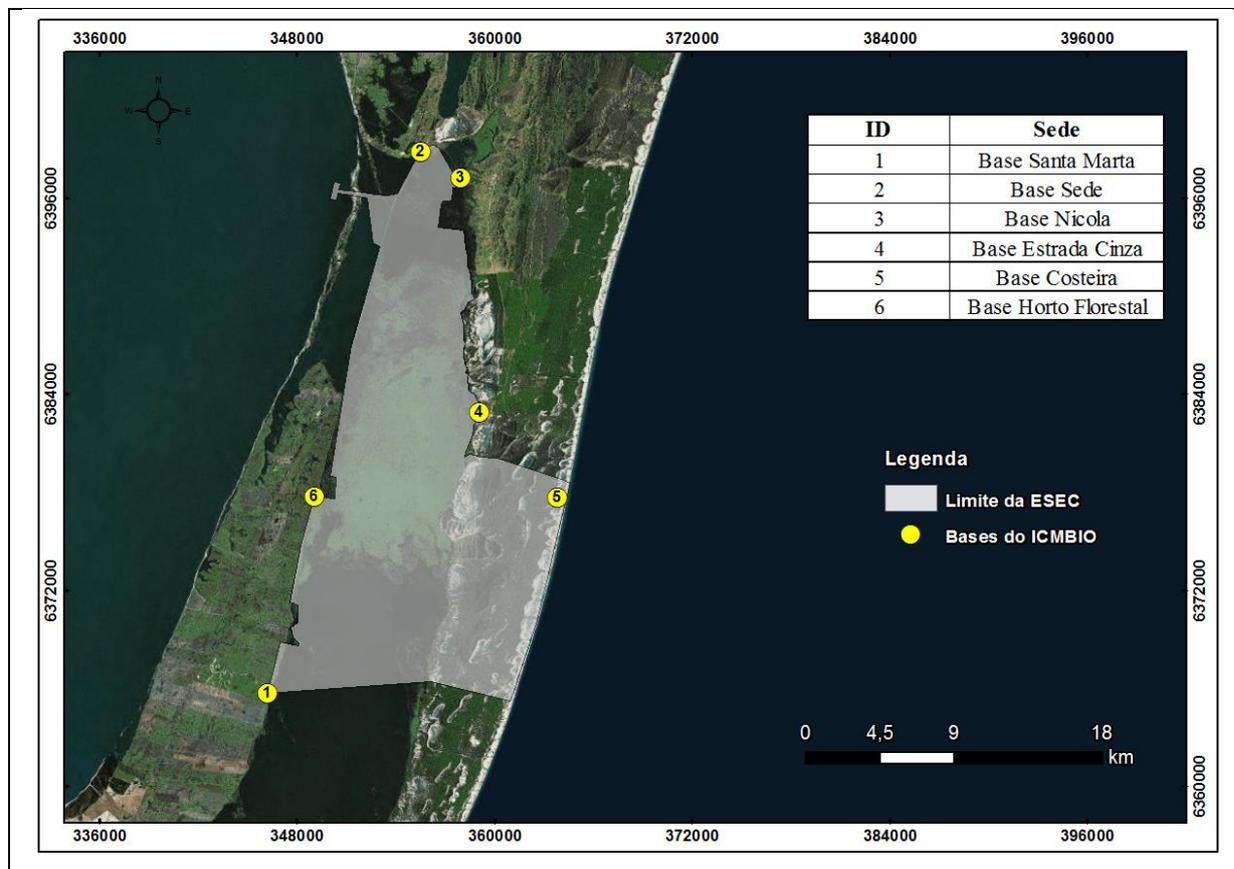
Os impactos do atropelamento de fauna são monitorados por equipes do ICMbio da ESEC do Taim. A extensão de 17 quilômetros da BR – 471 que intersecciona o limite da ESEC do Taim (disposta na Zona de Uso conflitante) é semanalmente percorrida por viatura (Ilustrada na figura 6). São mapeadas as espécies atropeladas (capivara, serpentes, aves, entre outros), e as informações espaciais são tabuladas para a posterior inserção desses dados em sistema de informação geográfica para subsidiar ações de gestão e tomada de decisão (Figura 15). A variedade de tamanhos dos animais que são encontrados na estrada pode vir a ser uma das dificuldades para inserção de produtos de levantamentos com VANT para essa finalidade, bem como a superestimativa de contagem de atropelamento, visto que animais de grande porte como é o caso da capivara pode demorar em se decompor, e não são recolhidos durante as investidas à campo. Isso pode gerar a recontagem de animais em fotografias de diferentes datas.



**Figura 15: Monitoramento de fauna realizado na rodovia BR - 471. Fonte de dados espaciais: WebGIS Taim; Open Layer.**

A atividade de fiscalização de irregularidades e infrações, como a caça e pesca, é desenvolvida basicamente a partir de monitoramento em campo (o que ocorre principalmente pelas bases de apoio do ICMbio, as quais são utilizadas como locais de observação, figura 16), principalmente a Costeira e Santa Marta. Boa parte das ocorrências se dá em virtude de

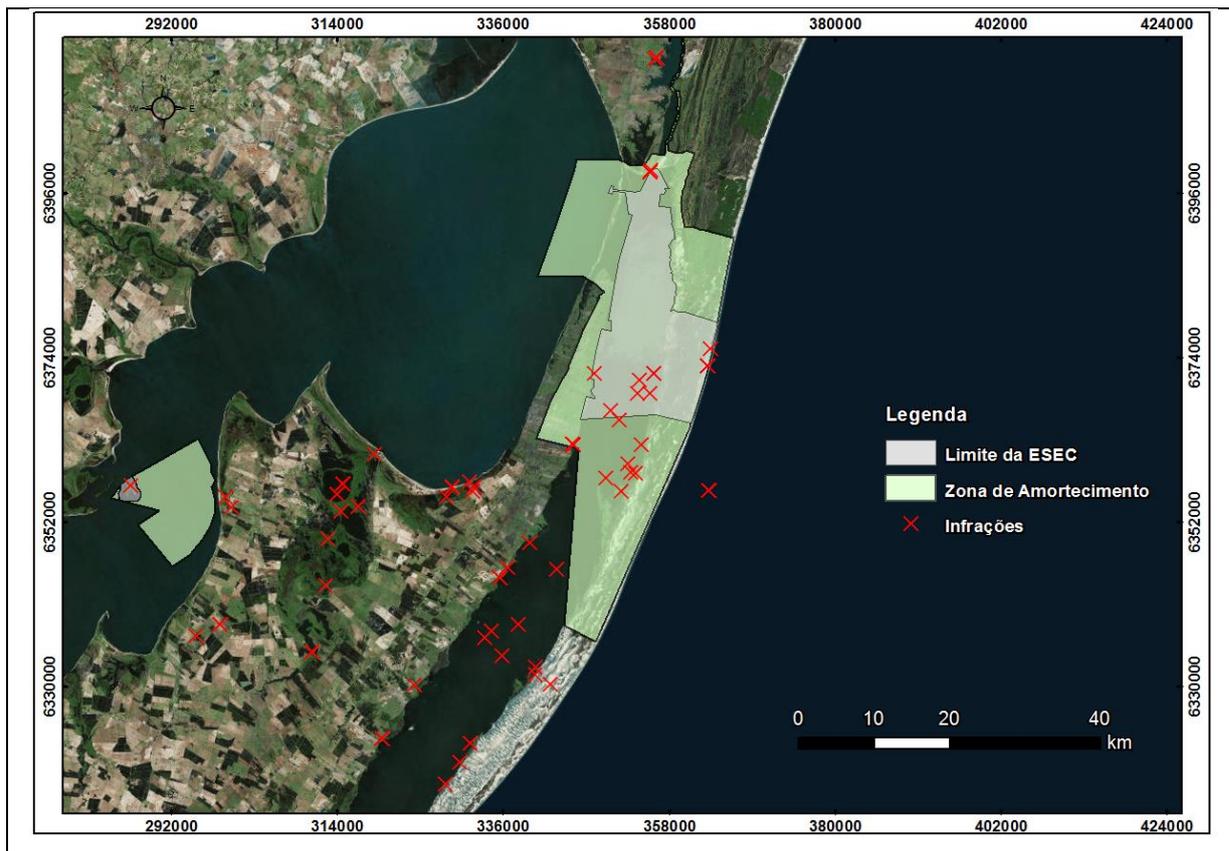
denúncias civis, ou mesmo por outros grupos de apoio à gestão do Taim - como a brigada de incêndios – que mesmo sendo voltado particularmente para a localização de focos de incêndio, auxilia nas atividades de fiscalização dentro da ESEC.



**Figura 16: Pontos de Localização das bases do ICMBio utilizadas para fiscalização, monitoramento, e abrigo para estações meteorológicas. Fonte de dados espaciais: WebGis Taim; FEPAM.**

A distribuição de ocorrências de irregularidades já mapeadas pelos fiscais é extremamente ampla (dados disponíveis no WebGis – Taim), o que pode vir a ser um grande desafio para a utilização de VANT para esse fim. As infrações mapeadas pelos fiscais dispõem de informações espaciais, bem como dados alfanuméricos (tipo de autuação, se ocorreu uma apreensão, multa, etc), o instrumento apreendido, se o infrator se encontrava no local, local da infração, data, entre outros. A figura 17 demonstra a localização de infrações nos limites da ESEC do Taim, e mesmo em áreas do entorno.

A delimitação de área prioritária para a fiscalização de irregularidades pode ser feita a partir desse histórico de infrações já mapeadas, e pela discussão realizada com os principais atores envolvidos no processo. Atualmente a base de informações espaciais dispostas no Webgis – Taim ainda é pouco abrangente e desatualizada. À medida que o abastecimento do sistema de informações passar a ser uma das práticas da gestão do Taim, será possível a identificação de novas áreas para voos com VANT.



**Figura 17: Mapeamento das Infrações de caça e pesca ilegal que ocorrem nos limites da ESEC do Taim, e seu entorno. Fonte de dados espaciais: WebGis - Taim.**

A atividade de controle e detecção de focos de incêndios é realizada pela Brigada de incêndios, que fica localizada próxima à base sede (2). É caracterizada por um grupo de aproximadamente 14 funcionários, que realizam atividades periódicas na área da ESEC, e seu entorno.

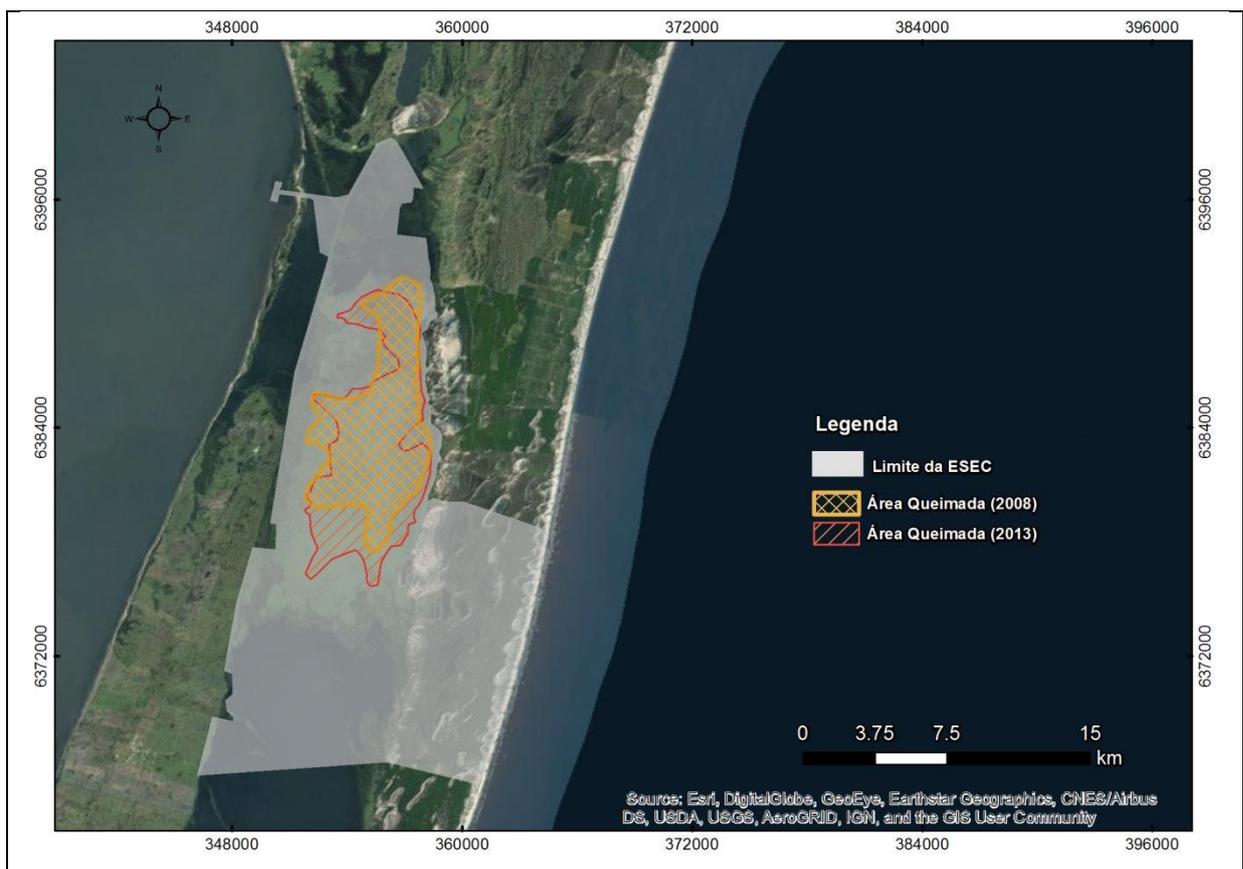
A brigada de incêndios também atua quando chamada por civis que avistaram algum foco, ou por auxílio de funcionários da fiscalização dispostos nas bases do ICMbio. Quando uma ocorrência é detectada, basicamente dependem de viaturas, quadriciclos, e botes – quando os focos ocorrem nas áreas mais centrais do banhado do Taim, sendo considerada pelos próprios como a pior situação que podem encontrar, visto a grande dificuldade de observação, e acesso a esses pontos.

Considerando a nova realidade limítrofe da Estação Ecológica do Taim, 32 mil hectares aproximadamente, mais a área da zona de amortecimento já definida (aproximadamente 95 mil hectares), nota-se a grande dificuldade esperada para a realização do monitoramento de focos de incêndio para a gestão do Taim. Em determinados casos ocorre a solicitação de apoio de aeronaves agrícolas das fazendas do entorno da ESEC. Segundo os servidores da Brigada de Incêndios, a utilização de VANT seria de grande valia para a sua

operação, como auxílio na detecção de focos de incêndio, ou mesmo para um parâmetro prévio da situação a ser encontrada no local – possibilitando estimar a necessidade de equipamentos, pessoal, ou mesmo o acesso mais adequado à área afetada.

Para essa atividade, foi considerada a área caracterizada pela Zona de Recuperação proposta por Eichenberger (2015) – que pode ser observada na figura 7 - abrange os limites do banhado do Taim, considerado o maior risco de dispersão do fogo, devido à dificuldade de acesso. A Figura 18 ilustra as grandes áreas de queimadas ocorridas no Taim, corroborando com o maior interesse de visualização aérea na “zona de recuperação”.

São consideradas duas demandas distintas para a Zona de recuperação relacionada á incêndios: o monitoramento da recuperação natural das áreas afetadas por queimadas (áreas específicas da Zona de Recuperação), e medidas de controle de novas ocorrências (Considerando toda a extensão da Zona de Recuperação, menos as áreas caracterizadas como água no período de maior seca observado em imagens de satélite).



**Figura 18:** Áreas de extensão do impacto das grandes queimadas que ocorreram no Taim. Adaptado de Eichenberger (2015). Fonte de dados espaciais: WebGis – Taim.

Outra demanda importante para as ações de gestão da ESEC do Taim é o mapeamento de determinadas áreas essenciais para o ecossistema. Após o aumento dos limites políticos da

Estação Ecológica do Taim, essa passou a abranger áreas onde ocorreram poucas, ou nenhuma intervenção humana. Essas áreas foram limitadas por Eichenberger (2015) como Zonas primitivas. Um setor específico da classe “Zona Primitiva” foi considerada pelos gestores da ESEC do Taim como essencial para a possível delimitação de zona intangível da Unidade de Conservação. Foi abordada que o conhecimento dessa área (ainda muito pouco conhecida, com pouquíssima influência antrópica) pode subsidiar ações nesse sentido, de maneira que a inserção da tecnologia de VANT pode ser de grande valia.

## **6.2 ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA MONITORAMENTO, MAPEAMENTO, E FISCALIZAÇÃO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE VANT.**

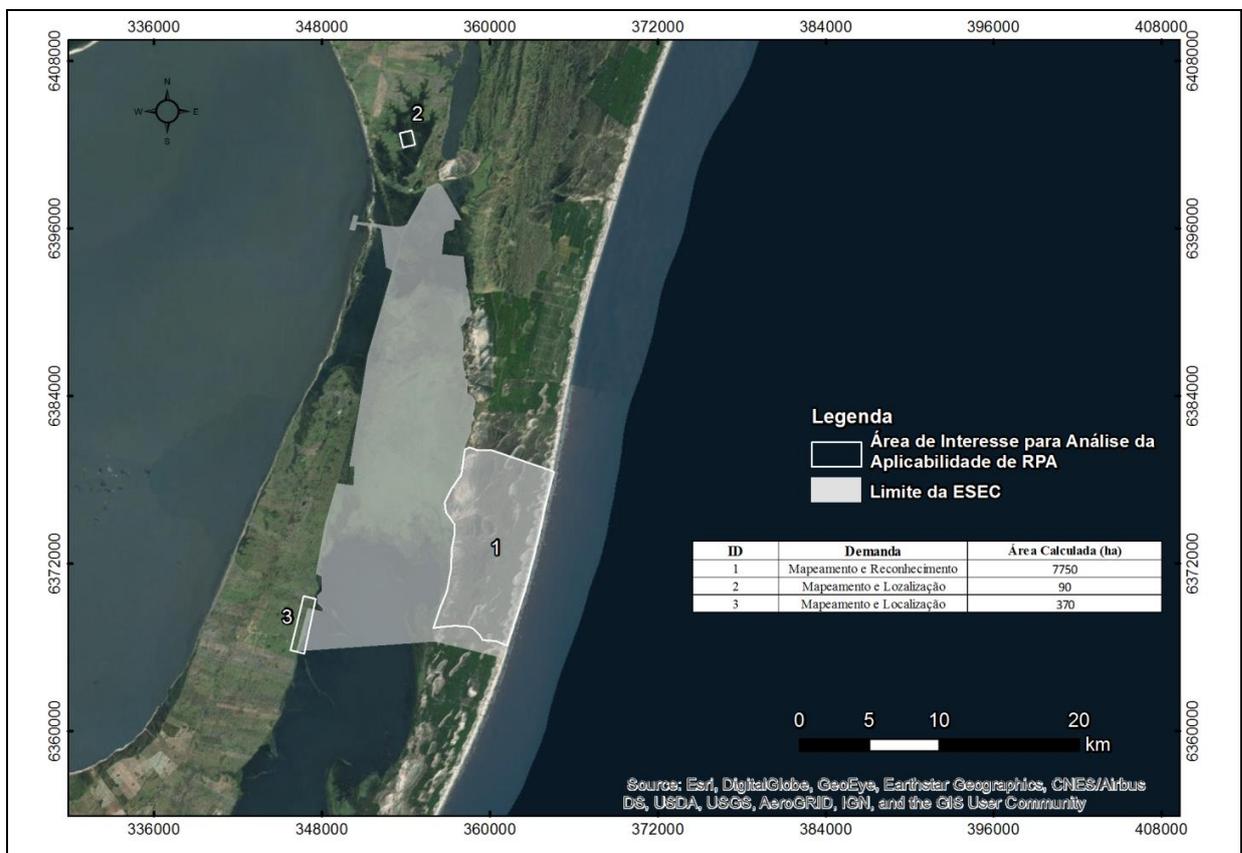
### **6.2.1 Monitoramento de espécies protegidas, e reconhecimento de áreas importantes da ESEC do Taim.**

A figura 19 evidencia os resultados obtidos para a delimitação das 3 primeiras áreas de interesse para a análise da possibilidade de aplicação de VANT. As áreas 2 e 3, foram limitadas para estudos de localização de ninhos de aves, e estudos de população de capivaras, respectivamente. A área 1 para o reconhecimento de zonas essenciais para a manutenção do ecossistema.

A área 1, representa 7750 hectares de faixa a ser mapeadas, e foi delimitada a partir da Zona Primitiva proposta por Eichenberger (2015), mas considerando apenas áreas representativas que foram incorporadas a ESEC do Taim mais recentemente, caracterizadas por restingas, campos alagáveis, e dunas – na faixa limitada pelo banhado do Taim, e a praia. Espera-se que a utilização de RPAs possa subsidiar informações necessárias para a delimitação de Zonas Intangíveis na área 1, importante para as atividades de conservação. É uma área de difícil acesso que pode representar grande dificuldade para a localização de áreas propícias para pouso e decolagem de aeronaves, principalmente em períodos de elevada precipitação na região.

A área 2, como abordado anteriormente, foi proposta por pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande, do laboratório de aves aquáticas e tartarugas marinhas, com o intuito de localização de ninhas de Gaviões - Caramujeiro (*Rostrhamus sociabilis*) a partir de fotografias aéreas. É uma faixa localizada fora dos limites atuais da ESEC do Taim, que corresponde à aproximadamente 90 hectares. Área pequena, quando relacionada com as outras demandas identificadas, e se localizada próxima à estrada BR – 471 (aproximadamente 400 metros de distância).

A área 3 corresponde a 370 hectares caracterizada pelo limite da lagoa Mangueira, com grandes áreas de cultivo de arroz. Essa localidade foi utilizada como área para estudo de estrutura populacional de capivaras na Estação Ecológica do Taim (GARCÍAS, BAGER, 2009). Reflete parte da distribuição desses indivíduos no Taim, e mesmo as dimensões de áreas utilizadas para esse tipo de análise. A área dista 3500 metros da BR – 471, e é situada nos limites de propriedade particular voltada principalmente para rizicultura. Existe a presença de estrada de acesso ao local, a qual apresenta algumas faixas de áreas de campo aberto.



**Figura 19:** Áreas de interesse para a análise da aplicabilidade de RPAS, voltadas ao monitoramento de espécies, e localização de áreas importantes para a conservação. Fonte de dados espaciais: WebGis Taim (Limite da ESEC).

### 6.2.2 Monitoramento de Focos de incêndios e áreas de recuperação natural

A figura 20 evidencia o resultado obtido para a delimitação da área de interesse 4. Os limites da área correspondem a “Zona de Recuperação” proposta por Eichenberger (2015), considerando somente aquelas enquadradas nos terrenos oficiais da ESEC do Taim, excluindo áreas do norte da “Zona de Recuperação” que em geral são ocupadas por cobertura de lâmina

de água aparente (GUASSELLI, 2005). A área corresponde a 7800 hectares, sendo a maior parte caracterizada pelo Banhado do Taim.

Segundo a brigada de incêndios que atuam na localização e controle de focos de incêndio na Estação Ecológica e seu entorno, essa área representa grande desafio, visto a dificuldade de acesso em função de suas características. Corresponde a pior situação que pode ser encontrada, pois a detecção do local inicialmente atingido pelo fogo é muito dificultada. Logo o controle da ocorrência passa a ser complexo, e o fogo pode se alastrar rapidamente nas macrófitas aquáticas que compõe o Banhado do Taim. As grandes extensões dos incêndios ocorridos em 2008 e 2013 ocupam boa parte da área de interesse 4, de forma que evidencia a importância em monitorar novos focos de incêndio nessa área. A grande extensão a ser monitorada pode ser um desafio para a aplicação de VANT para esse fim. Pode ser necessária uma plataforma com elevada capacidade de recobrimento, ou mesmo diferentes áreas de pouso e decolagem.



**Figura 20:** Área de interesse para a análise de aplicabilidade de VANT para a Localização de Focos de Incêndio. Fonte de dados espaciais: WebGis Taim (Limite da ESEC).

A área de interesse 5, demonstrada na figura 21, corresponde aos limites do alastramento do fogo durante os incêndios ocorridos em 2008, e 2013. Foram delimitadas como áreas para a avaliação da aplicabilidade de VANT no monitoramento da “recuperação

natural” abordada em Eichenberger (2015), e pode vir a subsidiar informações também para a localização de focos de incêndios, já que em parte, são áreas sobrepostas. Assim como para a área de interesse 4, a extensão a ser monitorada pode vir a ser um desafio. Por outro lado, a área apresenta no seu limite leste, a presença de uma das bases do ICMbio (a base estrada cinza), que é circundada por áreas de campo, e dunas, onde pode ser viável localizar pontos seguros de pouso e decolagem para diferentes tipos de plataformas. O anexo B representa uma figura com todas as áreas de interesse analisadas, associadas aos principais pontos de pouso e decolagem (as bases do ICMbio na estação Ecológica do Taim).

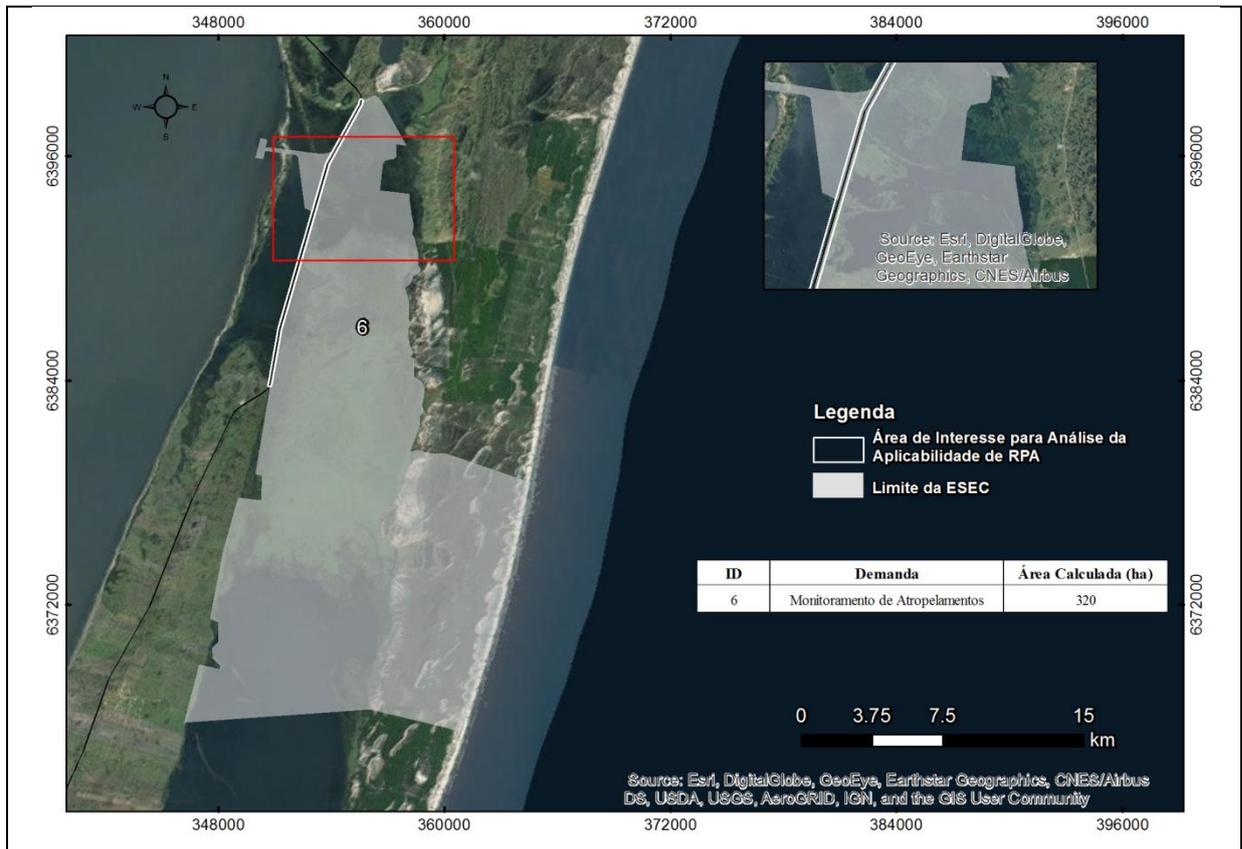


**Figura 21:** Área de interesse para a análise de aplicabilidade de VANT para o Monitoramento da Recuperação Natural da Paisagem. Fonte de dados espaciais: WebGis Taim (Limite da ESEC).

### 6.2.3 Monitoramento de Atropelamento de Fauna.

O resultado de área de interesse para a demanda de monitoramento de atropelamento de fauna pode ser observado na figura 22. A área calculada para análise da aplicabilidade de VANT é de aproximadamente 320 hectares, para uma extensão próxima de 17 km da estrada BR – 471. É representada pela área de interesse de número 6, a qual foi delimitada pela construção de um buffer de 100 m a partir da linha central da rodovia.

Um dos fatores limitantes para a utilização de RPA para auxílio dessa demanda dos gestores da ESEC do Taim é o tamanho dos animais monitorados, e o próprio processo de monitoramento como é feito atualmente (sem o recolhimento do indivíduo, o que pode ocasionar a recontagem de animais). Além disso, a liberação de sobrevoos de RPA pelos órgãos competentes pode ser dificultada pelo trânsito intenso de veículos na rodovia.



**Figura 22: Área de Interesse para Análise da Aplicabilidade de VANT para subsídio ao monitoramento de atropelamento de fauna. Fonte de dados espaciais: WebGIS Taim (Limite da ESEC); Open Layers.**

#### 6.2.4 Fiscalização de infrações: caça, e pesca ilegal.

A figura 23 ilustra os resultados obtidos de áreas de interesse para aplicação de VANT relacionados à fiscalização de infrações. A área 8 foi delimitada em reuniões com os gestores da Estação Ecológica do Taim, por ser muito utilizada como principal acesso de caçadores. Representa uma área de 1780 hectares próxima da base Estrada Cinza. Segundo os fiscais da ESEC do Taim, nesse local é comum encontrar muitos caminhos, acessos abertos na vegetação.

A área 7 foi delimitada pela concentração de pontos de localização de infrações dentro da ESEC do Taim, dispostas no WebGIS Taim, indicando a área como local visado para pescadores ilegais. Representa uma área de aproximadamente 2250 hectares caracterizados

pelo corpo d'água da lagoa Mangueira que incide para dentro dos limites da Estação Ecológica do Taim.



**Figura 23: Área de Interesse para Análise da Aplicabilidade de VANT para subsídio ao monitoramento de Infrações. Fonte de dados espaciais: WebGis Taim (Limite da ESEC).**

### **6.3 APLICABILIDADES DO USO DE DIFERENTES MODELOS DE VANT FRENTE ÀS DEMANDAS DE GESTÃO DA ESEC DO TAIM**

#### **6.3.1 Aplicabilidade de VANT para reconhecimento de áreas importantes para a Unidade de Conservação: Área de interesse para análise da aplicabilidade de VANT número 1.**

Considerando as diferentes aplicações das áreas propostas para essa demanda, foi necessário abordar diferentes modelos para avaliação de aplicabilidade. A área 1 (7750 hectares) requer um equipamento com maior autonomia, velocidade, elevado alcance (para facilitar questões de logística pela dificuldade de localizar pontos adequados de pouso e decolagem), alta estabilidade da plataforma em relação às condições climáticas (principalmente ventos), possibilidade de utilização de sensores que atuam em diferentes faixas de comprimento de ondas do espectro eletromagnético (RGB, NIR).

Ao analisar os modelos propostos inicialmente para a análise de aplicabilidade para determinadas demandas de gestão do Taim (Echar, Nauru, Arator, Parrot Disco, Phantom 4, Aibot X6, S900, e Batmap 2), é possível descartar a utilização dos multirrotor (Phantom 4, S900, Aibot X6), visto a pouca capacidade desse tipo de plataforma em termos de área mapeada por voo. A figura 24 demonstra um teste realizado com a utilização do Phantom 3, ilustrando a pouca efetividade desse tipo de plataforma no mapeamento de grandes áreas (principalmente relacionada a baixa autonomia, que no caso do Phantom 3 foi de 18 minutos para as condições climáticas locais).



**Figura 24:** Área de Cobertura obtida por realização de voo com Phantom 3.

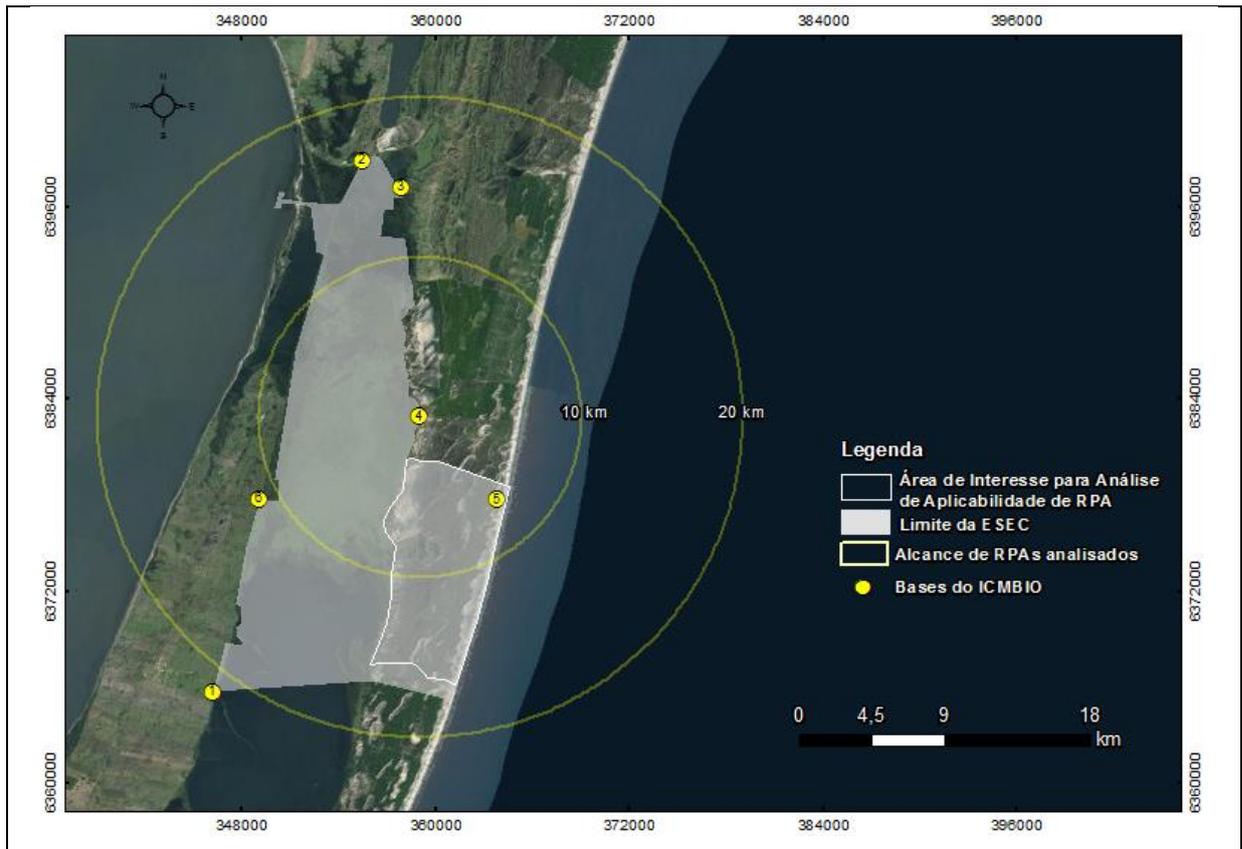
Outro modelo de veículo aéreo não tripulado que pode ser descartado para o recobrimento da área de interesse 1 é o Parrot Disco. Mesmo sendo uma plataforma asa – fixa com autonomia um pouco mais elevada (45 minutos), e maior velocidade de cruzeiro (80 km/h), é um equipamento mais utilizado para filmagens em tempo real (não atendendo a necessidade da demanda para a área em questão), sendo indicado, possivelmente para outras ações dentro da ESEC do Taim. Outro fator limitante do Parrot Disco para a área 1 é o alcance de aproximadamente 2 km que o VANT tem em relação a controladora.

Para fins de discussão da aplicabilidade dos modelos empregados para a área de interesse número 1, restaram apenas os modelos da Xrobots (Arator 5A, Echar 20 C, e Nauru 500 B), e o Batmap 2 pela empresa NuvemUAV. Ambos apresentam maior alcance em relação à base controladora quando comparado com os anteriores, boa capacidade de recobrimento de área, maior acurácia sem a necessidade de pontos de controle em campo, podem ser operados com câmeras que possibilitam maior resolução espectral (Azul, Verde, Vermelho, Infravermelho próximo, e no caso do Batmap ainda a banda Rededge, e termal).

O Nauru 500 B é um equipamento voltado para aplicações em áreas maiores que a área de interesse 1. Apresenta autonomia máxima de 10 horas, e a velocidade máxima de cruzeiro extrapola os 100 km/h. Em termos de autonomia, estabilidade em condições de vento, capacidade de mapeamento em um único voo, alcance de comunicação (mínimo 20 km) e mesmo a possibilidade de utilização de diferentes sensores, facilmente atenderia a demanda discutida para a área de interesse 1. Por outro lado, em termos de custo/benefício pode não vir a ser tão vantajoso quando comparado com os outros modelos da Xrobots, nesse caso. Assim, o Nauru 500 B foi desconsiderado como equipamento a ser utilizado para o atendimento da demanda na área 1, restando dentre os modelos propostos somente o Echar 20 C, o Arator 5A, e o Batmap2.

O Arator 5A é o equipamento de menor porte da Xrobots. Apresenta uma autonomia de 45 a 60 minutos (dependendo das condições climáticas, e PMD). Com o alcance de 10 km, e a autonomia igualmente menor quando comparado com os outros modelos da XROBOTS, pode vir a ter sua aplicação limitada para o mapeamento da área de interesse 1, principalmente pela necessidade de localização de maior número de pontos de pouso e decolagem dentro da área, que pode ser oneroso pelas dificuldades de acesso.

Ao analisar espacialmente o alcance do Arator 5A (10 km, igual ao do Batmap 2, logo será um fator limitante para ambos), comparado com o do Echar 20C, e Nauru 500 B (no mínimo 20 km, até 30 km ou mais), e considerando a base da Estrada Cinza (4) como local de pouso e decolagem, nota-se a vantagem dos dois últimos em relação ao primeiro (FIGURA 25). Nem mesmo a utilização da Base Costeira (5) como ponto de pouso e decolagem viabiliza a aplicabilidade do Arator 5A, ou Batmap 2, para essa aplicação.



**Figura 25: Comparação de Alcance dos Equipamentos analisados para aplicabilidade na área de interesse 1, a partir da base Estrada Cinza (4). O Arator 5A com 10 km de alcance, O Echar 20 C e o Nauru 500 B com no mínimo 20 km de alcance (pode ir até 30 km dependendo das condições).**

O Echar 20 C, a partir da análise de características (alcance e custo benefício) em relação à demanda proposta para a área 1, é o modelo mais adequado. Ainda é necessário considerar questões de autonomia (possibilidade de recobrimento da área de interesse 1), e capacidade da câmera em termos de resolução espacial, e espectral, para o atendimento da proposta dos gestores e pesquisadores para o mapeamento dessa área.

A figura 26 demonstra um teste de plano de voo realizado no Software *Mission Planner* (software de licença livre, muito semelhante ao disponibilizado pela Xrobots para seus equipamentos, que possibilita o planejamento prévio de voo com RPA) para a área de interesse 1, considerando parâmetros de voo dispostos pelo modelo Echar 20 C, tendo o local de pouso e decolagem a base Estrada Cinza.

Os resultados de diversos testes para alturas de voo distintas são demonstrados no quadro 10, indicando a possibilidade de utilização desse equipamento para o atendimento de demandas como a construção de mapas de uso do solo para escala de 1:5000, ou mesmo para reconhecimento da área em questão (muito primitiva). É importante observar a relação da autonomia com o tempo de voo estimado pelo software.



**Figura 26: Exemplo de teste de plano de voo realizado com o auxílio do software Mission planner (representa o teste, considerando a área de interesse 1 inteira para uma altura de 600 m, no quadro 10).**

Os resultados obtidos indicam a necessidade da realização de distintos planos de voo para a área em questão, pois a autonomia da aeronave não permite que a área seja mapeada em um único voo. Por outro lado, ao particionar a área de interesse 1 em quatro segmentos distintos, seria possível a operação, pois o tempo de voo estimado para o mapeamento do quarto quadrante da área 1 (caso essa fosse dividida em 4, para altura de 600m) seria menor que a autonomia média da aeronave (Figura 27).

Uma vantagem do Echar 20 C é o alcance mínimo permitido pela tecnologia de apontamento automático da antena (em azimute e elevação) de 20 km. Mesmo para um maior número de voos para recobrir toda a área de interesse 1 (dependendo das necessidades dos produtos em termos de resolução espacial, variando com a altura, ou distância focal da lente), esses poderiam ser realizados utilizando somente a base do ICMbio Estrada Cinza como ponto de pouso e decolagem da aeronave. Isso favorece a logística de campo.

Em caso de condições climáticas desfavoráveis, onde o alcance seja comprometido (menor que os 20 km, garantidos pelo fabricante como mínimo alcance), é possível transportar o equipamento para a base 5 (Base Costeira), garantindo uma operação com menor distância do ponto de lançamento. Definido o equipamento mais adequado dentro dos modelos analisados, é importante considerar as diferentes atualizações dele para atender em definitivo a demanda proposta para a área 1.

**Quadro 10: Resultados de Testes de Plano de voo realizado com o modelo Echar 20 C, para área de interesse 1, a partir da base Estrada Cinza (4).**

<b>Plano de voo considerando especificações do modelo Echar 20 C com a câmera Sony A7R</b>						
<b>Teste</b>	<b>Distância (km)</b>	<b>Vel est (km/h)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>GSD (cm)</b>	<b>Tempo de voo est (H:M:S)</b>	<b>Autonomia média (H: M: S)</b>
Área 1 inteira	290,89	65	600	10,47	05: 52: 04	01: 56: 00
Área 1 inteira	162,77	65	1200	20,94	03: 14: 40	01: 56: 00
Área 1 inteira	125,7	65	1720	30,01	02: 29: 47	01: 56: 00
Quadrante 4 da área 1	75,96	65	600	10,47	01: 30: 40	01: 56: 00



**Figura 27: Plano de voo considerando 1/4 da área de interesse, para o quadrante mais distante do ponto de pouso e decolagem.**

### **6.3.2 Aplicabilidade de VANT para monitoramento e localização de espécies protegidas e de interesse para a gestão: Área de interesse para análise da aplicabilidade de VANT número 2 e 3.**

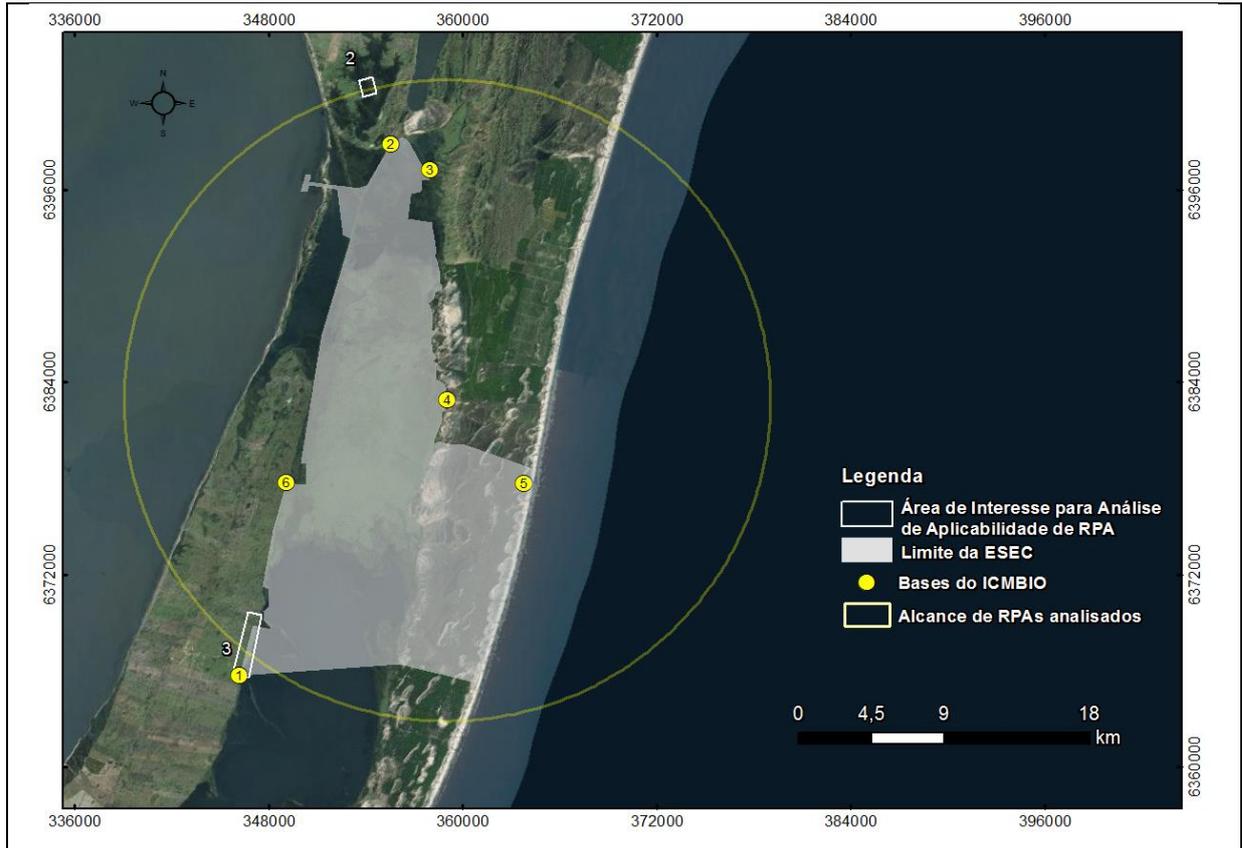
Para as áreas 2 e 3, em função das menores dimensões (90 e 370 hectares, respectivamente), não existe a necessidade de uma plataforma com autonomia tão elevada, nem alcance tão distante quanto considerado para área 1. Por outro lado, a capacidade da

câmera deve ser uma prioridade (tanto em termos de resolução espacial, quanto espectral – na possibilidade de utilização da banda do termal), em função do interesse em localização de espécies de pequeno e médio porte (o Gavião – Caramujeiro, e a capivara). Segundo Garcias, Bager (2009), a tendência de futuros trabalhos voltados para o controle de capivaras na ESEC do Taim devem ser aplicados para caracterização espaço-temporal da distribuição dos indivíduos, mecanismo que pode ser suprido pela utilização dos VANT abordados.

Para a área 3 que caracteriza a dimensão de estudo de população de capivaras, é possível a utilização de modelos de asa fixa, e mesmo de multirrotores discutidos no presente estudo (se for considerado somente a capacidade de recobrimento da área), por que as áreas de mapeamento são menores. Em termos de acurácia posicional dos produtos, e capacidade espacial e espectral dos sensores, o Echar 20 C, e o Batmap 2 são mais adequados quando comparados com os outros modelos.

É importante que a câmera utilizada possibilite a obtenção de imagens de altíssima resolução (entre 2 e 10 cm/pixel), permitindo a identificação de indivíduos de interesse para a gestão, tal como abordado em Koh et al. (2015) que utilizaram fotografias áreas de VANT para a criação de ferramenta de localização automática de ninhos de orangotangos, para estudos de densidade em Unidade de Conservação da Sumatra e Botelho (2014) - que utilizou fotografias aéreas RGB (com resolução espacial de 10 cm/pixel) para o desenvolvimento matemático de segmentação de imagens de altíssima resolução espacial para a detecção de aves, com técnicas de segmentação baseada em redes complexas para a extração de superpixel, este, segundo o autor, consiste no agrupamento de pixels – ou segmentação da imagem.

A primeira possibilidade a ser considerada é a utilização Echar 20 C, pois mesmo sendo mais apropriado para o mapeamento de áreas maiores (como utilizado para área de interesse 1), o elevado alcance, e autonomia, permite que a operação seja realizada mesmo a partir da Base Estrada Cinza (4) (para um levantamento da área de interesse 3 na outra extremidade na Unidade de Conservação, sem a necessidade de transporte de equipamentos) (FIGURA 28). A figura demonstra que o alcance de 20 km poderia ser um fator limitante. Ao considerar esse raio de operação como o mínimo para o equipamento (de acordo com o fabricante o alcance vai de 20 km até 30, ou mesmo 36, com a utilização da antena direcional), o mapeamento das áreas pode ser realizado mesmo a partir da Base Estrada Cinza (4) do ICMbio.



**Figura 28:** Análise espacial do alcance do equipamento considerado para aplicabilidade nas áreas 2 e 3, de interesse ao monitoramento e localização de espécies protegidas, ilustrando o mínimo alcance da RPA de 20 km.

A figura 29 demonstra o resultado obtido para um plano de voo estimado para o mapeamento da área 3, considerando o lançamento do Echar 20 C da Base do ICMbio 4. Os parâmetros de voo considerados foram comparados com as capacidades da plataforma em questão, com a utilização da Câmera Sony A7R de 36MPixels com sensor FULLFRAME RGB. Os resultados obtidos são encontrados no quadro 11

**Quadro 11:** Resultados de Testes de Plano de voo realizado com o modelo Echar 20 C, para a área de interesse 3, a partir da base Estrada Cinza. Foram utilizadas as especificações técnicas da aeronave, bem como da câmera Sony A7R de 36 Mpixels disponível no software Mission Planner.

Plano de voo considerando especificações do modelo Echar 20 C						
Teste	Distância (km)	Vel est (km/h)	Altura (m)	GSD (cm)	Tempo de voo est (H:M:S)	Autonomia média (H: M: S)
Área 3	71,44	65	150	2,62	01:17:33	01: 56: 00

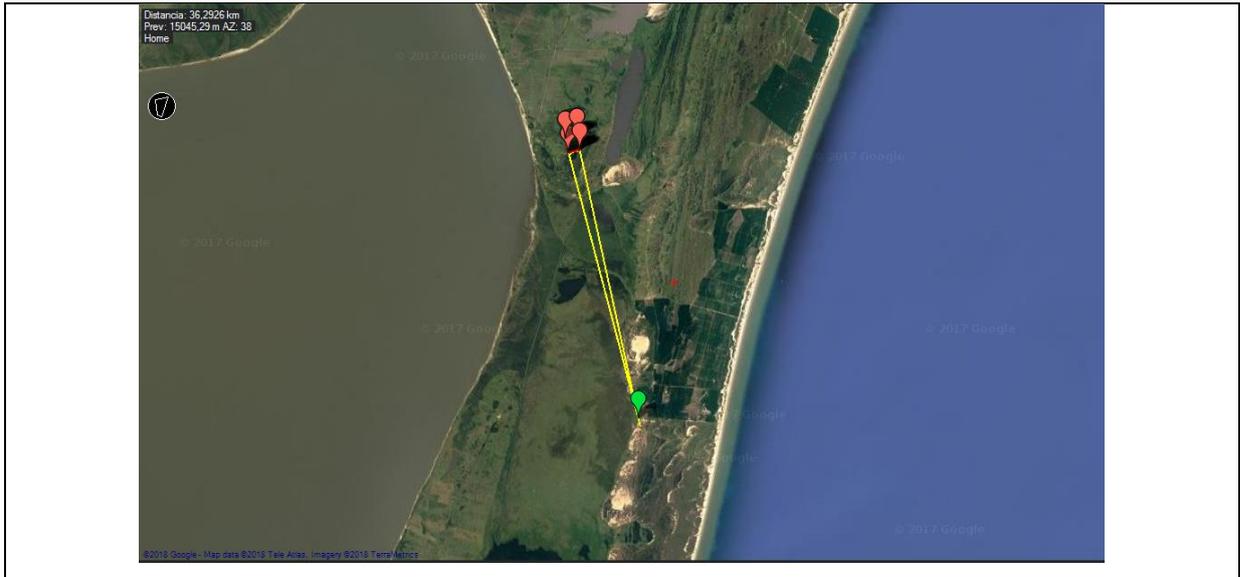


**Figura 29: Plano de voo realizado para avaliar a aplicabilidade do Echar 20 C na área 3, localizada na outra extremidade do limite da ESEC do Taim. As informações estimadas para a operação estão dispostas no quadro 11.**

Assim como para a área de interesse ao monitoramento de capivara, o modelo Echar 20 C pode ser utilizado para mapeamento da área de interesse 2, na busca pela localização de ninhos de Gaviões – Caramujeiro, possibilitando menor intrusão do habitat natural. Novamente é viável o lançamento da plataforma a partir do ponto de pouso e decolagem localizado próximo a base Estrada Cinza (Figura 28).

As fotos aéreas obtidas por VANT para a possível localização de ninhos de aves devem apresentar qualidades relacionadas ao tamanho do pixel da imagem (resolução espacial), a resolução temporal (por que pode ser necessário diversas operações, associadas à levantamentos de campo para validar a localização dos pontos de interesse), ou a possibilidade de utilização de sensores que atuem na faixa de comprimento de ondas do infravermelho termal. Para o modelo Echar 20 C, não está disponível sensor do termal, mas sim a capacidade de obtenção de fotografia de até 2,09 cm/pixel para as bandas do visível. Botelho (2014) utilizou fotografias aéreas RGB (com resolução espacial de 10 cm/pixel) para o desenvolvimento matemático de segmentação de imagens para a detecção de aves.

A figura 30 infere o plano de voo realizado para estimar a aplicabilidade do Echar 20 C para o mapeamento da área de interesse 2. Os dados da operação podem ser observados no quadro 12.



**Figura 30: Plano de voo realizado para avaliar a aplicabilidade do Echar 20 C na área 2, localizada além do limite da ESEC do Taim, mais próxima à base sede. As informações estimadas para a operação estão dispostas no quadro 12.**

**Quadro 12: Resultados de Testes de Plano de voo realizado com o modelo Echar 20 C, para a área de interesse 2, a partir da base Estrada Cinza. Foram utilizadas as especificações técnicas da aeronave, bem como da câmera Sony A7R de 36 Mpixels disponível no software Mission Planner.**

<b>Plano de voo considerando especificações do modelo Echar 20 C</b>						
<b>Teste</b>	<b>Distância (km)</b>	<b>Vel est (km/h)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>GSD (cm)</b>	<b>Tempo de voo est (H:M:S)</b>	<b>Autonomia média (H: M: S)</b>
Área 2	15,63	65	120	2,09	44:30	01: 56: 00

O Echar 20 C é um equipamento de médio porte, o qual é lançado por catapulta (estrutura de ferro, e borrachas). Evitar a necessidade de transporte do equipamento pode facilitar a operação. Por outro lado, isso não é um fator limitante. O equipamento pode ser deslocado para outros pontos de pouso e decolagem (outras bases, ou locais alternativos) desde que seja respeitada a necessidade de área adequada para esse fim, como campos, ou dunas. Para o lançamento do Echar também é preciso respeitar uma lista extensa de procedimentos, de forma que pode ser necessário um piloto experiente. A lista contém a montagem da catapulta e da aeronave, avaliação de condições climáticas, teste de conexão da base de comando com o funcionamento do VANT, podendo levar de 40 a 90 minutos para a sua aplicação por completo.

No caso da não de necessidade utilização do Echar 20 C, principalmente no que tange a necessidade de mapeamento da área de interesse 1, outro modelo de asa – fixa de menor

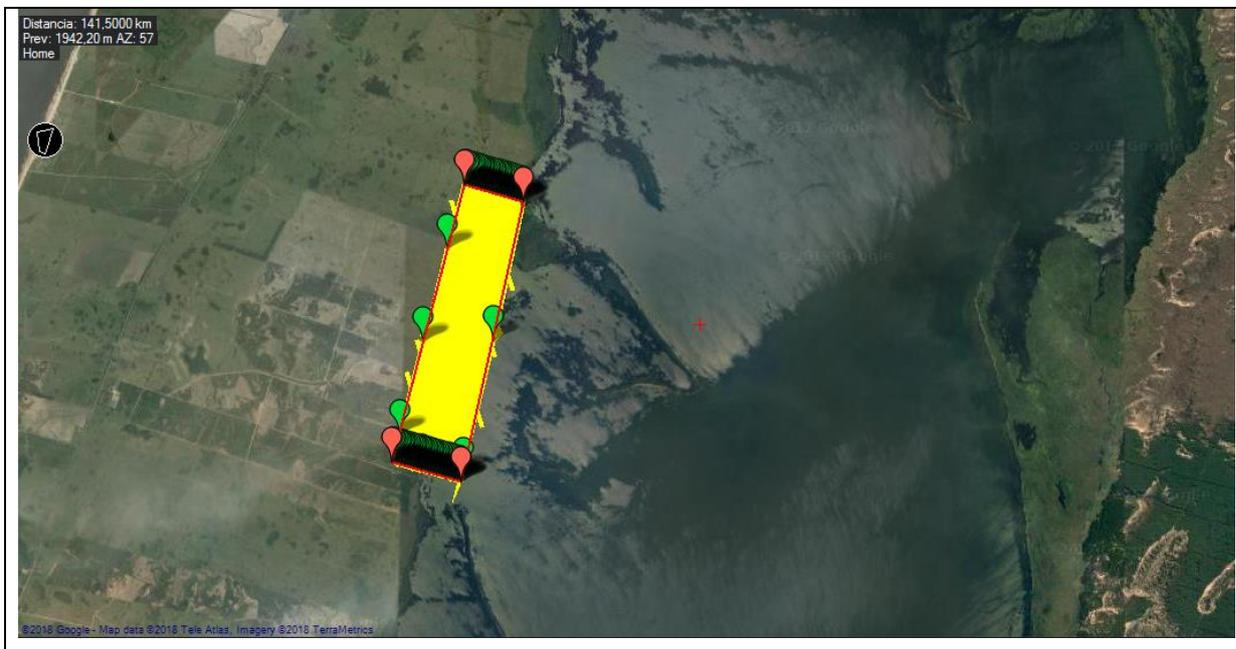
porte (e mais barato) pode ser considerados para as áreas 2 e 3, como por exemplo, o Batmap 2. Esse equipamento apresenta uma autonomia de 2 horas e 30 minutos, um raio de operação (alcance) de 10 km, e velocidade máxima de cruzeiro de 45 km/h, sendo indicado para áreas menores que o Echar 20 C. Apresenta a vantagem de ser compatível com sensor do termal (FLIR VUE PRO R), que pode ser útil para a localização de fauna. Gonzalez el al. (2016) utilizaram uma câmera termal para a construção de um algoritmo para a detecção de animais em fotografias aéreas. A figura 31 demonstra um teste realizado com o Batmap 2 para mapeamento da área 3, considerando a utilização da câmera FLIR VUE PRO R640, com lente de 19 mm, que obtém informação dos comprimentos de onda da banda do termal (7,5 – 13,5  $\mu\text{m}$ ). Pela necessidade de um produto de altíssima resolução espacial, e considerando o alcance do Batmap limitado para o equipamento ser lançado da Base Estrada Cinza (4), tal como poderia ser feito com o Echar 20 C, foi considerado o ponto de pouso e decolagem a base Santa Marta (1). No quadro 12 pode ser observado os dados estimados de voo com o Batmap 2, mas considerando somente a câmera Sony a6000 (RGB).

**Quadro 13: Resultados para o teste de voo realizado com Batmap para mapeamento da área 3, com a utilização de câmera termal, e também a câmera RGB Sony a6000.**

<b>Plano de voo considerando especificações do modelo Batmap 2, com a câmera FLIR VUE PRO R 640, com lente de 19 mm.</b>						
<b>Teste</b>	<b>Distância (km)</b>	<b>Vel est (km/h)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>GSD (cm)</b>	<b>Tempo de voo est (H:M:S)</b>	<b>Autonomia (H: M: S)</b>
Área 3	141,5	40	120	10,74	04: 04: 39	02: 30: 00
Área 3	276,43	40	60	5,37	07: 59: 55	02: 30: 00
<b>Plano de voo considerando especificações do modelo Batmap 2, com a câmera Sony a6000, RGB.</b>						
Área 3	68,39	40	120	2,34	01: 58: 44	02: 30: 00
Área 3	27,6	40	300	5,85	00: 47: 55	02: 30: 00

Ao analisar os resultados obtidos (quadro 13), infere-se a necessidade de segmentação da área em diferentes planos de voo, ao considerar a obtenção de produtos na banda do termal. Estima-se 2 voos para obtenção de fotografias com pixel de aproximadamente 10 cm, e 3 a 4 voos para 5 cm.

Os modelos multirrotores abordados (Phantom 4, Dji S900, Aibotix X6) não serão considerados para a proposta das áreas 2 e 3 (principalmente a área 2, Gaviões - Caramujeiro) por que o ruído dos motores pode causar o afugentamento dos indivíduos a serem monitorados.



**Figura 31: Plano de voo realizado para avaliar a aplicabilidade do Batmap na área 3, com a câmera FLIR VUE PRO, para 120 m de altura. As informações estimadas para a operação estão dispostos no quadro 13.**

### **6.3.3 Aplicabilidade de VANT para a Localização de focos na ESEC do Taim: Área de interesse para análise da aplicabilidade de VANT número 4.**

Dentre todas as áreas analisadas para a aplicabilidade de RPA como subsídio à gestão da UC, a área 4 – delimitada visando principalmente a localização de novos focos de incêndios no Taim – apresenta elevada necessidade de recobrimento (7800 hectares). Segundo os agentes da brigada de incêndios, que atuam no combate aos focos de incêndio, a maior vantagem da utilização de equipamentos aéreos seria relacionada à observação de áreas de difícil acesso em tempo real, para auxiliar na construção de uma análise prévia à operação em campo. Considerando o tempo gasto para chegar a determinado local, e a ausência de informações da situação (planejamento da operação), a observação da superfície terrestre à distância poderia ser de grande valia. Dessa forma, dentre os modelos de RPA abordados foram destacados aqueles mais voltados para filmagens aéreas, em detrimento dos utilizados para aerofotogrametria. Assim, essa análise foi limitada aos modelos Parrot Disco, e o Phantom 4 da Dji.

O Parrot Disco é um modelo asa – fixa de pequeno porte. O transporte é fácil (considerando a utilização de mochila específica), transmissão de vídeo em tempo real via Wifi, com velocidade de cruzeiro de 80 km/h (maior ao ser comparado com o Phantom 4), e autonomia de baterias de 45 minutos (Phantom 4 apresenta apenas 30 minutos). Por outro lado, um fator limitante desse modelo para a utilização como subsídio a localização de focos de incêndios na área 4 é o alcance do sinal entre a controladora e a aeronave (2 km). A figura 32 demonstra a ineficiência do Parrot Disco para o recobrimento da área de interesse em decorrência do alcance restrito do sinal de Wifi de 2 km a partir do *Skycontroller*, mesmo ao considerar pontos de pouso e decolagem alternativos observados em campo (propícios para as necessidades de pouso do Parrot Disco).



**Figura 32:** Alcance do Parrot Disco FPV para análise de aplicabilidade para subsídio a localização de focos de incêndio na área de interesse 4.

O Phantom 4, apesar da autonomia reduzida em relação ao Parrot Disco, apresenta um alcance mais elevado, atingindo até 7 km dependendo de condições climáticas. Por causa dessa característica, ainda pode ser considerado como possível modelo a ser utilizado como subsídio a localização de focos de incêndio na área 4. Considerando a sua utilização, nesse

caso, apenas para visualização e observação da superfície para a localização de focos de incêndio (pontos de fumaça), é viável sua utilização para o atendimento da demanda.

A figura 33 ilustra a capacidade de alcance do Phantom 4 em relação a área de interesse 4, indicando nesse sentido a possibilidade de utilizá-lo em pontos estratégicos de pouso e decolagem, considerando a capacidade de alcance. Outra vantagem da utilização desse modelo pela brigada de incêndios é a grande facilidade de operação. Não existe a necessidade de grande capacidade técnica para a manipulação do Phantom 4, facilitando a inserção desse equipamento no processo de gestão da Estação Ecológica do Taim. Esse modelo possibilita também a utilização de óculos FPV (Dji FPV Google).

A autonomia reduzida de 30 minutos (comum para equipamentos multirrotor) pode ser uma grande desvantagem, por que a operação de localização do foco de incêndio, definição da intensidade (possibilidade de causar danos), e análise do entorno do ponto localizado para planejamento de acesso à área, tende a dispendar mais tempo que o disponível pelas baterias do VANT. Nesse caso, pode haver a necessidade de abordar outros modelos comerciais de VANT específicos para essa demanda, ou mesmo a possibilidade de desenvolvimento de equipamento não comercial (nesse caso, seria necessário averiguar a documentação da aeronave por questões legais).

Dentro das dificuldades apresentadas em função da dimensão da área e baixa autonomia dos equipamentos discutidas para a demanda em questão, é importante abordar as condições que ocorrem os focos de incêndios, para definir áreas prioritárias para monitoramento dentro da área de interesse 4. A inserção de focos de incêndio sobre a paisagem natural ocorre a partir de atividades antrópicas, e dependem de condições ambientais para se propagarem em grandes queimadas. Considerando a facilidade de acesso à área 4 a partir da estrada cinza, a qual atravessa uma grande área de silvicultura (considerada por gestores como o local mais acessado por caçadores), é importante considerar o limite nordeste da área 4 como prioridade para a localização de focos de incêndios.

Deve-se também intensificar os monitoramentos de focos de incêndios no período do verão, quando ocorre os menores índices de precipitação, e o vento predominante de nordeste pode favorecer a propagação de queimadas para o centro da área 4, caracterizada pela maior dificuldade de acesso e conseqüentemente contenção das chamas. O hidroperíodo – ou as variações do nível d'água que ocorrem em terras úmidas em função da topografia, do balanço hídrico, e condições superficiais (GUASSELLI, 2005) - deve também ser considerado no processo de gestão de focos de incêndios, pois é diretamente relacionado com a área que pode

ser impactada por grandes queimadas. Em períodos de baixo nível da água no banhado do Taim as macrófitas ficam expostas e suscetíveis aos incêndios.



**Figura 33: Alcance do Phantom 4 para análise de aplicabilidade para subsídio a localização de focos de incêndio na área de interesse 4.**

#### **6.3.4 Aplicabilidade de VANT para monitoramento da recuperação natural: Área de interesse para análise da aplicabilidade de VANT número 5.**

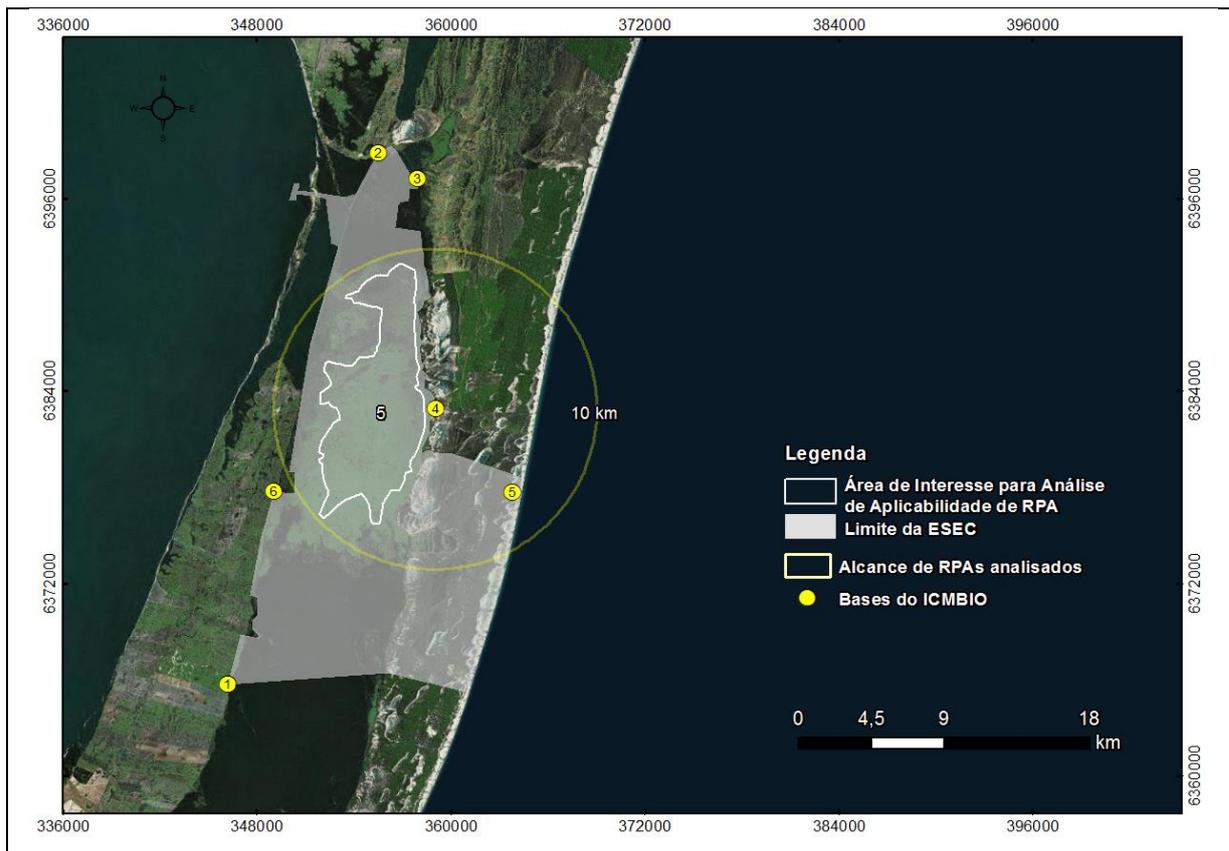
Para a área 5, como avaliação da aplicabilidade de VANT para o monitoramento da recuperação natural das macrófitas atingidas pelos incêndios de grandes proporções em 2008 e 2013, é necessário um equipamento com capacidade de mapeamento de áreas média a grandes. A área de interesse 5 representa 6450 hectares, assim é possível considerar o ECHAR 20 C novamente como potencial equipamento a ser utilizado, principalmente pelo maior alcance e autonomia. É importante considerar a utilização de diferentes sensores compatíveis com o Echar para essa demanda. Ao considerar que os produtos obtidos para o mapeamento das áreas de recuperação natural não necessitam de uma resolução espacial tão elevada, outros tipos de câmeras podem ser utilizadas para o aerolevanteamento, como por exemplo, a Sony 5100 com lente APSC de 24MP RGB, NIR. É possível também abordar a

aplicação de outros modelos de asa – fixa com câmeras com maior capacidade em resolução espectral, que aquelas dispostas para inserção no Echar 20, mas que se assemelhem em termos de robustez.

O Batmap 2 é um equipamento de asa fixa que apresenta raio de operação menor quando comparado ao Echar 20 C (10 km). Por outro lado, a autonomia é mais elevada (2 horas e 30 minutos), e os sensores compatíveis recobrem uma faixa mais abrangente do espectro eletromagnético (maior resolução espectral). O Batmap é compatível com os sensores: Multiespectral Micasense RedEdge, que para uma mesma cena armazena informações das bandas azul, verde, vermelho, NIR, e Red Edge; Multiespectral Parrot SEQUOIA, bandas azul, verde, vermelho, e NIR; FLIR VUE PRO R, que armazena informações do comprimento de onda do termal; e a Sony a6000 modificada, com bandas do verde, vermelho e NIR (ou comum RGB).

Em estudos da recuperação natural da vegetação de macrófitas no banhado do Taim atingido pelos grandes incêndios, através de fotografias aéreas, a banda *RedEdge* ou “limite vermelho” pode ser importante para os períodos de águas baixas que influenciam na dinâmica da vegetação, que são condições ideais para a formação de focos de incêndios. A eficácia da banda *RedEdge* na análise da resposta espectral de diferentes espécies de macrófitas foi demonstrada por Aparício (2007). A posição do *RedEdge* é caracterizada pelo ponto de inflexão máximo da curva do vermelho para o Infra Vermelho Próximo (JENSEN, 2009), pode ser utilizado para diferenciar espécies de plantas, pois varia de acordo com a concentração e o tipo de pigmento na folha (APARÍCIO, 2007). Em períodos de inundação prolongados, condição desfavorável para a propagação de focos de incêndios em grandes queimadas, foi constatada por Guasselli (2005) a eficácia da utilização do comprimento de onda do infravermelho médio, devido à influência do nível da água nas curvas de assinatura espectral.

O menor alcance do Batmap 2 em relação ao Echar 20 C (10 km, e 20 km, respectivamente) não é um fator limitante para o mapeamento da área 5, se for considerada a base Estrada Cinza (4) como ponto de pouso e decolagem do equipamento. A figura 34 demonstra a possibilidade de utilização do Batmap 2 para a área de interesse 5, considerando o seu raio de operação.



**Figura 34: Alcance do Batmap 2 para análise de aplicabilidade para subsídio de estudos de recuperação natural da área impactada por incêndios, na área 5.**

Para analisar em termos de autonomia de voo foram realizados planos de voo para a área em questão, considerando as especificações da câmera Micasense RedEdge disponível para o Batmap 2. Foi considerada uma velocidade de cruzeiro de 40 km/h (menor que o limite máximo de 45 km/h indicado pelo fornecedor). Devido à grande dimensão da área 5 e seus limites curvilíneos foi necessário a segmentação em 3 áreas menores com polígonos mais simples, facilitando o planejamento dos sobrevoos (figura 35). O quadro 14 demonstra os resultados dos testes de voo realizados com a utilização do Batmap 2, tendo a bordo a câmera Micasense RedEdge, e considerando o segmento 1 (é o que apresenta maior área entre os 3 segmentos propostos), e a câmera Parrot Sequoia. Nota – se a diferença entre as duas a partir das características do produto obtido. Enquanto a RedEdge apresenta menor capacidade de resolução espacial, a Parrot Sequoia não obtém informação para a banda RedEdge. A opção por qual câmera deve ser utilizada é relacionada com a necessidade do produto final.



Figura 35: Segmentação da área 5 para possibilitar o recobrimento pela plataforma Batmap 2. O segmento 1 foi utilizado para a realização dos testes de voo.

Quadro 14: Resultados obtidos para os testes de voo utilizando as especificações de câmeras compatíveis com o modelo Batmap 2, na área 5.

Plano de voo considerando especificações do modelo Batmap 2 para a câmera RedEdge.						
Teste	Distância (km)	Vel est (km/h)	Altura (m)	GSD (cm)	Tempo de voo estimado (H:M:S)	Autonomia máxima (H: M: S)
Área 5 - Segmento 1	206	40	600	40,91	05: 24: 20	02: 30: 00
Área 5 – Segmento 1	87,46	40	1500	102,27	02: 31: 50	02: 30: 00
Área 5 – Segmento 1	45,09	40	3500	238,64	01: 08: 30	02: 30: 00
Plano de voo considerando especificações do modelo Batmap 2, para a câmera Parrot Sequoia.						
Área 5 – Segmento 1	139,25	40	600	16,47	04: 02: 01	02: 30: 00

Área 5 – Segmento 1	67,57	40	1500	41,18	01: 57: 20	02: 30: 00
Área 5 – Segmento 1	38,10	40	3500	96,08	01: 06: 10	02: 30: 00

A figura 36 ilustra o plano de voo obtido para o mapeamento do segmento 1 com a utilização da câmera RedEdge, para um mapeamento realizado em altura de 1500 m, obtendo um tamanho de pixel de aproximadamente 1 metro. Ao considerar o tempo de voo estimado com a autonomia da aeronave, nota-se que pode ser um fator limitante para a realização do sobrevoo nessas condições. Logo pode ser necessária uma nova segmentação da área 5 (com maior número de polígonos) para que a autonomia de 2 horas e 30 minutos do Batmap 2 seja suficiente para o recobrimento da área. Independente do número de segmentos, é viável a utilização da Base Estrada Cinza como ponto de pouso e decolagem para toda área de interesse 5.



**Figura 36: Plano de voo realizado para avaliar a aplicabilidade do Batmap 2 na área 5 (segmento 1), localizada dentro do limite da ESEC do Taim. As informações estimadas para a operação estão dispostas no quadro 14.**

Tanto o Batmap 2, quanto o Echar 20 C, são aplicáveis para o mapeamento da área de interesse 5 como subsídio para estudos de recuperação natural. Um equipamento compatível com maior número de sensores, aumentando sua capacidade de informação espectral, como o Batmap 2, pode ser mais útil nesse caso.

É importante identificar a real necessidade da aquisição de um veículo aéreo não tripulado para a obtenção de fotografias de altíssima resolução espacial, para a demanda em questão. O mapeamento da recuperação de macrófitas emersas, ou mesmo a identificação de diferentes espécies na área impactada pelas grandes queimadas, pode não necessitar de produtos gerados a partir de fotografias aéreas de altíssima resolução. Guasselli (2005) avaliou a dinâmica das macrófitas aquáticas do Banhado do Taim com a utilização de série temporal de imagens de satélite das plataformas Landsat TM e Cbers.

Diversos estudos demonstram que as regiões espectrais do infravermelho (próximo, médio, e termal) são as melhores na discriminação de áreas de queimadas. Pereira (1987) demonstrou a existência de distintos fatores para a detecção de incêndios: a emissão de substâncias em combustão; e as assinaturas espectrais dos distintos alvos presentes nas imagens, como solo exposto, água, e vegetação. A partir disso, França (2004) analisou as faixas espectrais do IVP e termal para a detecção de cicatrizes pós-queimada. Devido à redução da reflectância da vegetação, na faixa do comprimento de ondas do IVP, após o evento de queimada, concluiu que a banda do IVP favorece um contraste entre a vegetação queimada e não queimada. No que tange o comprimento de onda do termal, França (2004) indicou que o aumento da temperatura do solo após um evento de queimada ocasiona maior índice de emissões – concluindo que uma banda do infravermelho termal (como por exemplo, a banda 6 do Landsat TM) é propícia para o mapeamento de cicatrizes de queimadas.

Distintas são as opções de imagens de satélite que podem subsidiar informações para o atendimento da demanda da área 5. As imagens obtidas pela plataforma Rapideye apresentam resolução espacial (após a ortorretificação) de 5 metros. Em termos de resolução espectral, apresentam as bandas azul, verde, vermelho, infravermelho próximo, e RedEdge (caso necessário), em um tempo de revisita de 5,5 dias no nadir (vertical). É importante avaliar uma comparação de custos entre a imagem Rapideye (considerando as condições comerciais desse produto, como o pedido mínimo de 3500 km<sup>2</sup>, e 20 km de largura mínima, sendo a área 5 inteira representada por menos que 100 km<sup>2</sup>), e a aquisição de um veículo aéreo não tripulado.

Disponível desde 2015, as imagens Sentinel 2 podem ser uma boa opção. Apresenta quatro bandas espectrais (Azul, verde, vermelho, IVP) para uma resolução espacial de 10 metros, além de quatro bandas no comprimento de onda do Red Edge – para 20 metros de resolução espacial. A resolução radiométrica é de 12 bits por pixel, e a frequência de revisita é de 5 dias. Ao considerar que os produtos não necessitam, nesse caso, de altíssima resolução

espacial, é possível elencar a utilização de imagens da plataforma Sentinel 2 para o atendimento da demanda na área 5.

Ao considerar um plano de voo utilizando o Batmap com a câmera RedEdge, no topo da operação do equipamento (3500 m), o GSD obtido foi de aproximadamente 2,3 metros. Mesmo com a altíssima resolução temporal de produtos gerados por RPAs (dependendo de condições climáticas, o operador lança o equipamento quando necessário), nesse caso, é importante considerar a possibilidade de trabalhar com o sensoriamento remoto orbital, antes da aquisição de um VANT somente para esse estudo.

A resolução temporal da plataforma utilizada (VANT, ou orbital) é importante, visto que as cicatrizes de queimadas tem duração curta, principalmente em áreas de banhado onde a recuperação é rápida. Deve ser um fator destacado na comparação entre as imagens de satélite disponíveis, ou produtos obtidos a partir de VANT.

### **6.3.5 Aplicabilidade de VANT para monitoramento de atropelamento de fauna: Área de interesse para análise da aplicabilidade de VANT número 6.**

A área 6 foi elaborada para a avaliação da aplicabilidade de VANT no monitoramento do atropelamento de fauna, tal como a prática vem sendo desenvolvida pela ESEC do Taim. A área não apresenta grandes dimensões, mesmo sendo considerado um limite de 100 metros a partir da linha central da rodovia BR – 471.

Mesmo a área apresentando uma dimensão de aproximadamente 320 hectares, equipamentos com raios de operação menores que 17 km são limitados para a demanda em questão, visto a extensão do trecho da BR – 471 que intersecciona os limites da ESEC do Taim. Para recobrir toda a área em questão seria possível a utilização do ECHAR 20 C (raio de operação de pelo menos 20 km), lançado a partir da Base Sede, dentre os equipamentos discutidos.

A utilização de VANT para o monitoramento do atropelamento de fauna apresenta fatores muito limitantes. O tamanho de animais monitorados inviabiliza o mapeamento por fotografias aéreas, considerando o atual desenvolvimento da tecnologia (principalmente em relação à espécies de serpentes), mesmo com a capacidade de obtenção de produto com pixel de 2 cm - com a utilização de câmeras a bordo do Echar 20 C . A legislação para o uso de RPAs para sobrevoo sobre uma estrada federal, mesmo para uma baixa densidade populacional do entorno, pode dificultar a obtenção de licença para a realização da operação (ICA100-40 infere a restrição de 30 m para pessoas não anuentes, logo voar sobre a estrada BR-471 pode ser complexo). Por fim, o monitoramento do atropelamento ocorre via terrestre,

sem a retirada das carcaças, e de forma semanal. No caso de um monitoramento por fotografias aéreas de VANT pode ocorrer a superestimativa de espécies impactadas pela via. Por essas razões, não será considerada a aplicação de VANT para o atendimento dessa demanda especificamente.

### **6.3.6 Aplicabilidade de VANT para monitoramento e fiscalização de infrações de caça e pesca: Área de interesse para análise da aplicabilidade de VANT números 7 e 8.**

Para as áreas 7 e 8, é necessário a utilização de diferentes tipos de plataformas na obtenção de produtos de aerolevantamentos. Para a primeira, deve-se considerar a utilização de modelos para a realização de filmagens aéreas em tempo real, enquanto para a segunda, uma aeronave (asa-fixa) de médio – até pequeno porte, com capacidade de geração de produtos de altíssima resolução espacial, e correção geométrica acurada.

São considerados para as áreas em questão, o modelo Phantom 4 (o Parrot Disco não foi abordado devido ao alcance reduzido de 2 km) como auxílio no monitoramento de infrações de pesca ilegal na Lagoa Mangueira, e o Echar 20 C para o mapeamento de acessos de caçadores aos limites da ESEC do Taim.

Ao considerar a logística de campo para a utilização do Phantom 4 nesse caso, nota-se que o principal ponto de pouso e decolagem seria a Base de Santa Marta (base 1). O alcance de 7 km pode ser um fator limitante para aplicação na localização de infratores na área de interesse 7 (Figura 37). É necessária a definição de outro ponto de pouso e decolagem por conta da distância da área de interesse para as bases do ICMbio, que é facilmente adaptável pela facilidade de operar esse equipamento.

A grande facilidade de operação e controle do Phantom 4 permite que essa plataforma seja lançada de qualquer ponto de pouso e decolagem. Operadores mais experientes podem eximir a necessidade de pouso em solo (pouso manual), o que permite que em certos casos, em condições climáticas adequadas, o equipamento possa ser lançado de um barco que vasculhe a área em questão atrás de redes de pesca (em campo, a partir da localização de boias), e na localização de infratores (pela observação aérea), auxiliando o processo de fiscalização da área.



**Figura 37: Alcance do Phantom 4 para análise de aplicabilidade para subsídio a busca de pescadores ilegais na área 7. Nota-se a limitação do equipamento.**

A autonomia de 30 minutos pode ser um fator limitante, ao considerar os deslocamentos necessários para o recobrimento dessa área. Outro empecilho para a utilização do Phantom 4 (e nesse caso, provavelmente para qualquer modelo a ser discutido) é a necessidade de localização de redes de pesca na área analisada (que compõe a maioria dos casos já mapeados pelos fiscais da ESEC do Taim, e disponibilizado como infrações no WebGis do Taim, onde os infratores não são localizados). O procedimento de localização e recolhimento de redes de pesca exigirá o contato direto dos agentes de fiscalização. Por outro lado, certamente a dificuldade na busca dos infratores no ato da infração tende a ser diminuída com o apoio aéreo de VANT, dependendo do número de imersões a ser realizada (diariamente, semanalmente).

A área de interesse 8 (660 hectares) exibe uma necessidade discutida com os gestores do Taim, que pode ser suprida com a utilização do Echar 20 C (localizado na base Estrada Cinza, próxima da área de interesse): a obtenção de fotografias de altíssima resolução espacial para o mapeamento de acessos de caçadores. Em comparação com aplicações para áreas discutidas anteriormente, a área 8 apresenta uma demanda na qual as técnicas empregadas para a obtenção de dados espaciais são mais simples. Fotografias áreas da região espectral do

visível (RGB) seriam suficientes para a obtenção de dados espaciais a partir de técnicas de vetorização manual, e interpretação visual de imagens de altíssima resolução espacial (JENSEN, 2009), prática já realizada para abastecimento de dados ao Webgis do Taim.

A figura 38 demonstra o resultado de plano de voo obtido com a utilização do Echar 20 C para mapeamento da área de interesse 8, a partir do ponto de pouso e decolagem base da Estrada Cinza (4). Para garantir a eficácia da operação pode ser necessário dividir a área em 2 (provavelmente não mais que isso), pois foi considerado nos testes de voo a autonomia média da aeronave (autonomia máxima seria de 2 horas e 30 minutos). Caso o GSD obtido para o levantamento a 300 m de altura não contemple a necessidade para a obtenção dos dados necessários, deverá ser requisitado o planejamento de 4 ou 5 voos distintos (em teto de operação e 120 m, para 2,09 cm).

As principais informações estimadas para o plano de voo, utilizando as especificações técnicas do equipamento, e as características da Câmera Sony A7R de 36 MPixels, com sensor FULLFRAME RGB, são dispostas no quadro 15.

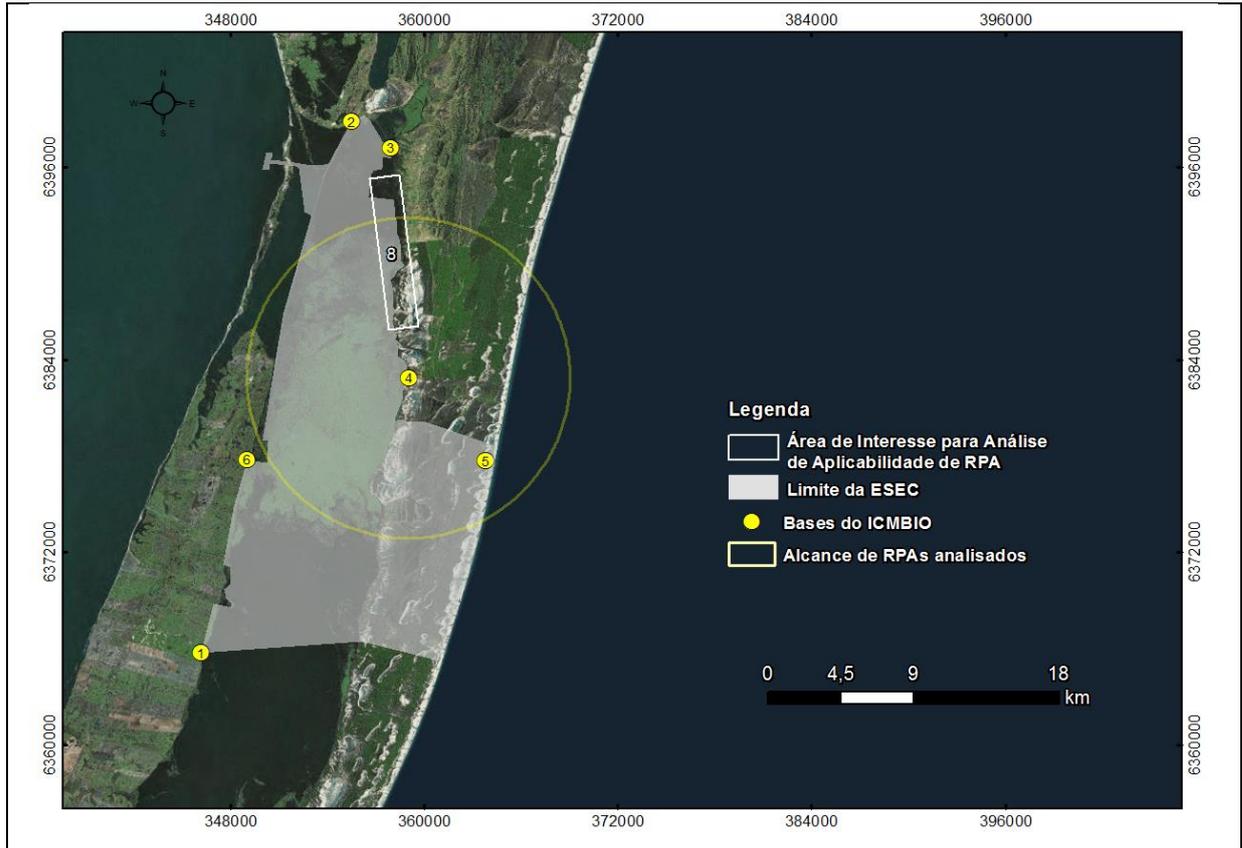
Outro modelo que pode ser considerado para o recobrimento da área em questão é o Batmap 2. A realização de testes de voo com as mesmas condições, mas considerando a câmera Sony a6000 RGB compatível com o Batmap 2 e as capacidades da plataforma, indicam a necessidade de maior número de sobrevoos. Nesse caso, a velocidade de cruzeiro limita o Batmap 2 em comparação com o Echar 20 C. Outro fator importante a ser discutido para o mapeamento da área 8 é o raio de operação (alcance as aeronaves). Enquanto o Echar 20 C atinge de 20 a 30 km, o Batmap 2 não extrapola os 10 km. Dessa forma, para considerar a utilização do Batmap 2 para essa área, também se faz necessário a definição de 2 pontos de pouso e decolagem, que podem ser as bases Estrada Cinza (4), e as proximidades da base Nicola (3), tal qual ilustrado na figura 39.

**Quadro 15: Comparação dos resultados de testes de voo realizados para a área de interesse 8 para dois equipamentos distintos. O Echar 20 C com a utilização da câmera Sony A7R RGB, e o Batmap 2 com a câmera Sony a6000 RGB.**

Plano de voo considerando especificações do modelo Echar 20 C						
Teste	Distância (km)	Velocidade (km/h)	Altura (m)	GSD (cm)	Tempo de voo est (H:M:S)	Autonomia média (H: M: S)
Área 8	124,4	65	300	5,23	02: 24: 15	01: 56: 00
Área 8	303	65	120	2,09	06: 02: 15	01: 56: 00
Plano de voo considerando especificações do modelo Batmap2, com câmera Sony a6000						
Área 8	144,94	40	300	5,85	04: 12: 38	02: 30: 00
Área 8	326,48	40	120	2,34	09: 33: 48	02: 30: 00



**Figura 38: Plano de voo realizado para avaliar a aplicabilidade do Echar 20 C na área 8, mais próxima à base Estrada Cinza. As informações estimadas para a operação estão dispostas no quadro 15.**



**Figura 39:** Demonstra a limitação do Batmap 2 pela capacidade do raio de operação de 10km, considerando o lançamento a partir da base 4. Seria necessária a realização do mapeamento por dois pontos de pouso e decolagem distintos.

## **6.4 PROPOSTA DE PLATAFORMAS QUE PODEM SUBSIDIAR AÇÕES DE GESTÃO**

As análises das capacidades dos modelos de RPAs, frente às necessidades de subsídio de dados espaciais para áreas específicas dentro da ESEC do Taim possibilitaram a seleção dos equipamentos mais adequados. Dentre os equipamentos inicialmente propostos (Arator 5A, Echar 20 C, Nauru, Parrot Disco, Dji S900, Dji Phantom 4, Batmap 2, e Aibotix X6) somente os modelos Echar 20 C, Phantom 4 e Batmap 2 apresentaram capacidades para subsidiar a obtenção de dados espaciais, para demandas específicas.

O quadro 16 demonstra uma relação das principais demandas de gestão considerando a utilização do ECHAR 20 C para a obtenção de dados, indicando os principais aspectos, e exigências que envolvem a realização dos voos necessários para o atendimento das demandas. Uma das vantagens do Echar 20 C quando comparado com o Batmap 2 é que o raio de operação do equipamento possibilita que o local de pouso e decolagem seja fixado na base Estrada Cinza (5) para todas áreas de interesse. Com a utilização do Batmap seria necessário o deslocamento do equipamento para diferentes bases para entrar no raio de operação de 10 km, principalmente no que tange a área 5.

A aquisição de diferentes câmeras disponibilizadas para o Echar (além da Sony RGB de 36 Mpixel, as câmeras APSC RGB, NIR de 24 Mpixel) pode vir a atender demandas para as outras áreas de interesse a serem discutidas. É importante considerar também a aquisição do modelo Echar 20 C HA (High Accuracy), que possibilita dados geometricamente acurados, eximindo a necessidade de utilização de pontos de controle em campo, o que seria complicado devido à dificuldade de acesso à área de interesse.

Ao considerar a utilização do ECHAR 20 C para as demandas nas quais ele foi considerado aplicável, é necessário atender as exigências legais para a solicitação dos voos. Por ser um equipamento com PMD menor que 25 kg, o ECHAR 20 C será enquadrado na categoria de classe 3, sendo considerado a altura do voo, e o tipo de operação como fatores preponderantes para liberação pelos órgãos competentes. Em geral, para o mapeamento das áreas propostas, o equipamento será lançado em alturas acima do limite de 120 m (tipo de operação BVLOS), de forma que será necessária a solicitação do NOTAM para a realização dos voos, tendo um prazo de análise de até 18 dias pelo órgão Regional do DECEA competente, que no caso do Taim, é o CINDACTA II (Anexo D). Além disso, deve-se ter o cadastro do equipamento no SARPAS, e as anuências da ANAC, e ANATEL (isso para todos os VANT a serem utilizados), com registro, e identificação da matrícula – o que considerando

equipamentos comerciais é um processo facilitado. Com relação à distância mínima de aeródromos, para nenhuma das áreas de interesse analisadas ocorre conflito com a faixa de 5 NM (Anexo C).

A operação com o ECHAR 20 C, dentre os equipamentos discutidos, não é a mais simples de ser realizada. Além da montagem da aeronave, e da estrutura de lançamento (catapulta de grande porte, se comparado com o modelo Batmap2), é necessária a realização correta da checagem de uma lista extensa de procedimentos: montagem da catapulta e aeronave; teste de conexões; avaliação de condições climáticas; entre outros. O procedimento pode demorar de 40 a 90 minutos, dependendo da experiência do operador. Ao considerar a utilização desse modelo para subsidiar ações de gestão na ESEC do Taim, seria interessante considerar no máximo dois pilotos distintos, que seriam responsáveis pela realização de todos os voos com o Echar 20 C.

Em relação ao investimento necessário para a aquisição do equipamento, bem como as câmeras e sensores necessários para a realização das demandas identificadas, o Echar 20 C não é o mais indicado como subsídio para ações de gestão no Taim (Quadro 19). O custo do equipamento é diretamente relacionado com as capacidades discutidas no presente estudo, principalmente em termos de raio de operação, e compatibilidade com câmeras e sensores de grande porte.

Quadro 16: Considerações da aplicabilidade do ECHAR 20 C na ESEC do Taim.

Aplicabilidade do ECHAR 20 C para as demandas identificadas						
Área de Interesse	Demanda	Aplicabilidade	Aspectos legais	Local de Pouso e Decolagem	Número de voos estimado	Configuração ideal
1	Mapeamento e Reconhecimento de área para a criação de zona intangível	Sim	Solicitação de NOTAM por voo acima de 120 m, tipo de operação BVLOS	Base Estrada Cinza (4)	4 a 6	Echar HA com câmera Sony A7R de 36 MP (RGB) + Câmera multiespectral de 24 MP (RGB,NIR)
2	Mapeamento e localização de ninhos de aves	Sim	Solicitação de NOTAM por voo acima de 120 m, tipo de operação BVLOS	Base Estrada Cinza (4)	1	Echar HA com câmera Sony A7R de 36 MP (RGB)
3	Localização de capivaras	Sim	Solicitação de NOTAM por voo acima de 120 m, tipo de operação BVLOS	Base Estrada Cinza (4)	1	Echar HA com câmera Sony A7R de 36 MP (RGB)
4	Localização de Focos de Incêndios	Não analisado	-	-	-	-
5	Monitoramento da Recuperação natural	Sim	Solicitação de NOTAM por voo acima de 120 m, tipo de operação BVLOS	Base Estrada Cinza (4)	3 a 4	Echar HA com câmera multiespectral de 24 MP (RGB,NIR)
6	Monitoramento de Atropelamento de Fauna	Não	Restringe o voo por não respeitar o limite de 30 m de pessoas não anuentes	-	-	-
7	Fiscalização de infrações - Pesca	Não analisado	-	-	-	-
8	Fiscalização de infrações - caça	Sim	Solicitação de NOTAM por voo acima de 120 m, BVLOS	Base Estrada Cinza (4)	1 a 3	Echar HA com câmera Sony A7R de 36 MP (RGB)

O quadro 17 demonstra uma relação das principais demandas de gestão considerando a utilização do Batmap 2 para a obtenção de dados, indicando os principais aspectos, e exigências que envolvem a realização dos voos necessários para o atendimento das demandas. Em comparação com o Echar 20 C, o Batmap 2 foi considerado não aplicável para a área de interesse 1, visto o alcance de 10 km, pois mesmo definindo a Base Costeira, não foi suficiente para atingir os extremos ao sul da área 1.

A aquisição de diferentes câmeras disponibilizadas para o Batmap 2 (Sony a6000 RGB, Parrot Sequoia RGB/NIR, Micasense RedEdge, e a FLIR VUE PRO R640) pode ser importante para atender as diferentes demandas identificadas (São elencadas por demanda no quadro 10). É importante considerar também a utilização da tecnologia de correção geométrica PPK proposta pela empresa.

Ao considerar a utilização do Batmap 2 para as demandas nas quais ele foi considerado aplicável, é necessário atender as exigências legais para a solicitação dos voos. Assim como o Echar 20 C, o Batmap 2 se enquadra na categoria de classe 3 (PMD menor que 25 kg), seguindo as mesmas especificações legais discutidas anteriormente. Em geral, os planos de voo testados com o Batmap 2 consideram alturas acima de 120 m, exigindo a solicitação de NOTAM, pois o tipo de operação é considerada BVLOS. Em certos casos, como para as áreas 2,e 3, é possível que sejam realizados voos abaixo de 120 m, porém a operação ainda não se enquadra em tipo VLOS, pois não seria respeitado o raio de operação máximo de 500 metros do operador.

Em termos de operação, o Batmap 2 é um pouco mais simplificado que o Echar 20 C. Por ser lançado por catapulta de elástico, apresentando menor quantidade de material a ser carregado em campo, e dificuldade de montagem de estrutura. Porém, ao considerar o Batmap 2 como modelo a ser utilizado para subsidiar ações de gestão no Taim, vale considerar no máximo dois pilotos distintos, que seriam responsáveis pela realização de todos os voos.

Em relação ao investimento necessário para a aquisição do equipamento, bem como as câmeras e sensores necessários para a realização das demandas identificadas, o Batmap 2 é menos dispendioso que o Echar 20 C (Quadro 19). O custo vai variar de acordo com a necessidade de utilização de diferentes sensores. O quadro 10 infere os principais sensores identificados para diferentes demandas, refletindo a possibilidade de atuação para mapeamento das diferentes áreas de interesse.

Quadro 17: Considerações da aplicabilidade do Batmap 2 na ESEC do Taim.

Aplicabilidade do BATMAP 2 para as demandas identificadas						
Área de Interesse	Demanda	Aplicabilidade	Aspectos legais	Local de Pouso e Decolagem	Número de voos estimado	Configuração ideal
1	Mapeamento e Reconhecimento de área para a criação de zona intangível	Não, alcance de 10 km limita a operação	-	-	-	-
2	Mapeamento e localização de ninhos de aves	Sim	Solicitação de NOTAM por voo acima de 120 m, Tipo de Operação BVLOS	Base Sede (2), ou proximidades	1	Batmap 2 com câmera Sony a6000 RGB
3	Localização de capivaras	Sim	Solicitação de NOTAM por voo acima de 120 m, Tipo de Operação BVLOS	Base Santa Marta (1)	1, ou 2 a 3 dependendo da câmera utilizada	Batmap 2 com câmera Sony a6000 RGB + FLIR VUE PRO R640, 19 mm
4	Localização de Focos de Incêndios	Não analisado	-	-	-	-
5	Monitoramento da Recuperação natural	Sim	Solicitação de NOTAM por voo acima de 120 m, Tipo de Operação BVLOS	Base Estrada Cinza (4)	1 a 5, depende da câmera utilizada	Batmap 2 com câmera Parrot Sequoia (RGB, NIR) + câmera RedEdge
6	Monitoramento de Atropelamento de Fauna	Não	Restringe o voo por não respeitar o limite de 30 m de pessoas não anuentes	-	-	-
7	Fiscalização de infrações - Pesca	Não analisado	-	-	-	-
8	Fiscalização de infrações - caça	Sim	Solicitação de NOTAM por voo acima de 120 m,	Base Estrada Cinza (4), e Base Nicola (3)	2 a 5 depende da câmera utilizada	Batmap 2 com câmera Sony a6000 RGB

			BVLOS			
--	--	--	-------	--	--	--

O quadro 18 demonstra uma relação das principais demandas de gestão considerando a utilização do Phantom 4 para a obtenção de dados, indicando os principais aspectos, e exigências que envolvem a realização dos voos necessários para o atendimento das demandas. Esse modelo foi considerado somente para a visualização da superfície terrestre em tempo real, considerando a menor acurácia de dados geométricos dele em relação aos modelos de asa fixa Echar 20 C e Batmap 2, e a capacidade de filmagens em todos os ângulos e com alta qualidade. Assim foi considerado somente para as áreas 4 (localização de focos de incêndio) e 7 (localização de infratores).

Ao considerar a utilização do Phantom 4 para as demandas nas quais ele foi considerado aplicável, é necessário atender as exigências legais para a solicitação dos voos. Assim como para os outros dois modelos abordados anteriormente, o equipamento deve ser cadastrado na ANAC, e a solicitação de voo no SARPAS (Solicitação de acesso de aeronaves Remotamente Pilotadas), com informações do piloto e da aeronave. Como a intenção é a visualização da superfície a partir da utilização de óculos FPV, o tipo de voo é considerado BVLOS, exigindo a necessidade de solicitação de NOTAM.

Em relação ao investimento necessário para a aquisição dos equipamentos, bem como as câmeras e sensores necessários para a realização das demandas identificadas, o Phantom 4 é menos dispendioso quando comparado com os anteriores. Por outro lado, para que a utilização desse equipamento seja realmente efetiva para as demandas identificadas, é necessário a aquisição de pelo menos 3 equipamentos.

A operação proposta requer o lançamento de 3 phantom 4 a partir de diferentes pontos de pouso e decolagem, exigindo a necessidade de treinamento de três ou mais pilotos dispostos para a realização dos voos. Uma vantagem desse modelo é que ele é facilmente operado, e a facilidade de pouso e decolagem permite a maleabilidade de locais para o lançamento do quadricóptero.

**Quadro 18: Considerações da aplicabilidade do Phantom 4 na ESEC do Taim.**

<b>Aplicabilidade do P'HANTOM 4 para as demandas identificadas</b>						
<b>Área de Interesse</b>	<b>Demanda</b>	<b>Aplicabilidade</b>	<b>Aspectos legais</b>	<b>Local de Pouso e Decolagem</b>	<b>Número de voos estimado</b>	<b>Configuração ideal</b>
1	Mapeamento e Reconhecimento de área para a criação de zona intangível	Não	-	-	-	-
2	Mapeamento e localização de ninhos de aves	Não	-	-	-	-
3	Localização de capivaras	Não	-	-	-	-
4	Localização de Focos de Incêndios	Sim	Solicitação de NOTAM por tipo de operação BVLOS	Base Estrada Cinza (4), Base Nicola (3), e Base Horto Florestal (6) concomitantemente	Voos preferencialmente diários partindo dos 3 pontos	3 Phantom 4 com câmera DJI de 20 MP + 3 óculos FPV
5	Monitoramento da Recuperação natural	Não	-	-	-	-
6	Monitoramento de Atropelamento de Fauna	Não	-	-	-	-
7	Fiscalização de infrações - Pesca	Sim	Solicitação de NOTAM por tipo de operação BVLOS	Necessário lançamento de ponto alternativo em campo	Voos preferencialmente diários	3 Phantom 4 com câmera DJI de 20 MP + 3 óculos FPV
8	Fiscalização de infrações - caça	Não	-	-	-	-

**Quadro 19: Comparação de custos de equipamentos para diferentes configurações. Valores indicados em dólares americanos.**

<b>Modelo</b>	<b>Configuração</b>	<b>Acessório 1</b>	<b>Acessório 2</b>	<b>Acessório 3</b>	<b>Custo estimado total (dólar)</b>
Echar 20 C	ECHAR 20 + Câmera APSC RGB 24 MP  <b>55.000</b>	Câmera APSC RGB, NIR 24 MP  <b>2.900</b>	Câmera Sony A7R 36 MP Full frame  <b>5.800</b>	Sistema de correção geométrica  <b>14.600</b>	<b>78.300</b>
Batmap 2	Equipamento + Sony a 6000 RGB  <b>21.000</b>	Câmera Parrot Sequoia  <b>3200</b>	Câmera Micasense Rededge  <b>4.600</b>	Câmera FLIR VUE PRO R 640  <b>5200</b>	<b>34.000</b>
Phantom 4	Equipamento + câmera DJI 20 Mp (3)  <b>1450</b>	Óculos FPV para utilização (3)  <b>350</b>	Baterias extra (9)  <b>170</b>	-	<b>6.930</b>

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As reuniões realizadas com os gestores da ESEC do Taim e agentes da brigada de incêndios, associados a referências pretéritas, propiciaram a identificação de áreas que apresentam demandas por ferramentas de monitoramento. A dimensão dessas áreas, as demandas de gestão identificadas, e os requisitos necessários para as fotografias aéreas, possibilitaram a análise da capacidade de diferentes modelos de RPAs.

O reconhecimento de campo propiciou observar as grandes dificuldades para a realização de operações com VANT. Permeou também o planejamento dos principais pontos de pouso e decolagem a serem analisados, de forma que foram definidas algumas bases do ICMBio no Taim como locais importantes para a operação.

A análise da aplicabilidade de VANT, a partir da avaliação de suas características em relação às demandas identificadas, permitiu a definição de modelos capazes de subsidiarem informações importantes para auxílio à gestão da Estação Ecológica do Taim. Os modelos são o Echar 20 C, o Batmap 2, e o Phantom 4, considerando configurações mais avançadas que a básica.

O Echar 20 C é uma plataforma de asa fixa aplicável para as áreas de interesse 1, 2, 3, 5, e 8 (Mapeamento e reconhecimento de áreas importantes, localização de ninhos de aves, monitoramento de capivaras, monitoramento da recuperação vegetal, e mapeamento de acessos de caçadores ilegais – respectivamente). Considerando a logística de campo, é o mais propício, pela grande capacidade de alcance da plataforma. As dificuldades operacionais do equipamento exigem treinamento

O Batmap 2 é uma possibilidade em contrapartida ao Echar 20 C. Apresenta limitações, principalmente relacionado ao menor raio de operação. Por outro lado, a maior diversidade de sensores compatíveis representa um importante fator. O Batmap 2 se mostrou aplicável para as áreas de interesse 2, 3, 5, e 8. Devido a fatores como custo e maior facilidade de operação, deve ser a prioridade de plataforma a ser inserida inicialmente como subsídio à gestão da ESEC do Taim, mesmo com necessidade de maior número de pontos de pouso e decolagem.

O Batmap 2 é o equipamento mais adequado para o monitoramento de recuperação natural na área 5. Por outro lado, diversos estudos abordam o mapeamento de macrófitas emersas utilizando imagens de satélite. As imagens Sentinel-2 podem suprir as necessidades dessa demanda principalmente em termos de resolução espacial e espectral. A frequência do monitoramento pode indicar a real necessidade de utilização de VANT para a área 5.

O Phantom 4 é um quadricóptero de pequeno porte que se mostrou apto para subsidiar ações de fiscalização na área de interesse 7, a partir de filmagens em tempo real para localização de boias de rede de pesca, e pescadores ilegais.. Também para a localização de focos de incêndio na área 4, de forma que pode auxiliar o trabalho da brigada de incêndios. Para a cobertura da área 4 com o Phantom 4 é necessária a aquisição de três plataformas para serem lançadas concomitantemente. Outra possibilidade é priorizar a fiscalização em áreas de fácil acesso de caçadores ilegais, onde tende a ocorrer a disseminação de novos focos de incêndios. Deve-se considerar outros modelo com autonomia e alcance mais elevados para facilitar a fiscalização de pesca ilegal e localização de focos de incêndios.

Nenhum dos modelos analisados no decorrer do estudo são capazes de atender a demanda da área 6 (monitoramento do atropelamento de fauna). Como os voos seriam realizados sobre a estrada BR – 471, questões legais podem dificultar a obtenção de licença para voar sobre pessoas não anuentes. Devem ser também abordadas novas formas de monitoramento do atropelamento de fauna para que a inserção de VANT ao processo seja realmente aplicável. O tamanho de alguns dos indivíduos é um fator muito limitante para o monitoramento com VANT.

O estudo questão se mostrou eficiente na busca pela introdução de tecnologia de VANT ao processo de gestão da ESEC do Taim, que vem se desenvolvendo para atingir um patamar de excelência no armazenamento, e distribuição de dados espaciais para os diversos atores envolvidos no processo de manutenção dos recursos naturais importantes para o meio ambiente. O processo de inserção da tecnologia de VANT na gestão da ESEC do Taim pode ser oneroso inicialmente pela necessidade de capacitação de operadores, do compartilhamento da informação, e da exigência computacional dos processamentos.

A utilização de ferramentas de geoprocessamento para o cruzamento de informações espaciais serviu como contribuição científica no processo de avaliação das plataformas que podem ser utilizadas para diferentes demandas, sendo essencial para obtenção dos resultados.

Deve-se considerar em trabalhos futuros a possibilidade de novos modelos, que estão sempre sendo evoluídos, ou mesmo a inserção de plataformas não comerciais desenvolvidas por diversos grupos, que a partir dos resultados obtidos nesse estudo podem construir uma plataforma voltada para o atendimento das demandas analisadas especificamente para a ESEC do Taim. Também deve ser abordada a utilização de diferentes sensores, e novas áreas importantes para a manutenção dos recursos naturais do Taim.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES NETO, A. **Geração de trajetórias para veículos aéreos autônomos não-tripulados**. Dissertação de mestrado. Pós-graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

ANAC: Resolução nº419, de 2 de maio de 2017. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial (RBAC-E nº94): Requisitos Gerais para Aeronaves Não Tripuladas de Uso Civil**.

ANDRADE, R. O. **O voo do Falcão**. Pesquisa FAPESP, n. 11, 2013.

APARÍCIO, C. **Análise da Resposta Espectral de Espécies de Macrófitas**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. São Paulo. 2007. 163 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724: Informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação**. Rio de Janeiro, 2011.

AZAMBUJA, N.R. **Estrutura de comunidade e uso de habitat por mamíferos de médio porte da estação ecológica do Taim, RS, Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso. Ciências Biológicas. Santa Maria, UFSM. 2010.

BRASIL: Lei n 6902, de 27 de abril de 1981. **Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de proteção Ambiental, e da outras providências**.

BRASIL: Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e da outras providências**.

BRASIL: Lei nº 7.661, de 16 de Maio de 1988. **Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências**.

BRASIL: Lei nº 7.735, de 22 de Fevereiro de 1989. **Dispõe sobre a extinção de órgão e de entidade autárquica, cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e dá outras providências**.

BRASIL: Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989. **Cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente e dá outras providências.**

BRASIL: Decreto nº 99.274, de 06 de Junho de 1990. **Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências.**

BRASIL: Decreto nº 92.963, de 21 de Julho de 1986. **Cria a Estação Ecológica do Taim, em áreas de terra que indica, e dá outras providências.**

BRASIL: Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000. **Regulamenta o art. 225, §1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.**

BRASIL: Lei nº 10.650, de 16 de abril de 2003. **Dispõe sobre o acesso público aos dados e informações existentes nos órgãos e entidades integrantes do Sisnama.**

BRASIL: Projeto de Lei nº 2.200, de 2015. **Regulamenta a utilização e as regras para autorização de licenciamento e operação de "DRONES", incluindo veículos aéreos não tripulados (VANT's) e aeronaves remotamente pilotadas (ARP's), e dá outras providências.**

BRENTANO, T. B. **Desenvolvimento de um Modelo de Webgis Colaborativo para a Gestão e Tomada de Decisão na Estação Ecológica do Taim.** Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Ambiental. UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2014. 40 p.

BOTELHO, G. M. **Segmentação de Imagens Baseada em Redes Complexas e Superpixel: Uma aplicação ao Censo de Aves.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação. São Paulo. 2014. 104 p.

CORREA, F.; GARCIA, A. M.; BEMVENUTI, M DE. A.; VIEIRA, J. P. **Pisces, Gymnotiformes, Hypopomidae, Brachyhypopomus gauderio Giora and Malabarba, 2009:**

New species record at Taim Ecological Reserve, South Brazil. **Check List**, v. 7, n. 1, p. 19-20, 2011.

D' AMICO A.R. **Lições aprendidas sobre o diagnóstico para a elaboração de planos de manejo de unidades de conservação:** comunidade de ensino e aprendizagem em planejamento de unidades de conservação. Brasília. 63 p. 2013.

DECEA: ICA 100-40, de 10 de Março de 2017. **Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro.**

DISPERATI, A. A. 1991. **Obtenção e uso de fotografias aéreas de pequeno formato.** UFPR/FUPEF. Curitiba, 290 p.

EMBRAPA. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.** Alberto Carlos de Campos Bernardi, [et al.], editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2014. 596 p.

EICHENBERGER, C. C. D. Diagnóstico Participativo no Planejamento e Ordenamento Territorial de Unidades de Conservação: o Caso da Estação Ecológica do Taim. **Dissertação de mestrado.** Programa de Pós-Graduação em Gerenciamento Costeiro. FURG. Rio Grande, RS. 2015. 75 p.

FALKNER, E. **Aerial Mapping: Methods and Applications.** St Louir. Missouri. Lewis Publisher. 1994.

FERRER, R; SALAZAR, E. **Diagnóstico da flora e da vegetação do entorno da Estação Ecológica do Taim (ESEC Taim).** Relatório Técnico, Rio Grande. 2004.

FRANÇA, H. **Identificação e mapeamento de cicatrizes de queimadas com imagens AVHRR/NOAA.** In: Ferreira, N. J. (coord.). Aplicações ambientais brasileiras dos satélites NOAA e TIROS-N. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. p. 57-78.

GARCIAS, M. F; BAGER, A. **Estrutura populacional de capivaras na Estação Ecológica do Taim, Brasil, RS.** Revista Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.8, p.2441-2447, 2009.

GAYER, S. M. P.; KRAUSE, L; GOMES, N. Lista preliminar dos anfíbios da Estação Ecológica do Taim. **Revista Brasileira de Zoologia**. Vol. 5(3): 419-425. 1998.

GEMERT, J. C.; VERSHOOR, C.R.; METTES, P.; EPEMA, K.; KOH, L.P.; WICH, S. Nature Conservation RPAs For Automatic Localization and Counting Animals. **Computer Vision - ECCV 2014 Workshops**. Springer. Vol. 8925. 255-270. Setembro, 2014.

GOMES, N; KRAUSE, L. Lista preliminar de répteis da Estação Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zoologia**. Vol. 1(1): 71-77. 1982.

GONZALES, L.F; MONTES, G.A.; PUIG, E.; JOHNSON, S.; MENGERSEN, K.; GASTON, K. J.; Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and Artificial Intelligence Revolutionizing Wildlife Monitoring and Conservation. *Sensors*. Vol. 16 (1). 97. 2016.

GUASSELLI, L. A. **Dinâmica da Vegetação no Banhado do Taim, RS**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre. 2005. 173 p.

ICMBIO. **Avião não Tripulado vigiará Parque do Pau-brasil**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/3892-parque-na-bahia-usara-vant-para-vigiar-area>>. Acesso em: 10 de março de 2017.

ICMBIO. **Plano de Manejo do Parque Nacional do Pau-Brasil**. Vol 1. 301 p.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. p. 129 – 150

JUNIOR, F. W. F. DRONE STRIKE – A Ameaça das Aeronaves Tripuladas Remotamente à Segurança Aeronáutica e Possíveis Medidas de Mitigação. **Revista Conexão Sipaer, Vol. 8, No. 2**, pp. 26-32. 2017.

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

KOH, L. P; ANDEL, A. C. V; WICH, S. A; BOESCH, C; ROBBINS, M. M; JOSEPH, K; KUEHL, H. S. Locating Chimpanzee nests and identifying fruiting trees with an unmanned aerial vehicle. **American Journal of Primatology Vol (77)**. 2015. p 1122 – 1134.

LAUXEN, M. S. **A mitigação dos impactos de rodovias sobre a fauna: um guia de procedimentos para tomada de decisão**. Trabalho de conclusão de curso de pós-graduação em Diversidade e Conservação de Fauna junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal/Instituto de Biociências – UFRS. 2012. 163 p.

LONGHITANO, A. G. **VANT para sensoriamento remoto: Aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causadas por acidentes com cargas perigosas**. 2010. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

LOPES, C. T.; CAPORLINGUA, V. H. **Análise da eficácia jurídico ambiental na Estação Ecológica do Taim – RS**. Temas atuais de direito ambiental, ecologia, política, e direitos humanos – Rio Grande, RS. Ed, da FURG, 2013. 155 p.

MAHLER , J. K. F.; KINDEL, A.; KINDEL, E. A. I. **Lista comentada das espécies de aves da Estação Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil**. Acta Biol. Leopold., vol (18) 69-103. 1996.

MARQUES, D. M; VILLANUEVA, A.O.N. **Regime hidrológico de banhados e sua conservação**. Caderno de Pesquisa sér. Bio. Vol 13(1): 63-79. 2001.

MARTINELLI, A. Banhado do Taim. In Tucci, C.E.M (ORG.). **Comportamento Hidrológico do Taim**. Vol (1). Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre: UFRGS, 1996.

MEDEIROS, F. A. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007. 103 p.

MERINO, L.; CABALLERO, F.; MARTINEZ, J. R.; MAZA, I.; OLLERO, A. An Unmanned Aircraft System for Automatic Forest Fire Monitoring and Measurement. **Journal of Intelligent & Robotic Systems**. Vol 65 (1). 533 - 548. Janeiro. 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Resumo executivo da proposta de ampliação da Estação Ecológica do Taim**. Rio Grande. 2013.

NAUDERER, R. **Avaliação do Telamento das Margens da Rodovia, como Medida Para a Redução de Atropelamentos de Capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) Na Estação Ecológica do Taim – RS**. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Costeiro). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 2014. 57 p.

NÚCLEO DE EDUCAÇÃO E MONITORAMENTO AMBIENTAL - NEMA. **Comunidades do Taim Educação Ambiental e Sustentabilidade**. Rio Grande. 2008.

OLIVEIRA, H.S.; HOLANDA, A. I. R.; CALABUIG, C. P. **Malformações nucleares como possíveis indicadoras de contaminação ambiental usando como modelo uma espécie de ave aquática**. Seminário de Iniciação Científica, Mossoró, RN, 2014.

PEREIRA, M. C. **Detecção, monitoramento e análise de alguns efeitos ambientais de queimadas na Amazônia através da utilização de imagens dos satélites NOAA e LANDSAT e dados de aeronave**. 1987. 268 p. (INPE-4503-TDL/326). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1987.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E.. **Biologia da Conservação**. Londrina: ed. Planta, 2001.  
RAMOS, A. R.; PASQUALETTO, A. I.; PINHEIRO, E. S.; NEVES, D. D.; QUADROS, E. L. **O uso de imagens de alta resolução na elaboração de planos de manejo: o caso da Reserva Biológica da Serra Geral, Rio Grande do Sul**. in: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis. INPE. p. 4163 - 4170. 2007.

RODRIGUES, E. S. **Aspectos Regulatórios da Operação de Veículo Aéreo Não Tripulado**. Rio de Janeiro. In: XIII Rio de Transportes. 2015.

SCHAFFER, A. E.; LANZER, R.; PEREIRA, R. **Atlas socioambiental de Mostardas, Tavares, São José do Norte e Santa Vitória do Palmar**. Caxias do Sul, RS. 372 p. 2009.

SCHREINER, G. M. **Proposta de Cenários para a Delimitação de Zona de Amortecimento de Impactos na Estação Ecológica do Taim**. 2012. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Costeiro) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 103 p.

SILVA, R. B.; LEAL, L.S.; ALVES, L.S.; BRANDÃO, R.V.; ALVES, R.C.M.; KLERING, E.V.; PEZZI, R.P. Estações meteorológicas de código aberto: Um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Vol 37 (1). 2014.

SPONCHIATO, J.; MELO, J. L.; CÁCERES, N. C. Habitat selection by small mammals in Brazilian Pampas biome. **Journal of Natural History**. Vol 46 (21-22): 1321-1335. 2012.

UNIÃO EUROPEIA; BRASIL. **Estudo Sobre Indústria Brasileira e Europeia de Veículos Aéreos Não Tripulados**. Projeto: diálogos setoriais, União Europeia e Brasil. 92 p. 2016.

VAN GEMERT J.C.; VERSCHOOR, C.R.; METTES, P.; EPEMA, K.; KOH, L.P.; WICH, S.A. **Nature conservation drones for automatic localization and counting of animals**. In Computer Vision—ECCV 2014 Workshops, Part I; Agapito, L., Bronstein, M.M., Rother, C., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, 2015; pp. 255–270.

## LISTA DE ANEXOS

### **ANEXO A: Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial (RBAC-E nº 94), sub parte E 94.3.**

- 1 - Aeromodelo significa toda aeronave não tripulada com finalidade de recreação;
- 2 - Aeronaves Remotamente Pilotadas (Remotely-Piloted Aircraft – RPA) significa a aeronave não tripulada pilotada a partir de uma estação de pilotagem remota com finalidade diversa de recreação;
- 3 - Área **distante de terceiros significa** área, determinada pelo operador, considerada a partir de certa distância horizontal da aeronave não tripulada em operação, na qual pessoas não envolvidas e não anuentes no solo não estão submetidas a risco inaceitável à segurança. Em nenhuma hipótese a distância da aeronave não tripulada poderá ser inferior a 30 metros horizontais de pessoas não envolvidas e não anuentes com a operação. O limite de 30 metros não precisa ser observado caso haja uma barreira mecânica suficientemente forte para isolar e proteger as pessoas não envolvidas e não anuentes na eventualidade de um acidente; Nota: O limite de 30m, neste caso, é critério para a aplicação das regras da ANAC. O acesso ao espaço aéreo é de competência do DECEA, o qual poderá estabelecer limites inferiores de maior magnitude.
- 4 - Estação de Pilotagem Remota (Remote Pilot Station – RPS) significa o componente do RPAS contendo os equipamentos necessários à pilotagem da RPA;
- 5 - Observador de RPA significa pessoa que, sem o auxílio de equipamentos ou lentes (exceto as corretivas), auxilia o piloto remoto na condução segura do voo, mantendo contato visual direto com a RPA;
- 6 - Operação Além da Linha de Visada Visual (Beyond Visual Line of Sight – BVLOS operation) significa a operação que não atenda às condições VLOS ou EVLOS;
- 7 - operação autônoma significa a operação normal de uma aeronave não tripulada durante a qual não é possível a intervenção do piloto remoto no voo ou parte dele;
- 8 - Operação em Linha de Visada Visual (Visual Line of Sight – VLOS operation) significa a operação em condições meteorológicas visuais (VMC), na qual o piloto, sem o auxílio de observadores de RPA, mantém o contato visual direto (sem auxílio de lentes ou outros equipamentos) com a aeronave remotamente pilotada, de modo a conduzir o voo com as responsabilidades de manter as separações previstas com outras aeronaves, bem como de evitar colisões com aeronaves e obstáculos;

9 - Operação em Linha de Visada Visual Estendida (Extended Visual Line of Sight – EVLOS operation) significa a operação em VMC, na qual o piloto remoto, sem auxílio de lentes ou outros equipamentos, não é capaz de manter o contato visual direto com a RPA, necessitando dessa forma do auxílio de observadores de RPA para conduzir o voo com as responsabilidades de manter as separações previstas com outras aeronaves, bem como de evitar colisões com aeronaves e obstáculos, seguindo as mesmas regras de uma operação VLOS.;

10 - operação remotamente pilotada significa a operação normal de uma aeronave não tripulada durante a qual é possível a intervenção do piloto remoto em qualquer fase do voo, sendo admitida a possibilidade de voo autônomo somente em casos de falha do enlace de comando e controle, sendo obrigatória a presença constante do piloto remoto, mesmo no caso da referida falha do enlace de comando e controle;

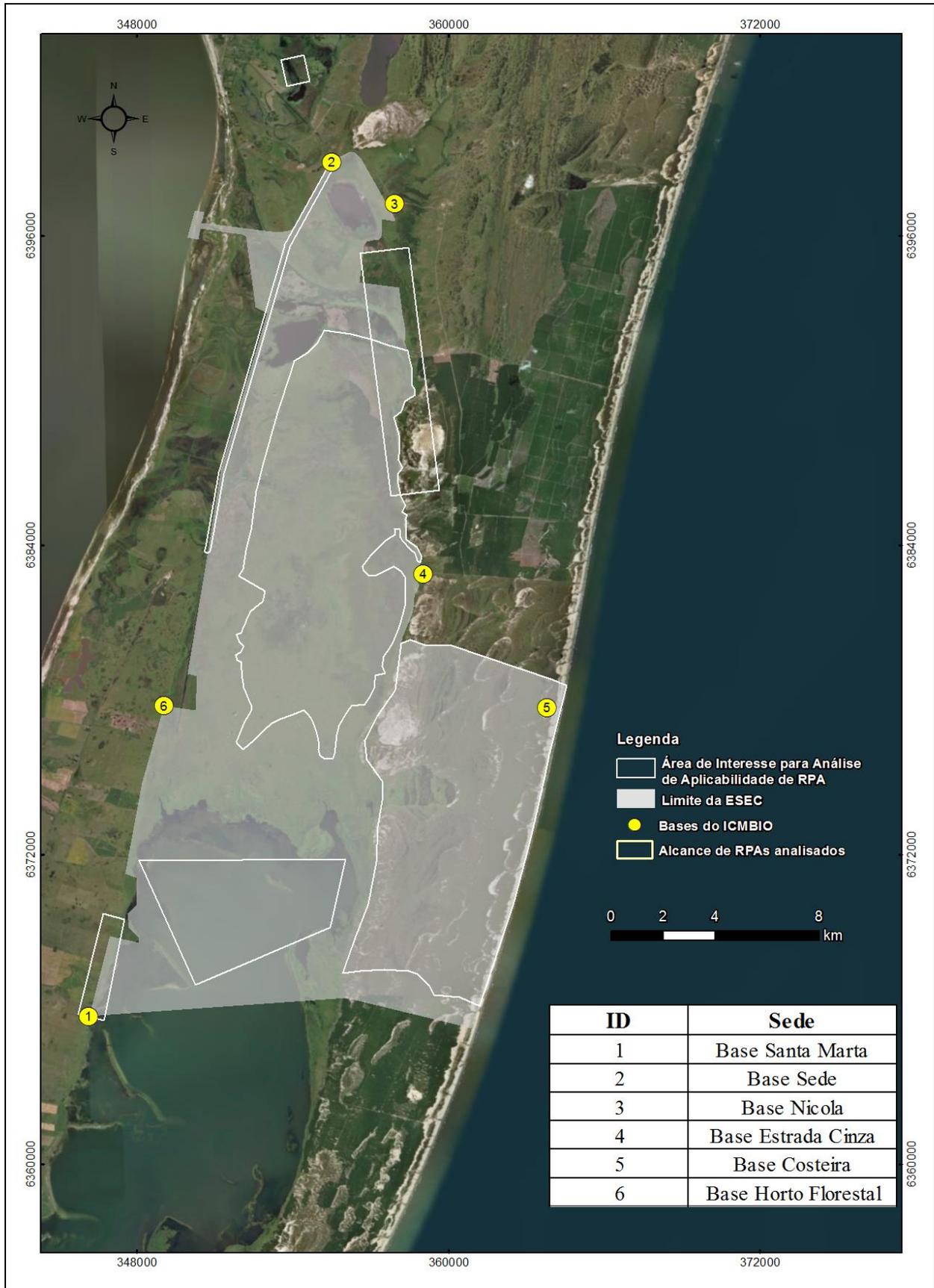
11 - Pessoa anuente significa uma pessoa cuja presença não é indispensável para que ocorra uma operação de aeronave não tripulada bem sucedida, mas que por vontade própria e por sua conta e risco concorde, expressamente, que uma aeronave não tripulada opere perto de sua própria pessoa ou de seus tutelados legais sem observar os critérios das áreas distantes de terceiros;

12 - Pessoa envolvida significa uma pessoa cuja presença é indispensável para que ocorra uma operação de aeronave não tripulada bem sucedida;

13 - Piloto remoto é a pessoa que manipula os controles de voo de uma aeronave não tripulada;

14 - Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (Remotely-Piloted Aircraft System – RPAS) significa a RPA, sua(s) RPS, o enlace de pilotagem e qualquer outro componente, como especificado no seu projeto."

## ANEXO B: Figura das áreas de interesse delimitadas



## ANEXO C: Delimitação da Faixa de Segurança de Aeródromos para Voos com RPAs.



