

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

CAROLINE DA CUNHA ESPINDOLA

**ANÁLISE DO MERCADO E O PROCESSO DE TROPICALIZAÇÃO DA
TECNOLOGIA DE DRONES NO BRASIL**

FLORIANÓPOLIS, 2023.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

CAROLINE DA CUNHA ESPINDOLA

**ANÁLISE DO MERCADO E O PROCESSO DE TROPICALIZAÇÃO DA
TECNOLOGIA DE DRONES NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido
ao Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Santa Catarina como parte
dos requisitos para a formação em Bacharel
em Engenharia Elétrica.

Orientador:
Prof. Daniel Tenfen, Dr.

Coorientador:
Prof. Leandro Medeiros Sebastião, Me.

FLORIANÓPOLIS, 2023.

ANÁLISE DO MERCADO E O PROCESSO DE TROPICALIZAÇÃO DA TECNOLOGIA DE DRONES NO BRASIL

CAROLINE DA CUNHA ESPINDOLA

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro(a) Eletricista e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 29 de Junho, 2023.

Banca Examinadora:

Daniel Tenfen, Dr. Eng.

Leandro Medeiros Sebastião, Me. Eng.

Gabriel Beu Nogueira de Macedo, Me. Eng.

Luiz Antônio Torres Júnior, Eng.

RESUMO

Os drones são veículos aéreos não tripulados comandados remotamente. Assim, como em outros países, o crescimento do mercado de drones acontece de maneira exponencial, o que abre espaço para o investimento de diversas empresas em diferentes segmentos, como hardware, software e a prestação de serviços. Desta forma, no presente trabalho é estudado e comparado o tamanho de mercado global apresentado por três empresas de pesquisa, apresentando um estudo sobre o mercado brasileiro de drones para uso profissional, com o objetivo de dimensionar o tamanho do mercado, através da base de dados do SISANT e uma pesquisa de preços no mercado. A partir dos resultados obtidos, aplicou-se o Modelo de Bass, no qual estabeleceu-se uma estimativa da adesão da tecnologia de drones para uso profissional no Brasil para os próximos anos, no qual são considerados os cenários otimista, conservador e real até 2040. O trabalho também propõe uma metodologia detalhada para a aplicação dos processos de montagem OEM (*Original Equipment Manufacturer*), SKD (*Semi Knock-Down*) e CKD (*Completely Knock-Down*) para o modelo de drone Jadger 2, de forma a apresentar fluxogramas de processos de desenvolvimento e fabris, que envolvem às áreas de SMD (*Surface Mount Device*), montagem e testes.

Palavras-chave: Drone. OEM. SKD. CKD. Mercado de drones. Modelo de Bass.

ABSTRACT

Drones are remotely controlled unmanned aerial vehicles. Thus, as in other countries, the growth of the drone market is exponential, which makes room for investment by several companies in different segments, such as hardware, software and the provision of services. In this way, in the present work, the global market size presented by three research companies is studied and compared, presenting a study on the Brazilian market of drones for professional use, with the objective of dimensioning the market size, through the database of SISANT and a market price survey. From the results obtained, the Bass Model was applied, in which an estimate of the adherence of drone technology for professional use in Brazil for the next years was established, in which optimistic, conservative and real scenarios are considered until 2040. The work also proposes a detailed methodology for the application of OEM (Original Equipment Manufacturer), SKD (Semi Knock-Down) and CKD (Completely Knock-Down) assembly processes for the Jagger 2 drone model, in order to present flowcharts of development and manufacturing processes, which involve the areas of SMD (Surface Mount Device), assembly and testing.

Keywords: Drone. OEM. SKD. CKD. Drone Market. Bass model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de difusão da inovação.....	25
Figura 2 – Curva de adoção da inovação.....	26
Figura 3 – Eixo x, y e z da hélice.....	30
Figura 4 – Imagem térmica e visual	35
Figura 5 – GCS simples	37
Figura 6 – GCS completa.....	38
Figura 7 – Drone Jadger 2.....	72
Figura 8 – Fluxograma do processo produtivo de drones em OEM	74
Figura 9 – Fluxograma das etapas iniciais do processo produtivo de drones em CKD e SKD	76
Figura 10 – Frame superior do drone Jadger 2	78
Figura 11 – Frame inferior do drone Jadger 2.....	79
Figura 12 – Fluxograma do processo de montagem do drone em SKD.....	80
Figura 13 – Frame inferior do drone Jadger 2 após montagem	81
Figura 14 – Fluxograma do processo de testes	82
Figura 15 – Fluxograma do processo de montagem final.....	85
Figura 16 – Fluxograma macro do processo de montagem do drone Jadger 2 em CKD	86
Figura 17 – Fluxograma do processo de SMT	87

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Segmentos do mercado de drones	45
Gráfico 2 – Crescimento do mercado global de drones, segundo Drone Industry Insights.....	46
Gráfico 3 – Crescimento do mercado global de drones, segundo Verified Market Research.....	48
Gráfico 4 – Crescimento do mercado global de drones, segundo Fact.MR	50
Gráfico 5 – Número de cadastros no SISANT	56
Gráfico 6 – Número de cadastros por linha de drone DJI.....	58
Gráfico 7 – Principais aplicações dos drones cadastrados	59
Gráfico 8 – Número de cadastros para uso profissional por linha de drone DJI.....	60
Gráfico 9 – Projeção de novos drones para uso profissional	64
Gráfico 10 – Projeção acumulada de drones para uso profissional	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pesquisa de preço em vendas	61
Tabela 2 – Ticket médio através dos drones cadastrados	62
Tabela 3 – Estimativa do número de drones para uso profissional de 2021 à 2030	63
Tabela 4 – Estimativa do número de drones para uso profissional de 2031 à 2040	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGL	<i>Above Ground Level</i> (Acima do Nível do Solo)
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
API	<i>Application Programming Interface</i> (Interface de Programação de Aplicação)
ASIC	<i>Application-specific Integrated Circuit</i> (Circuito Integrado para Aplicação Específica)
BOM	<i>Bill of Materials</i> (Lista de Materiais)
BLDC	<i>Brushless DC Motor</i> (Motor CC Sem Escova)
BVLOS	<i>Beyond Visual Line-Of-Sight</i> (Além da Linha de Visada Visual)
CAGR	<i>Compound Annual Growth Rate</i> (Taxa de Crescimento Anual Composta)
CBT	Companhia Brasileira de Tratores
CKD	<i>Completely Knock-Down</i> (Completamente Desmontado)
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
ESC	<i>Electronic Speed Controller</i> (Controlador Eletrônico de Velocidade)
EVLOS	<i>Extended Visual Line of Sight</i> (Linha de Visada Visual Extendida)
FFA	<i>Federal Aviation Administration</i> (Administração da Aviação Federal)
FPGA	<i>Field Programmable Gate Array</i> (Matriz de Portas Lógicas Programáveis)
GCS	<i>Ground Control Station</i> (Estação de Controle Terrestre)
GLONASS	<i>Global Navigational Satellite System</i> (Sistema Global de Navegação por Satélite)
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i> (Sistema Global de Navegação por Satélite)

GPS	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamento Global)
IA	Inteligência Artificial
ICA	Instrução do Comando da Aeronáutica
IMU	<i>Inertial Measurement Unit</i> (Unidade de Medida Inercial)
IN	Instrução Normativa
IOT	<i>Internet of Things</i> (Internet das Coisas)
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MOQ	<i>Minimal Order Quantity</i> (Quantidade Mínima de Encomenda)
MCU	<i>Microcontroller Unit</i> (Unidade Microcontroladora)
MPU	<i>Microprocessor Unit</i> (Unidade Microprocessadora)
MTOW	<i>Maximum Take-Off Weight</i> (Peso Máximo de Decolagem)
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i> (Fabricante Original do Equipamento)
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
PCB	<i>Printed Circuit Board</i> (Placa de Circuito Impresso)
PME	Pequenas e Médias Empresas
PPB	Processo Produtivo Básico
PTH	<i>Pin Through Hole</i> (Componente de furo)
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i> (Modulação por Largura de Pulso)
RBAC	Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i> (Identificação por Radiofrequência)
RGB	<i>Red, Green and Blue</i> (Vermelho, Verde e Azul)
RPAS	<i>Remotely Piloted Aircraft System</i> (Aeronave Remotamente Pilotada)
RPS	<i>Remote Pilot Station</i> (Estação de Pilotagem Remota)
SARPAS	Sistema de Autorização para Acesso ao Espaço Aéreo por Aeronaves Não Tripuladas

SDK	<i>Software Development Kit</i> (Kit de Desenvolvimento de Software)
SKD	<i>Semi Knock-Down</i> (Semi Desmontado)
SISANT	Sistema de Aeronaves Não Tripuladas
SISCEAB	Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro
SMD	<i>Surface Mount Device</i> (Componente Montado em Superfície)
SMT	<i>Surface Mount Technology</i> (Tecnologia de Montagem em Superfície)
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i> (Veículo Aéreo Não Tripulado)
UAS	<i>Unmanned Aerial System</i> (Sistema Aéreo Não Tripulado)
USB	<i>Universal Serial Bus</i> (Porta Universal)
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
VLOS	<i>Visual Line of Sight</i> (Linha de Visada Visual)
VMS	<i>Video Management System</i> (Sistema de Gerenciamento de Vídeo)
VOx	<i>Vanadium Oxide</i> (Óxido de Vanádio)
VTOL	<i>Vertical Take-Off and Landing</i> (Decolagem e Aterragem Vertical)
WDR	<i>Wide Dynamic Range</i> (Ampla Faixa Dinâmica)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Justificativa	16
1.2	Definição do Problema	16
1.3	Objetivo Geral.....	17
1.4	Objetivos Específicos.....	17
1.5	Estrutura do Trabalho.....	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1	Órgãos e legislações	19
2.1.1	ANAC e a RBAC-E94.....	19
2.1.2	MAPA e a Portaria Nº 298.....	21
2.1.3	DECEA e a ICA 100-40.....	21
2.1.4	ANATEL e a Resolução Nº 715	22
2.2	Estudo de mercado e o modelo de Bass	23
2.2.1	Estudo de mercado	23
2.2.2	Modelo de Bass	24
2.3	Principais partes e peças	28
2.3.1	Componentes embarcados	28
2.3.1.1	<i>Módulo GNSS.....</i>	<i>29</i>
2.3.1.2	<i>Hélices</i>	<i>29</i>
2.3.1.3	<i>Motor.....</i>	<i>30</i>
2.3.1.4	<i>Bateria.....</i>	<i>31</i>
2.3.1.5	<i>Controlador eletrônico de velocidade</i>	<i>32</i>
2.3.1.6	<i>Controlador de voo.....</i>	<i>33</i>
2.3.2	<i>Payload</i>	<i>33</i>
2.3.3	Estação de pilotagem remota.....	35
2.3.3.1	<i>Radiocontrole</i>	<i>35</i>
2.3.3.2	<i>Ground Control Station (GCS)</i>	<i>36</i>
2.3.3.3	<i>Softwares de gerenciamento de voo e VMS</i>	<i>38</i>
2.4	Meios de internacionalização de produtos	39
2.4.1	CKD	39
2.4.2	SKD.....	40
2.4.3	OEM.....	41
3	ESTUDO DO MERCADO DE DRONES	43
3.1	Mercado global.....	43
3.1.1	Metodologia.....	43
3.1.2	Drone Industry Insights	44
3.1.3	Verified Market Research.....	47
3.1.4	Fact.MR.....	49
3.1.5	Comparação entre pesquisas	51
3.2	Mercado brasileiro	53
3.2.1	Tamanho de mercado baseado em pesquisa	53
3.2.2	Estimativa do tamanho de mercado de <i>hardware</i> para uso profissional baseado no SISANT	54
3.2.2.1	<i>Base de dados</i>	<i>55</i>
3.2.2.2	<i>Análise de dados.....</i>	<i>55</i>
3.2.2.3	<i>Tamanho de mercado de hardware para uso profissional</i>	<i>59</i>

3.3	Aplicação do modelo de Bass	62
3.4	Principais fabricantes	65
3.4.1	DJI	66
3.4.2	Parrot	67
3.4.3	Skydio	68
3.4.4	XAG	69
3.4.5	JOUAV	70
4	TROPICALIZAÇÃO DE DRONES	71
4.1	OBJETO DE ESTUDO.....	71
4.2	OEM.....	72
4.2.1	Premissas	73
4.2.2	Processo produtivo em OEM	73
4.3	SKD E CKD	75
4.3.1	Etapa inicial dos processos produtivos em SKD e CKD.....	76
4.3.2	SKD.....	77
4.3.2.1	<i>Premissas</i>	<i>77</i>
4.3.2.2	<i>Processo produtivo em SKD</i>	<i>78</i>
4.3.3	CKD	85
4.3.3.1	<i>Premissas</i>	<i>85</i>
4.3.3.2	<i>Processo produtivo em CKD</i>	<i>86</i>
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
	REFERÊNCIAS	92

1 INTRODUÇÃO

Os termos drone (do inglês, Zangão), UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*) e UAS (*Unmanned Aerial System*) fazem parte da cronologia de nomes que foram utilizados durante os anos para definir os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT). O DECEA (Departamento de Controle do espaço Aéreo) define esta tecnologia na legislação ICA (Instrução do Comando da Aeronáutica) 100-40/2020 (BRASIL, 2020): “Qualquer aparelho que possa sustentar-se na atmosfera, a partir de reações do ar que não sejam as reações do ar contra a superfície da terra, e que se pretenda operar sem piloto a bordo.”

A Grã-Bretanha e os Estados Unidos desenvolveram os primeiros drones durante o período da Primeira Guerra Mundial. O *Aerial Target* da Grã-Bretanha, uma pequena aeronave controlada por radiofrequência, foi testada pela primeira vez em março de 1917, enquanto o protótipo americano conhecido como *Kettering Bug* voou pela primeira vez em outubro de 1918. Por mais que os modelos tenham sido desenvolvidos com sucesso durante a guerra, ambos não foram utilizados para fins militares neste período. (PALIK; NAGY, 2019)

Em 1935, os britânicos produziram vários aviões controlados por rádio para serem usados como alvos para fins de treinamento. Acredita-se que o termo drone, começou a ser usado nesta época, inspirado no nome do modelo DH.82B *Queen Bee*. O substantivo “drones” é definido como *male bee* no inglês, e pode ser traduzido para zangão. (NEWCOME, 2004)

Em 1977, o israelita Abe Karem, foi para os Estados Unidos ajudar a controlar o drone *Aquila*, no qual eram necessárias 30 pessoas para operar o veículo aéreo. Ao verificar o enorme esforço necessário para fazer o veículo levantar voo, Karem decidiu fundar uma empresa para desenvolver drones com pouca tecnologia. A empresa Leading System deu origem ao *Albatross*, que possuía uma autonomia de bateria de até 56 horas, de acordo com os cálculos, e eram necessárias apenas três pessoas para controlar o drone. Após demonstrações do produto, a empresa recebeu investimentos para o desenvolvimento e aprimoramento do produto, o que originou os pequenos e médios drones conhecidos atualmente. (WHITTLE, 2013)

No Brasil, o primeiro drone ficou conhecido como BQM1BR, e foi fabricado pela CBT (Companhia Brasileira de Tratores). O modelo realizou o primeiro voo em 1983, e era utilizado como alvo aéreo. Posteriormente, a Embravant produziu o modelo Gralha Azul, uma aeronave com 4 metros de envergadura e autonomia de bateria de 3 horas, como o objetivo de ser utilizado na agricultura de precisão brasileira. (PAZIM, 2021)

Nos últimos 10 anos, esta tecnologia sofreu diversas melhorias e inovações. Anteriormente, os drones eram utilizados apenas para fins militares. No início de 2010, uma série de novos usos foram propostos para os drones, por exemplo, o uso como veículos de entrega, recreativos, e agrícolas, o que atraiu diversas empresas para este mercado. (PALIK; NAGY, 2019)

Com esta crescente do uso de drones no mundo, a utilização dos mesmos precisou ser regulamentada pelos países, para que houvesse o controle do espaço aéreo, por ser uma área de interesse público e finito, assim como estratégico para a defesa nacional. No território brasileiro os drones são regulamentados por quatro órgãos, segundo o Governo Federal (2022), a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações), ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo) e MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento).

O processo de “tropicalização” de um produto é a adaptação de um produto proveniente do mercado exterior, à realidade do consumidor brasileiro. Desta forma, as empresas brasileiras olham o mercado internacional, através de feiras internacionais, por exemplo, em busca de produtos inovadores e tecnológicos, que fazem sentido para o mercado brasileiro, e que possam ser adaptados à capacidade produtiva da empresa em questão, e também à capacidade financeira dos consumidores brasileiros. (MORAES, 2006)

Para os drones, a tropicalização inclui desde a adaptação do *firmware* presente no rádiocontrole do produto até a inclusão do selo da ANATEL após a homologação do mesmo, para que o produto esteja de acordo com a regulamentação brasileira (BRASIL, 2022). Além disso, o processo de montagem do drone varia entre empresas que produzem todas as partes do produto, e outras empresas, que em parceria com fornecedores, realizam o processo de importação do produto em OEM

(*Original Equipment Manufacturer*), CKD (*Completely Knock-Down*) ou SKD (*Semi Knock-Down*) de um produto do mercado internacional. (TULDER; RUIGROK, 1997).

1.1 Justificativa

O uso de drones avança a cada ano com novas funções, meios de operação, baterias e aplicações. No setor de energia elétrica, as aeronaves possuem atuação em segmentos como solar, eólico, petróleo e gás, ao realizar funções como inspeções com câmeras térmicas e a visualização de danos nas estruturas com a utilização de câmeras com zoom óptico, sem a necessidade de pessoas se submeterem a trabalhos de altura, e com a redução de custos, se a necessidade de utilização de helicópteros, por exemplo.

Segundo a Drone Industry Insights (2022), o mercado global de drones deve alcançar U\$ 41,3 bilhões em 2026 e serão U\$ 6 bilhões gerados através do mercado de energia, estes valores consideram os segmentos de *hardware*, *software* e serviços. O segmento de energia terá a maior relevância no mercado global de drones.

Com base nestes dados, entende-se que o mercado de drones deve atrair muitas empresas e investidores. No Brasil, a tecnologia foi regularizada apenas em 2017. Apesar de recente, o mercado brasileiro é o maior mercado de drones da América Latina, com 103.172 aeronaves registradas pela ANAC (2022). Através das regulamentações, e da simplificação de algumas legislações para o uso de drones no Brasil, este número deve aumentar cada vez mais nos próximos anos, com novas aplicações para a tecnologia, o que justifica os estudos realizados neste trabalho.

1.2 Definição do Problema

Os drones são relativamente novos no mercado brasileiro, mas se tornaram populares com o passar dos anos, com aplicações em uma grande variedade de áreas relacionadas a serviços, comércio e negócios. Os veículos aéreos não tripulados, ou drones, como comercialmente são conhecidos, podem ser utilizados na indústria, pois além de serem eficientes, podem atuar de forma rápida e precisa. (WILSON, 2013)

Desta forma, com o crescimento do mercado de drones, empresas que venham a investir no ramo devem estar atentas às regulamentações do mercado, principais fabricantes globais e regionais, avanço de tecnologias para melhorias de funcionalidades e operação dos RPAS, desta forma justifica-se a importância de estudos relacionados a este tema.

Portanto, questiona-se: o mercado de drones no Brasil se mostra atrativo, mas qual seria o tamanho do mercado para uso profissional em 2040? A tropicalização através dos métodos de montagem em OEM, SKD e CKD são meios de trazer a tecnologia de drones para o Brasil, porém quais são os processos necessários para implementar estes métodos de montagem?

1.3 Objetivo Geral

Analisar o mercado brasileiro de drones e o processo de tropicalização de drones no Brasil.

1.4 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral do trabalho, foram elencados os seguintes objetivos específicos:

- a) compreender as regulamentações impostas pela ANATEL, ANAC, DECEA e MAPA, referente a utilização de drones no Brasil;
- b) identificar os maiores fabricantes de drones presentes no mercado brasileiro, com base em dados coletados juntos ao SISANT (Sistema de Aeronaves Não Tripuladas);
- c) estipular o tamanho de mercado brasileiro de drones para uso profissional, com base em relatórios de pesquisas e no SISANT;
- d) propor o processo de tropicalização da tecnologia de drones para um objeto de estudo, de acordo com os processos de fabricação OEM (*Original Equipment Manufacturer*), SKD (*Semi Knock-Down*) e CKD (*Completely Knock-Down*).

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho desenvolvido está estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo, a introdução, apresenta o tema a ser abordado no trabalho, define a problemática a ser estudada, e, por fim, apresenta os objetivos gerais e específicos.

O segundo capítulo consiste na fundamentação teórica, que apresenta os principais temas do trabalho, como a classificação dos drones, de acordo com as normas da ANAC; o estudo de mercado e a teoria da difusão da inovação, através do modelo de Bass; a composição dos drones, principais partes e peças; os principais meios de internacionalização da tecnologia.

O terceiro capítulo apresenta o estudo do mercado de drones, onde são apresentados três estudos realizados por empresas da área que estimam tamanhos de mercado global diferentes. Além disso, é estimado o tamanho de mercado de *hardware* para uso profissional com base nos dados cadastrados no SISANT.

O quarto capítulo propõe o processo produtivo para um objeto de estudo. São considerados os métodos de montagem OEM, SKD e CKD adaptados para o drone em questão, onde são expostas as descrições das etapas de montagem e fluxogramas. O quinto capítulo apresenta as considerações finais sobre o estudo proposto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados os principais tópicos que fornecem a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento do trabalho. Os tópicos abordados são relacionados aos órgãos regulamentadores e as legislações pertinentes aos drones; o estudo de mercado e o método de difusão da inovação; uma análise técnica do drone, onde são apresentadas as principais partes e peças do mesmo; e os meios de internacionalização de produtos.

2.1 Órgãos e legislações

No Brasil, os drones são classificados de acordo com a norma estabelecida pela ANAC, a RBAC-E nº 94 (BRASIL, 2017). Os RPAS são classificadas de acordo com o *Maximum Take-Off Weight* (MTOW), em português, Peso Máximo de Decolagem, na unidade quilogramas (kg), o qual deve considerar os pesos da bateria ou combustível do equipamento e de carga eventualmente transportada. As aeronaves podem ser divididas em três classes:

- a) Classe 1 - RPAS com peso máximo de decolagem maior que 150 kg;
- b) Classe 2 - RPAS com peso máximo de decolagem maior que 25 kg e menor ou igual a 150 kg;
- c) Classe 3 - RPAS com peso máximo de decolagem maior que 250 g e até 25 kg. Esta classe também inclui os aeromodelos ou RPA com peso máximo de decolagem de até 250 g, que são dispensados de vários requisitos.

Os drones são regulamentados pelo MAPA, DECEA, ANATEL e ANAC no Brasil. Estes órgãos possuem portarias e legislações específicas para a utilização de drones que devem ser seguidas pelo usuário para que garanta a segurança de terceiros e do espaço aéreo.

2.1.1 ANAC e a RBAC-E94

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) tem como responsabilidade fiscalizar as atividades da aviação civil e a infraestrutura aeronáutica e aeroportuária

no Brasil. O trabalho da ANAC consiste em elaborar normas, certificar empresas, oficinas, escolas, profissionais da aviação civil, aeródromos e aeroportos e fiscalizar as operações de aeronaves, de empresas aéreas, de aeroportos e de profissionais do setor, com foco na segurança e na qualidade do transporte aéreo. (ANAC, 2022)

A ANAC criou regras para as operações civis de aeronaves não tripuladas, e além disso criou o Sistema de Aeronaves Não Tripuladas (SISANT), em maio de 2017, para cadastrar os drones no sistema, e auxiliar o desenvolvimento do setor de drones no Brasil. No início de 2022, o sistema contava com mais de 90 mil drones cadastrados. (ANAC, 2022)

Neste ano, a ANAC simplificou as regras para o uso de drones agrícolas. A Resolução Nº 710, de 31 de março de 2023, classifica os RPAS que são utilizados durante a aplicação de agrotóxicos e afins, adjuvantes, fertilizantes, inoculantes, corretivos e sementes sobre áreas desabitadas, como Classe 3, independentemente do peso máximo de decolagem, para operações VLOS (*Visual Line of Sight*) ou EVLOS (*Extended Visual Line of Sight*) e até 400 pés (120 metros) AGL (*Above Ground Level*). (BRASIL, 2023) Com a flexibilização dos drones para uso agrícola, a ANAC tem como objetivo incentivar o desenvolvimento da tecnologia para este tipo de aplicação.

O Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94/2017 (RBAC-E nº 94/2017) criado pela ANAC, regulamenta a utilização de aeronaves não tripuladas de uso civil, comumente conhecidas comercialmente como drones. O documento tem como objetivo promover um desenvolvimento sustentável e seguro para o setor e, assim, implementar algumas restrições operacionais necessárias para garantir a segurança de terceiros. (BRASIL, 2017)

A regulamentação apresenta definições gerais, regras de voo, o processo de registro de drones através do SISANT, o processo para obtenção da autorização de projeto de RPAS, e certificados de aeronavegabilidade. Além disso, todos os requisitos de pré-voo, voo, e as responsabilidades do operador e observador, assim estabelece as condições para a operação de aeronaves não tripuladas no Brasil de acordo com o atual estágio do desenvolvimento desta tecnologia. (BRASIL, 2017)

2.1.2 MAPA e a Portaria Nº 298

O MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) regulamenta a utilização de drones em atividades agropecuárias, como a aplicação de agrotóxicos, fertilizantes, inoculantes, corretivos e sementes. O principal objetivo do MAPA é simplificar os procedimentos e adequar as exigências legais à tecnologia, em busca de trazer segurança operacional na utilização dos drones agrícolas. (BRASIL, 2021)

Em 2020, o MAPA colocou em consulta pública uma proposta de Instrução Normativa (IN) para regulamentação do uso de drones, em atividades agropecuárias, para drones de 25 kg até 150 kg de peso total, destinados ao uso agrícola. (BRASIL, 2020) Em 2021, a Portaria Nº 298 foi estabelecida após a consulta pública.

A Portaria Nº 298 foi estabelecida pelo MAPA em setembro de 2021, com o intuito de estabelecer regras para operação de aeronaves remotamente pilotadas destinadas à aplicação de agrotóxicos e afins. O documento prevê o registro de operadores de RPA junto ao MAPA, através de requerimento no Sistema Integrado de Produtos e Estabelecimentos Agropecuários – SIPEAGRO, que engloba o corpo técnico qualificado, com pilotos com curso de piloto agrícola remoto e responsável técnico para coordenar as atividades. (BRASIL, 2021)

Também abordados os requisitos das aeronaves e equipamentos, e o plano de destinação de resíduos; o registro de entidades de ensino para ministrarem curso de piloto agrícola remoto; os requisitos operacionais e de segurança operacional, que envolve a segurança aos operadores e distâncias mínimas a serem respeitadas nas aplicações. (BRASIL, 2021)

2.1.3 DECEA e a ICA 100-40

O Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) é o órgão responsável por controlar o espaço aéreo brasileiro, prestar serviços de navegação aérea, viabilizar voos e organizar o fluxo do tráfego aéreo no país. O Comando da Aeronáutica tem como responsabilidade comandar o DECEA, e este gerencia 13 organizações que fazem parte do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB) e são responsáveis pelas atividades operacionais atribuídas ao DECEA. (DECEA, 2018)

De acordo com o artigo 8º da Convenção sobre Aviação Civil Internacional, assinada em Chicago em 7 de dezembro de 1944 e alterada pela Assembleia da OACI (Doc 7300), referida como “Convenção de Chicago”, nenhuma aeronave pode voar sem piloto e cada Estado deve conceber permissão a qualquer indivíduo ou organização que deseje pilotar uma aeronave sem piloto. (CONVENÇÃO DE AVIAÇÃO CIVIL INTERNACIONAL, 1944) Assim, os drones necessitam da regulamentação do DECEA, pois são consideradas aeronaves não tripuladas.

A ICA 100-40 que regulamenta o acesso de drones ao espaço aéreo brasileiro, foi reeditada pelo DECEA em junho de 2020. A norma tem como objetivo regulamentar os procedimentos e responsabilidades necessários para o acesso seguro ao Espaço Aéreo Brasileiro por aeronaves não tripuladas. (BRASIL, 2020)

Após cumprir todas as etapas de certificação e habilitação ou emissão da documentação, por parte das autoridades reguladoras, a solicitação para o acesso ao Espaço Aéreo é feita através do SARPAS (Sistema de Autorização para Acesso ao Espaço Aéreo por Aeronaves Não Tripuladas). (BRASIL, 2020)

A solicitação realizada por meio do SARPAS, contém informações como local de voo, tempo de voo, altitude e modelo da aeronave. Após aberta a solicitação, a mesma é direcionada ao órgão regional responsável pelo espaço aéreo requerido, com base no ponto de decolagem inserido no sistema. A operação do drone deve ser realizada no volume de espaço aéreo solicitado, e se estabelece como responsabilidade do operador o cumprimento do previsto e autorizado. (BRASIL, 2020)

2.1.4 ANATEL e a Resolução Nº 715

A Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) foi estabelecida em 1977, com base na Lei Geral das Telecomunicações (Lei 9.472, de 16 de julho de 1997), e esta foi a primeira agência reguladora do Brasil. (BRASIL, 2021)

A ANATEL tem como principais atividades a implementação da política nacional de telecomunicações, administração do espectro de radiofrequências e o uso de órbitas, certificação de produtos, prevenção e repressão das infrações da ordem econômica. (BRASIL, 2021)

O drone utiliza a radiofrequência na comunicação entre o rádiocontrole e a aeronave. Por conta disso, a tecnologia deve atender a Resolução Nº 715, de outubro de 2019, na qual todos os produtos transmissores e transceptores que façam uso do espectro eletromagnético devem ser homologados pela ANATEL. (BRASIL, 2019)

De acordo com a Resolução nº 715/2019 da Anatel, os produtos somente poderão ser comercializados em território nacional caso haja Certificado de Conformidade Técnica válido e homologado pela Agência, independente do peso total do drone. Além da bateria de testes realizados para a concepção do certificado de homologação, o produto deverá receber uma etiqueta com o selo da ANATEL e o número de série do produto. (BRASIL, 2019)

2.2 Estudo de mercado e o modelo de Bass

Existem diversas definições para “mercado”, um dos conceitos é que mercado é definido como um grupo de compradores e vendedores que têm potencial para negociar uns com os outros. (HALL; LIEBERMAN, 2003) No entanto, para Sandroni (2006), o mercado é entendido como o local, teórico ou não, onde são realizadas transações comerciais entre compradores e vendedores. Assim, de forma ampla, ao englobar as duas ideias, o mercado pode ser entendido como uma construção social, onde há uma relação entre a demanda e a oferta em um espaço de interação.

Os tópicos a seguir abordam como é realizado o estudo de mercado, e como o modelo de Bass é aplicado ao mercado.

2.2.1 Estudo de mercado

Segundo Steinbrink (1990), o estudo de mercado busca analisar problemas de transferência e venda de bens e serviços do produtor ao consumidor, o que inclui as relações entre a produção e o consumo, a elaboração dos produtos e a distribuição e venda por atacado ou varejo, e não somente as questões financeiras conexas.

A compreensão de tendências de mercado, através de estudos de mercado, é uma técnica moderna e em constante evolução. Engloba componentes teóricas e práticas, e o principal objetivo é identificar e definir oportunidades e

problemas mercadológicos, e comportamentos de um público diversificado dentro de um determinado mercado, a fim de criar uma estratégia para atuação. (VANDERCAMMEN, 2018)

O estudo de mercado pode ser baseado em dois métodos: pesquisa qualitativa e quantitativa. A pesquisa qualitativa é realizada através de perguntas e respostas e a análise dos dados obtidos é indutiva, ou seja, após considerar um número suficiente de respostas, conclui-se uma verdade geral. A pesquisa quantitativa é uma abordagem que procura testar teorias objetivas, através da verificação de relações entre variáveis, que são medidas através de dados numéricos. (CRESWELL; CRESWELL, 2021)

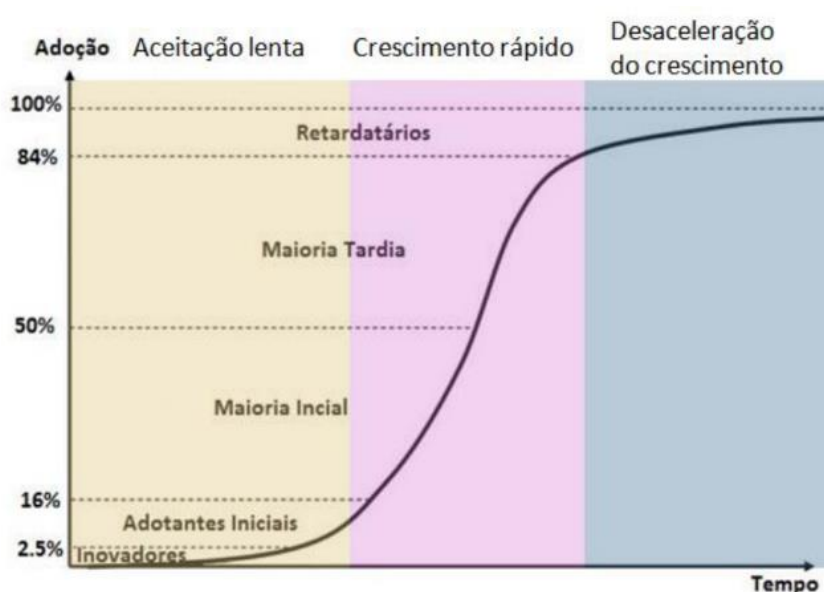
A realização de um estudo de mercado envolve diversas etapas. A primeira etapa é a elaboração do projeto, no qual são definidos o problema, objetivo, hipóteses, metodologia, amostra, orçamento e prazo. Em seguida, são elaborados os instrumentos de coleta de dados, roteiro ou perguntas, é realizado um teste com uma pequena parcela do público-alvo para validar a metodologia de pesquisa utilizada. Caso a validação seja positiva, a pesquisa é realizada com toda a amostra, e após a coleta de dados é realizada uma análise e interpretação dos dados obtidos. (FARIA; FARIA, 2009)

2.2.2 Modelo de Bass

Existem modelos matemáticos que possuem como objetivo prever o comportamento do mercado para um novo produto, através da teoria de difusão de inovação. A teoria da difusão de inovação explica como ocorre o processo pelo qual uma inovação – uma ideia, tecnologia ou objeto – é comunicada através de certos canais ao longo do tempo entre os membros de um sistema social, e são adotadas pela população através de redes interpessoais. As redes interpessoais se dão quase que em pares, no qual um usuário da nova tecnologia transmite informações avaliativas sobre a inovação para outra pessoa, e esta é persuadida a adotar a nova tecnologia. Assim, a adoção a inovação é expandida exponencialmente ao longo do tempo. (ROGERS, 2003)

A Figura 1 mostra o processo de difusão tecnológica, que é baseada em uma curva de distribuição normal, em uma base de frequência que toma a forma sigmoide (“S”) quando traçada sobre uma base cumulativa. A adesão de uma inovação pelo mercado passa por três fases de crescimento: aceitação lenta, crescimento rápido e desaceleração do crescimento, ambas as fases dependem do quão rápido a sociedade irá adotar a inovação. (ROGERS, 2003)

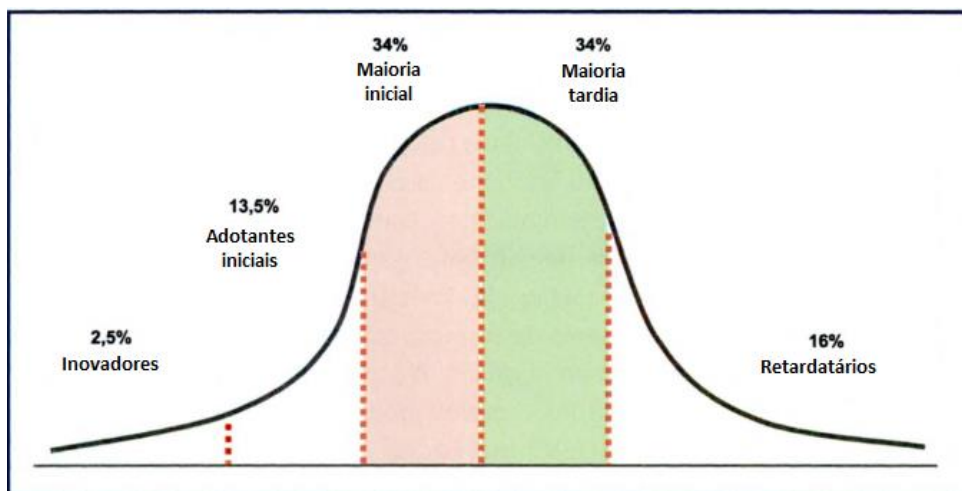
Figura 1 – Processo de difusão da inovação



Fonte: Adaptado de Rogers (1962).

A Figura 2 mostra a curva de adoção da inovação. Os primeiros adeptos da inovação são chamados de inovadores, e são pessoas entusiastas por tecnologia. Os adotantes iniciais são pessoas que veem a oportunidade apresentada pela inovação. A maioria inicial é um grande grupo de pessoas que decide pela adoção da tecnologia somente após comprovar os benefícios da mesma. Já a maioria tardia são pessoas conservadoras, que adotam uma inovação somente após uma maioria de pessoas tê-la experimentado, e por último, os retardatários, que são pessoas amarradas ao tradicional e adotam a inovação somente quando não têm outra escolha. (ALEMÁN; ESCUDERO, 2007)

Figura 2 – Curva de adoção da inovação



Fonte: Adaptado de Alemán e Escudero (2007).

Frank M. Bass, criou em 1969, um modelo matemático que permite entender a difusão tecnológica e prever o comportamento futuro, que teve como referência os estudos de Everett M. Rogers de 1962. O trabalho de Bass é considerado um dos modelos de difusão da inovação mais conhecido e utilizado. (ALEMÁN; ESCUDERO, 2007)

O modelo de Bass presume que existe um conjunto fixo de potenciais consumidores tecnológicos que adotarão a tecnologia apenas uma vez durante todo o ciclo de vida da tecnologia. Dada esta restrição, o modelo de Bass torna-se mais efetivo a produtos com baixa frequência de compra, como os bens de consumo duráveis. (BASS, 1969)

Além disso, o modelo também considera que a adoção da tecnologia é motivada através de conversas e interações entre pessoas adeptas da tecnologia e não adeptas, onde estas são persuadidas por experiências positivas de pessoas adeptas a tecnologia. (BASS, 1969)

O modelo matemático de Bass é descrito pelas Equações (1) e (2), adaptada do autor Bass (1969).

$$f(t) = (p + qF(t))(1 - F(t)) \quad (1)$$

$$F(t) = \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{p}{q} e^{-(p+q)t}} \quad (2)$$

Onde:

$f(t)$ = probabilidade de adoção do produto no tempo t ;

$F(t)$ = distribuição acumulada;

p = coeficiente de inovação. É a probabilidade de um cliente adotar o produto por conta de características inovadoras;

q = coeficiente de imitação. É a probabilidade de um cliente comprar o produto por influência de outros usuários.

A Equação (3), adaptada de Leeflang, Wittink, Wedel e Naert (2000), calcula a demanda para o período t :

$$n_t = \frac{dN_t}{dt} = p(M - Nt) + q \frac{1}{M} N_t(M - Nt) \quad (3)$$

Onde:

n_t = previsão de vendas para o período t ;

N_t = compras acumuladas de produtos até o início do período t ;

M = tamanho do mercado potencial.

A Equação (4), adaptada do autor Bass (1969), estima os novos usuários da tecnologia ao longo do tempo t , e através do resultado obtido gera-se a curva de adesão.

$$S(t) = m \cdot f(t) \quad (4)$$

Onde:

m = mercado potencial final.

De acordo com as equações do modelo de Bass, quando o mercado potencial (m) é muito grande e a tecnologia é recente, o modelo representa um mercado um crescimento exponencial. Quando o coeficiente de inovação (p) é muito baixo, o modelo se aproxima da dinâmica de uma curva Pearl, onde representa um padrão simétrico de crescimento em forma de S. Já quando o coeficiente de imitação (q) é muito alto, o modelo se aproxima a uma curva de Gompertz, que representa um padrão assimétrico de crescimento. (DUIN, 2016)

A Equação (5), adaptada do autor Bass (1969), estima o ano em que acontecerá o pico da curva de adesão.

$$T = \frac{1}{(p+q)} \ln \left(\frac{q}{p} \right) \quad (5)$$

2.3 Principais partes e peças

O drone é composto por uma série de peças e partes com diferentes funcionalidades, que são controladas em conjunto para que seja possível realizar voos. Na sequência são descritas as principais partes e peças dos drones multirotores: componentes embarcados, *payload* e estação de solo.

2.3.1 Componentes embarcados

O drone possui diversos componentes que atuam em conjunto para enviar e receber informações, e tomar ações de forma segura. Os principais componentes embarcados na aeronave são o módulo GNSS (*Global Navigation Sattelite System*, em português Sistema Global de Navegação por Satélite), as hélices, os motores, o controlador eletrônico de velocidade e o controlador de voo, abaixo são descritos as principais funções e funcionamento destes componentes.

2.3.1.1 Módulo GNSS

O módulo GNSS é responsável por fornecer a localização do drone para o sistema de controle. Este pode ser GPS (*Global Positioning System*, em português Sistema de Posicionamento Global), desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, Galileo (Europa), GLONASS (*Global Navigational Satellite System*) (Rússia), ou Beidu (China). (KOLOKOTRONIS; SHIAELES, 2021)

O módulo utiliza os sinais enviados por vários satélites em órbita ao redor da Terra para determinar a localização geográfica do drone. O controlador de voo de um drone utiliza, pelo menos, um módulo GNSS, a medição da localização é realizada através do tempo que um sinal leva para viajar de um satélite ao drone. (SEBBANE, 2022)

É também função do módulo GNSS informar a estimativa de altitude do drone. Porém, o módulo GNSS não é preciso para este tipo de medição, o que torna necessária a utilização de um altímetro para garantir a confiabilidade da informação de altitude. Para garantir o devido funcionamento do módulo GNSS do drone, este é instalado na parte superior do drone, assim fica virado para o céu para captar os sinais dos satélites. (BUCHI, 2022)

A utilização do módulo GNSS permite que o usuário utilize o drone com mais segurança, já que a partir de certa altura não é possível visualizar o drone a olho nu. Assim, com a utilização da câmera e da posição geográfica é possível controlá-lo de forma segura. Além disso, permite que o drone faça voos autônomos, ou seja, é possível indicar pontos, coordenadas geográficas, mais conhecidos como *waypoints*, para que o drone voe sem necessidade de ser controlado através do rádiocontrole pelo operador. (KOLOKOTRONIS; SHIAELES, 2021)

2.3.1.2 Hélices

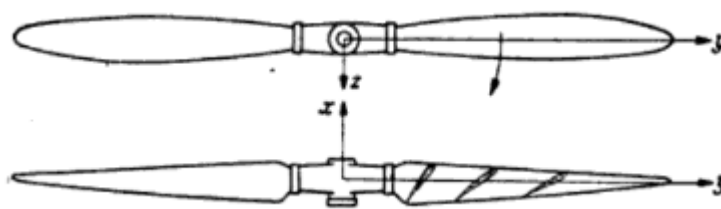
As hélices têm este nome devido ao movimento helicoidal, uma combinação do movimento retilíneo e uma rotação, que ocorre em torno do eixo da hélice. São compostas por um número variável de pás, que quando movimentadas em torno de um eixo produzem uma força propulsora. Cada pá é composta por um

conjunto de perfis aerodinâmicos que criam a forma geométrica da asa para fornecer a sustentação necessária para que os drones multirotores voem. (CONFORT, 2021)

As hélices são fundamentais para mover o drone nas diferentes direções, pois fornecem a propulsão necessária para os movimentos. Existem diferentes tipos de hélices que variam o número de pás e diâmetro, a mais utilizada nos drones multirotores é a hélice bi-pá. (WEINIG, 1948)

Na Figura 3 é possível observar que o eixo da hélice bi-pá é usado como o eixo x e a linha de curvatura média como o eixo y, e o eixo z é perpendicular ao plano xy. Assim, o eixo x indica a direção do voo, enquanto o eixo z aponta para baixo, e o eixo y aponta para a direita de acordo com a direção de voo. (WEINIG, 1948)

Figura 3 – Eixo x, y e z da hélice



Fonte: WEINING (1948).

As hélices são classificadas em direita ou esquerda. As hélices a direita, vistas na direção de voo, quando aplicadas em aeronaves, giram no sentido horário, e as hélices a esquerda giram no sentido anti-horário. Além disto, há uma diferença nos perfis aerodinâmicos, o que implica nos movimentos do drone. (WILSON, 2020)

2.3.1.3 Motor

Os motores utilizados em aeronaves não tripuladas podem ser elétricos ou a combustão. Os motores elétricos são os mais utilizados no mundo, principalmente para drones de multitor, por conta da confiabilidade, simplicidade mecânica e bom funcionamento. De acordo com Büchi (2012), os motores elétricos são chamados de conversores eletromecânicos de energia. Tanto a potência elétrica quanto a potência mecânica são importantes para o usuário. A energia elétrica é relevante para o cálculo

de autonomia, ou seja, quantos minutos para que a bateria seja totalmente descarregada. A potência mecânica é o que vai fazer as hélices se moverem, e gerar força para que a aeronave consiga voar.

O motor BLDC (*Brushless DC Motor*) é o tipo de motor elétrico mais utilizado em drones, que se destaca devido à alta densidade de potência, eficiência e confiabilidade. (MOHANRAJ *et al.*, 2022) A estrutura deste motor é constituída de duas partes: o estator, que abriga os enrolamentos, e o rotor, onde os ímãs permanentes são integrados. Assim, quando os enrolamentos do estator são energizados, o rotor gira, por conta do torque de alinhamento. (MUZAR; LANTEIGNE, 2016)

As categorias de motores BLDC podem ser divididas em motores de fluxo axial e fluxo radial. Os motores de fluxo axial são mais potentes que os motores de fluxo radial, além disso são menores, mais leves e mais eficientes. No entanto, o uso em drones é limitado devido a faixa potência suportada (50 W). Portanto, os motores de fluxo radial são os mais utilizados, e são divididos em duas categorias, os *inrunners*, onde o estator é localizado ao redor do rotor, e os *outrunners*, no qual o rotor envolve o estator. Os *outrunners* são os mais utilizados em drones, pois possuem um torque maior. (MUZAR; LANTEIGNE, 2016)

2.3.1.4 Bateria

Grande parte dos drones existentes no mercado utilizam baterias recarregáveis para a alimentação do sistema. A tecnologia da bateria é um dos fatores mais limitantes para a autonomia do drone, pois ao aumentar a capacidade da bateria, muitas vezes é necessário aumentar o tamanho da mesma, o que implica em aumentar drasticamente o peso do drone, assim é necessária mais potência para que o drone consiga decolar. Portanto, os drones que são alimentados por baterias costumam ser leves. (ROTHSTEIN, 2015)

As baterias utilizadas costumam ser do tipo íon de Lítio (Li-Ion) e, principalmente, as de polímero de Lítio (LiPo). A maior diferença técnica entre estes tipos de bateria está na forma em que o polímero é acoplado, nas baterias do tipo Li-Ion, o mesmo é armazenado em forma líquida, e no tipo LiPo é armazenado como um gel, o que reduz o peso e os custos de fabricação. (PASSERN, 2019)

Baterias do tipo LiPo são capazes de armazenar grandes quantidades de energia, possuem alta taxa de descarga e são leves comparadas a outros tipos de baterias. (HEMANTH; SHAKYA; BAIG, 2019) Este tipo de bateria geralmente consiste em inúmeras células individuais que são conectadas em série. Por padrão, cada célula de bateria do tipo LiPo fornece uma tensão nominal de 3,7 V. (PASSERN, 2019)

O número de células de polímero de lítio presente em uma bateria é indicado nas especificações através do número de células seguido da letra “S”. Por exemplo, uma bateria LiPo 3S é uma bateria de polímero de lítio formada por um conjunto de 3 células conectadas em série, que fornece uma tensão nominal total de 11,1 V para o sistema. (KONDAPALLI, 2018)

2.3.1.5 Controlador eletrônico de velocidade

O controlador eletrônico de velocidade, conhecido como ESC (*Electronic Speed Controller*), é conectado ao módulo de entrada de energia e ao motor. A função do controlador eletrônico de velocidade é ajustar a potência fornecida ao motor de acordo com as informações recebidas da controladora de voo, assim a força de propulsão de cada rotor é controlada a partir da variação de sua velocidade. (SOARES; MACHADO; TROJANOWSKA; YILDIRIM, 2021)

O ESC se comunica com a controladora de voo por meio de sinais PWM (*Pulse Width Modulation*). O PWM funciona através da modulação do *duty cycle* (ciclo ativo) de uma onda quadrada. O *duty cycle* está relacionado à proporção de tempo com fornecimento de energia (largura do pulso) em relação ao período de tempo total. Assim, a controladora de voo envia uma sequência de pulsos de onda quadrada ao ESC, e o mesmo interpreta a duração, e ajusta a velocidade dos motores. (MAYERGOYZ; TYAGI, 2021)

Existem drones no mercado que necessitam de um ESC para cada motor e outros que possuem um ESC para cada dois motores, esta característica depende de cada sistema. Além disso, grande parte dos ESCs existentes no mercado já possuem um *firmware* embarcado, e este determina quais configurações do ESC podem ser alteradas, quais protocolos são suportados e qual interface de configuração pode ser usada. (KONDAPALLI, 2018)

2.3.1.6 Controlador de voo

O controlador de voo é o principal componente computacional do drone, é através do mesmo, que todos os outros componentes são controlados, como os motores e *gimbal*, que é um acessório utilizado em drones com o objetivo de estabilizar a imagem das câmeras acopladas a eles. Além disso, há uma comunicação entre o controlador de voo e o rádiocontrole/estação de solo, para que os comandos de movimento ou configuração, por exemplo, sejam enviados do rádiocontrole para o processamento através da controladora de voo e para que os dados de localização sejam enviados da controladora de voo para o piloto. (BUCHI, 2022)

O circuito do controlador de voo geralmente é formado por microcontroladores, sensoriamento dedicado e memória. Atualmente, usam-se algoritmos inteligentes para executar as funções de voo, como gerenciamento de energia e calibração. Existem diferentes tipos de controladores de voo, de formas e tamanhos variados. (CONFORTI, 2021)

O MCU (*Microcontroller Unit*) e MPU (*Microprocessor Unit*), em português Unidade Microcontroladora e Unidade Microprocessadora, respectivamente, podem ser utilizados para realizar o controle das diversas funcionalidades do drone. Além destes dispositivos, existem controladores de voo de alto desempenho, baseados em uma matriz de portas lógicas programáveis FPGA (*Field Programmable Gate Array*) ou os circuitos integrados para uma aplicação específica ASIC (*Application-specific Integrated Circuit*). O primeiro permite de configurar o *hardware* para desempenhar qualquer combinação de funções digitais, e implementar algoritmos de forma paralela, já o segundo possui alto desempenho e baixo consumo de energia, porém não é possível implementar algoritmos no mesmo. (KOLOKOTRONIS; MUTHUKRISHNAN; SANPINI, 2019)

2.3.2 Payload

Câmeras digitais são um tipo de *payload*, em português, podem ser traduzidos como carga útil. São sensores e acessórios que podem ser acoplados ao frame ou estrutura da aeronave para trazer mais funcionalidades ao drone. Além disso, a palavra *payload* pode ser relacionada à capacidade do drone de voar com objetos, como caixas para realizar *delivery*, por exemplo. (CUSTERS, 2016)

As imagens obtidas em tempo real por um drone são utilizadas para controlar remotamente o drone em um voo BVLOS (*Beyond Visual Line-Of-Sight*), no qual não é possível visualizá-lo a olho nu. (BRASIL, 2021) Além disso, podem ser utilizadas em diversas aplicações, como monitoramento e inspeções.

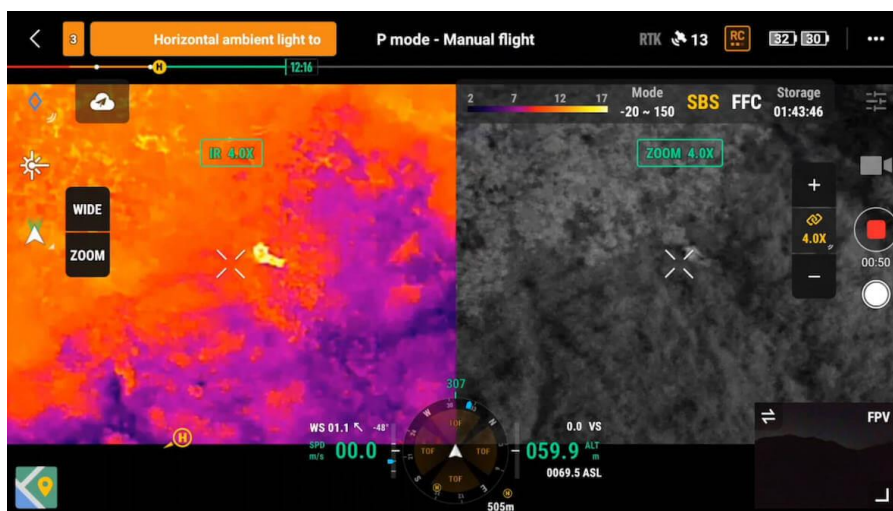
Existem diversos tipos de câmeras no mercado, as mais comuns utilizadas em drones são as câmeras RGB, multiespectral e térmica. As câmeras RGB costumam suportar diversas resoluções, desde resoluções baixas, como 720p, até 4K, que refletem na qualidade da imagem que será obtida. Parâmetros de imagem como brilho, WDR (*Wide Dynamic Range*), zoom, foco e saturação podem ser ajustados através do rádiocontrole para a adequação da câmera ao ambiente em que é utilizada.

As câmeras térmicas conseguem medir a temperatura dos objetos na imagem através de um sensor de infravermelho, assim as imagens são criadas através da radiação emitida por objetos. O modo de funcionamento é semelhante ao das câmeras digitais comuns, a diferença é que as câmeras térmicas são sensíveis a comprimentos de onda de 1000 nm a cerca de 14000 nm. (VOLLMER; MÖLLMANN, 2011)

A imagem gerada pela câmera térmica possui cores diferentes para representar os pontos mais quentes e mais frios, o que facilita a aplicação da tecnologia. O sensor utilizado, normalmente, é do tipo microbolômetro VOx (*Vanadium Oxide*, em português Óxido de Vanádio) sem ventilação. Essa tecnologia é utilizada principalmente na detecção de focos de incêndio, e durante o monitoramento noturno, quando não é possível obter uma imagem nítida com uma câmera RGB comum. (FRAZIER; SINGH, 2021)

A Figura 4 mostra a diferença entre a imagem de uma câmera RGB e a imagem gerada por uma câmera térmica em um cenário noturno. Nota-se que a imagem térmica consegue identificar pontos de calor, que são mostrados ao usuário através de um padrão de cores. A câmera RGB, sem visão noturna, apresenta cores preto e branco por conta da ausência de luz e o modo de captura de imagem, o que torna difícil identificar a pessoa que está localizada embaixo da árvore.

Figura 4 – Imagem térmica e visual



Fonte: DJI (2023).

2.3.3 Estação de pilotagem remota

A estação de pilotagem remota, também conhecida como RPS (*Remote Pilot Station*) é definida na RABC-E nº 94 (BRASIL, 2017) como o componente do sistema da aeronave, que contém os equipamentos necessários para a pilotagem da RPA.

Os RPS mais utilizados são a GCS (*Ground Control Station*) e o rádiocontrole. Além destes, também é possível realizar a pilotagem do drone através de *softwares* de gerenciamento de voo, ou até mesmo um VMS (*Video Management System*) que esteja integrado ao sistema do drone. Abaixo são detalhados o funcionamento dos RPS mencionados.

2.3.3.1 Rádiocontrole

A principal função do rádiocontrole é enviar comandos para controlar a aeronave. Além disso, o rádiocontrole também recebe informações, como a imagem da câmera, altitude e localização do drone, e o status de carga da bateria da aeronave, que ajudam na tomada de decisão relacionado aos movimentos que serão realizados pelo drone. (PIETRO; JAIN; VLACIC; GALLO; HOWLETT, 2018)

A comunicação entre o rádiocontrole e a aeronave é realizada por radiofrequência, através do envio de ondas de rádio em diferentes faixas de

frequência. As faixas de frequência mais utilizadas são de 2,4 GHz e 5,8 GHz. Estas frequências são alteradas constantemente de forma automática, para que não ocorram interferências na comunicação, e se torne possível uma transmissão à longa distância sem perda de sinal. (SOARES; MACHADO; TROJANOWSKA; YILDIRIM, 2021)

Os drones possuem um código de identificação exclusivo para identificar uma transmissão em uma frequência de rádio específica. Os transmissores e receptores são emparelhados através de um código RFID (*Radio Frequency Identification*), o que evita que um drone seja controlado por outro rádiocontrole que esteja próximo. Assim, todas as informações são fixadas com um RFID para que o receptor colete a informação correta. (SANTOS, 2022)

A transmissão de comandos do rádiocontrole para o drone só é possível através das antenas existentes em cada um. As antenas são utilizadas para transmitir ou receber sinais de rádio, e o tamanho da antena varia de acordo com as frequências utilizadas na comunicação, quanto mais baixa a frequência utilizada, maior será a antena. (PERRITT JUNIOR; SPRAGUE; SPRAGUE, 2016)

2.3.3.2 *Ground Control Station (GCS)*

A *Ground Control Station* é uma estação de controle terrestre, que inclui *hardware* e *software*, para planejar missões e controlar drones. A GCS é composta, geralmente, por um servidor de alto desempenho, estação de rádio terrestre, estação móvel de GNSS e painéis para exibição de informações. (XIONG; HUANG; XIONG, 2008)

A estação de rádio terrestre se comunica com o controlador de voo da aeronave, e juntos constituem o *link* de dados para a comunicação entre o servidor e a aeronave. O servidor possui a função de permitir a inserção de instruções de voo e armazenar dados de voo para análise. (TSOURDOS, 2018)

As informações inseridas no servidor são enviadas para a estação de rádiocontrole terrestre, que através de sinais de rádio, transmite informações por meio do *link* de dados estabelecido com o controlador de voo. Além disso, a mesma recebe informações de voo da aeronave e envia para o servidor. (DUAN; YAN; DENG, 2023)

A função do painel de exibição é mostrar informações da aeronave durante o voo, como posição, altitude e velocidade. Além disso, a imagem da câmera do drone pode ser mostrada, para auxiliar a tomada ação do operador, e auxiliar na inspeção ou monitoramento, caso faça parte da missão. (DUAN; YAN; DENG, 2023)

A GCS e o drone utilizado também costumam ter acesso à *Internet* para caso haja alguma falha na comunicação via rádio, a comunicação com o drone não seja perdida. Assim, um *dongle* 4G/5G, um adaptador que pode ser acoplado ao drone, permite o suporte à conexão via redes de telefonia celular, para que o mesmo tenha conexão via *Internet*. (CALAFATE; TROPEA, 2020)

A Figura 5 mostra um exemplo de estação de controle terrestre simples e portátil, a qual é uma pequena caixa com todos os equipamentos da *ground station* integrados. Já a Figura 6, mostra uma estação de controle terrestre com todos os equipamentos necessários para missões com alto nível de risco de segurança, geralmente utilizado por forças militares.

Figura 5 – GCS simples



Fonte: Harris Aerial (2023).

Figura 6 – GCS completa



Fonte: Brett Daniel (2020)

2.3.3.3 Softwares de gerenciamento de voo e VMS

Os *softwares* de gerenciamento de voo são ferramentas utilizadas para realizar o planejamento de missões, criação de rotas ou tarefas de voo e compartilhamento de informações com outros pilotos. Além disso, é utilizado para armazenar, gerenciar os dados de voo de uma forma eficiente, armazenar e visualizar fotos e vídeos dos voos em tempo real. (MARSHALL; SHAPPEE; BARNHART, 2021)

O VMS (*Video Management System*) é um *software* voltado para o videomonitoramento, muito utilizado em sistemas de segurança para gerenciar o monitoramento de diversas câmeras em um ambiente centralizado. Os drones são uma ferramenta para monitoramento aéreo e podem ser integradas aos VMS do mercado. (DANIELS, 2014)

A API (*Application Programming Interface*) e o SDK (*Software Development Kit*) são utilizados de forma a promover a integração entre *softwares* VMS e o sistema do drone, para que o monitoramento seja totalmente centralizado, em uma única plataforma. Estas ferramentas costumam ser disponibilizadas pelo fabricante do produto para que terceiros consigam realizar a comunicação entre o sistema do drone e os *softwares*. (CHO; LEE; YOON; LEE, 2012)

A API, em português, significa Interface de Programação de Aplicação, e é um conjunto de bibliotecas, formadas por objetos, códigos, métodos e funções, que

foram implementadas em um programa, e que permitem, a interface entre *softwares* ou aplicativos distintos, e a consequente comunicação. (VINCENT, 2016)

O SDK, Kit de Desenvolvimento de *Software*, é uma série de componentes pré-estabelecidos que podem ser selecionados e customizados para construir um *software*, e pode conter APIs para demandas específicas. O SDK também possui um editor de código, editor visual, ferramentas de depuração, que detectam e resolvem os erros de codificação e um compilador, utilizado na criação de aplicativos. (VINCENT, 2016)

2.4 Meios de internacionalização de produtos

As empresas importadoras precisam transformar as mercadorias internacionais em produtos nacionais antes dos produtos serem distribuídos no mercado. Através de processos como CKD (*Completely Knock Down*), SKD (*Semi-Knock Down*) e OEM (*Original Equipment Manufacturer*), os produtos são montados, internacionalizados e vendidos no mercado nacional. (NORTH, 1997)

2.4.1 CKD

Na produção CKD as peças do produto são importadas sem estarem montadas em unidades ou partes, de forma que são totalmente montadas apenas quando chegam na empresa importadora, este tipo de internacionalização é comumente utilizado na indústria automobilística, mas não é exclusiva à esta indústria. Assim, a fábrica que realiza este tipo de importação necessita de instalações que incluem todos os processos de montagem do produto em questão. (TOMIYAMA, 2014)

Este tipo de importação teve origem na indústria automotiva, com o intuito de atender requisitos de nacionalização nos países importadores e diminuir os custos com transporte e seguro. Além disso, o CKD pode servir como primeira etapa para a nacionalização dos produtos inicialmente estrangeiros, e iniciar relações de negócios em um novo mercado. (TULDER; RUIGROK, 1997)

Este processo de montagem é utilizado quando se tem um benefício. A redução de custos de importação ou alguma vantagem fiscal, como a redução de impostos para estimular a substituição de importações de bens finais e formação de mercado interno, podem ser grandes atrativos para uma empresa realizar a produção de um produto utilizando o método de montagem CKD. (TOMIYAMA, 2014)

No Brasil, o Polo Industrial de Manaus é conhecido como zona livre de comércio, onde existem as mais avançadas tecnologias e equipamentos, e uma vasta linha de produção, que vai desde indústrias de ponta até a produção de eletrodomésticos, automóveis e produtos de informática. A Zona Franca de Manaus (ZFM) foi idealizada em 1957 e estabeleceu incentivos fiscais por 30 anos para a implantação de um polo industrial, comercial e agropecuário na Amazônia. Após renovações, os benefícios continuam em vigor atualmente. (BRASIL, 1957)

O PPB (Processo Produtivo Básico) é o que determina se uma empresa pode ter o benefício fiscal na produção de um produto em CKD. O PPB foi criado em dezembro de 1991, pela Lei n.º 8.387, e é definido como o conjunto mínimo de operações, no estabelecimento fabril, que caracteriza a efetiva industrialização de determinado produto, onde as etapas com maior ou menor grau de produção local e de inserção de componentes nacionais ou importados são mapeadas, caso a empresa não cumpra o PPB, a mesma não irá obter os benefícios fiscais. (BRASIL, 1991)

2.4.2 SKD

SKD é o processo em que os principais componentes do produto são importados em partes separadas, parcialmente montadas, e a montagem final do produto é realizada pela empresa importadora. Este tipo de importação possui um custo com taxas alfandegárias inferior ao envio do produto montado e acabado. (SHEN, 2004)

O método SKD envolve um investimento menor do que o processo CKD, por parte da empresa importadora, devido aos processos de montagem serem reduzidos. (TULDER; RUIGROK, 1997) Além disso, para realizar este tipo de desenvolvimento é necessário um menor conhecimento técnico e experiência, o que permite que empresas privadas que queiram entrar em um novo mercado consigam

fazer isso de forma rápida e com um investimento menor em equipamentos e mão-de-obra. (MILLER, 2000)

Este tipo de produção permite que empresas realizem alianças de forma rápida com fabricantes locais ou globais que possuem experiência e qualidade na produção de um certo produto. (MILLER, 2000)

2.4.3 OEM

OEM é a sigla de *Original Equipment Manufacturer*, ou em português “Fabricante original do Equipamento”. Este processo de importação trata-se da subcontratação da fabricação de produtos por um fornecedor externo, em que pode ser permitido rotular o produto com a marca da empresa que contratou o serviço, desta maneira o processo OEM fornece produtos acabados de acordo com as especificações de projeto do contratante. (SHEN, 2004)

Os fabricantes que utilizam este tipo de importação desempenham não apenas funções de produção e distribuição, mas também funções de design e engenharia nos processos de trazer novos produtos. Um fornecedor de produtos OEM pode estabelecer-se no exterior e adquirir peças e componentes materiais, ou mesmo produtos acabados, de empresas locais e vendê-los para empresas do exterior. (TULDER; RUIGROK, 1997).

A importação através do processo OEM permite o baixo custo de entrada, crescimento do conhecimento de importação, desenvolvimento de parceria com empresas que estão à frente das inovações tecnológicas, e o acesso rápido a novos mercados e produtos. No entanto, o OEM também apresenta riscos e desvantagens, como a dependência do comprador, e a exposição a falta de produto, caso haja algum evento que cause o desabastecimento de componentes essenciais para a fabricação do produto pelo fornecedor, e margens de lucro baixas, por conta das altas taxas alfandegárias. (KIM; NELSON, 2000)

A grande vantagem de um produto OEM é que a empresa importadora não precisa estabelecer uma fábrica com maquinários para produção, como o produto já é importado pronto para venda, só é necessário um espaço para estocá-lo. O grande investimento deste tipo de produção está em P&D, onde o produto é

desenvolvido de forma multilateral, entre o importador e o fornecedor, de acordo com requisitos de projeto do importador, o que envolve modo de funcionamento, idioma e design. (KIM; NELSON, 2000)

3 ESTUDO DO MERCADO DE DRONES

Os drones são usados para uma gama cada vez mais ampla de aplicações que incluem: mapeamento, levantamento de terrenos, inspeção de infraestruturas, fotografia e filmagem, agricultura, gerenciamento de estoque, entrega e transporte de passageiros, entre outros. (DRONE INDUSTRY INSIGHTS, 2023)

O estudo de mercado permite que seja possível compreender aspectos quantitativos e qualitativos do mercado de drones. Neste capítulo são apresentados o tamanho do mercado global e brasileiro de drones, através de pesquisas e da base de dados do SISANT, e também os principais fabricantes de drones.

3.1 Mercado global

Existem diversas pesquisas relacionadas ao tamanho de mercado global de drones, cada uma com um resultado distinto. Nos tópicos a seguir são apresentadas três diferentes pesquisas de grandes empresas de estudos de mercado: Drone Industry Insights, Verified Market Research e Fact.MR. Estas pesquisas trazem diferentes resultados, que são analisados e comparados.

3.1.1 Metodologia

As três pesquisas, de empresas diferentes, utilizam a mesma metodologia, na qual os dados são triangulados de forma a cruzá-los e validar as descobertas. A triangulação envolve três tipos de dados: os dados primários, secundários e proprietários. (DRONE INDUSTRY INSIGHTS, 2023)

Os dados primários são coletados através de fontes que incluem especialistas da indústria, bem como prestadores de serviços, fornecedores, integradores de sistemas, provedores de soluções, desenvolvedores, alianças e organizações relacionadas a todos segmentos da cadeia de valor dos drones. (DRONE INDUSTRY INSIGHTS, 2023)

As informações secundárias são coletadas em diretórios, bancos de dados e outras fontes confidenciais. Os dados proprietários são bancos de dados

proprietários e bancos de informações que são digitalizados para dados relevantes. (VERIFIED MARKET RESEARCH, 2023)

A pesquisa inicia-se com a definição do escopo, identificação de limites e criação de projeto de pesquisa. Após esses passos, os dados necessários são coletados e consolidados de acordo com a classificação da triangulação. (DRONE INDUSTRY INSIGHTS, 2023)

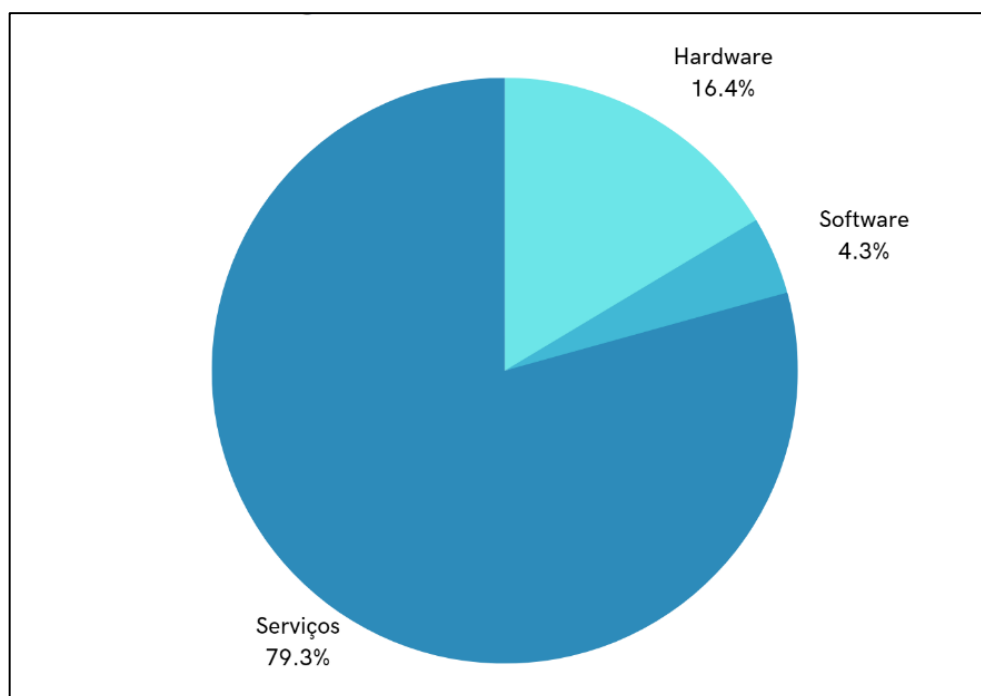
Após estipular o tamanho geral do mercado de drones, os dados são divididos em vários segmentos e subsegmentos. As descobertas são validadas com o uso de abordagens de cima para baixo e de baixo para cima, e por dados de referência cruzada. (DRONE INDUSTRY INSIGHTS, 2023)

3.1.2 Drone Industry Insights

A Drone Industry Insights foi fundada em 2015 e é sediada em Hamburgo, Alemanha. A empresa é focada na obtenção de dados sobre drones comerciais, com aplicações profissionais. (DRONE INDUSTRY INSIGHTS, 2023)

Entre os principais clientes estão a DJI Technology, Sony Semiconductors, Leica Geosystems, Airbus, Boeing, EY, Hexagon, Intel e a PwC. A empresa também foi destaque em publicações no The New York Times, The Economics, The Wall Street Journal, Harvard Business Review, Bloomberg e The Washington Post, entre outras. (DRONE INDUSTRY INSIGHTS, 2023)

A pesquisa da Drone Industry Insights divide o mercado de drones em três grandes segmentos: *hardware*, *software* e serviços, como mostra o Gráfico 1. O segmento de *hardware* é definido como a parte física da solução, como componentes e partes do drone, e anti-drones, aparelho que bloqueia comunicação entre o rádiocontrole e a aeronave. Este segmento representa em torno de 16,4% do mercado de drones. (DRONE INDUSTRY INSIGHTS, 2022)

Gráfico 1 – Segmentos do mercado de drones

Fonte: Elaboração própria com dados da Drone Industry Insights (2022).

O segmento de *software* é definido como um programa ou sistema que seja possível integrar ao drone, que possibilite, por exemplo, o gerenciamento de voos, criação de rotas, operações, mapeamento e análise de dados de voos. O segmento de *software* é algo novo comparado com os outros dois segmentos, este representa cerca de 4,3% do mercado. (DRONE INDUSTRY INSIGHTS, 2022)

O segmento de serviços representa 79,3% do mercado. Este é formado por diversos tipos de empresas, como provedores de serviços de drones, operadores de drones para negócios internos, treinamentos e certificações para formação e educação, seguro para terceiros e aeronaves, revendas e manutenção. (DRONE INDUSTRY INSIGHTS, 2022) Um exemplo de prestação de serviço, são as empresas que realizam a pulverização agrícola através de drones, e cobram por hectare pulverizado, de acordo com conversas com especialistas.

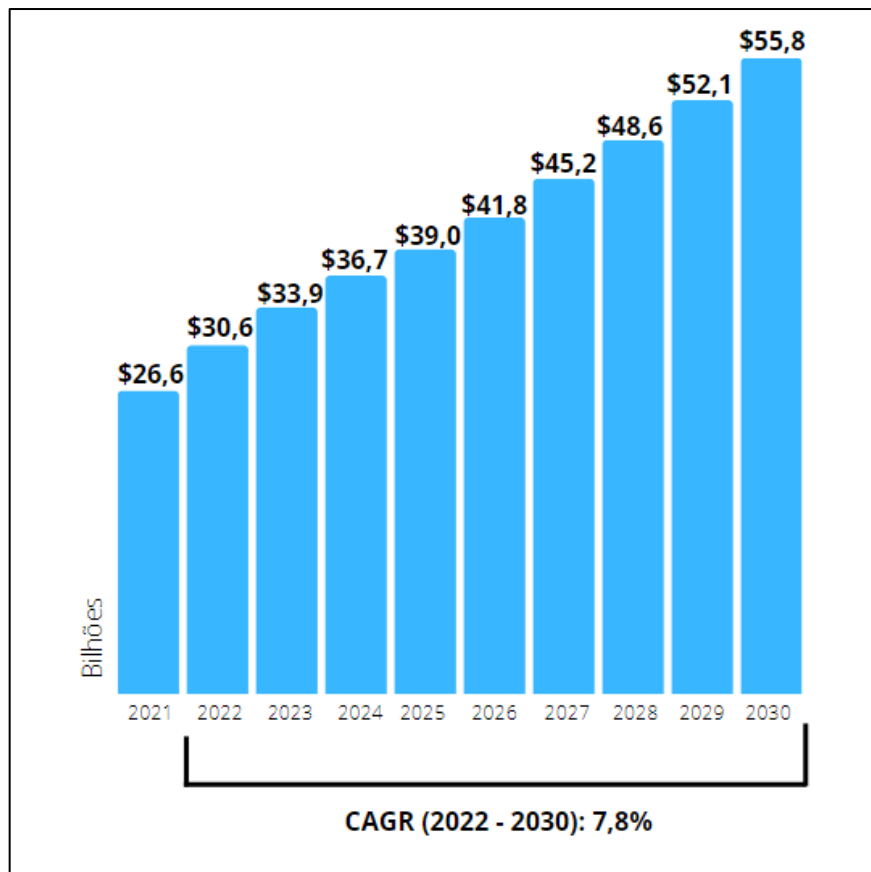
Segundo o relatório da Drone Industry Insights (2022), *Drone Market Analysis 2022-2030*, o mercado global de drones está estimado para atingir U\$56,8 bilhões em 2030, com um CAGR de 7,8%. O CAGR é a taxa de crescimento anual

cumulativa, que neste caso expressa a tendência de crescimento do mercado de drones ao longo dos anos, e que fornece a taxa de variação entre o ano base, 2021, e o montante final de 2030. (BREWER; PICUS, 2014)

O mercado de drones para uso recreativo deve crescer menos do que o mercado de drones para uso profissional, que provavelmente deve ser impulsionado pela divulgação do uso profissional de drones para diversas aplicações, cursos profissionalizantes e o avanço da regulamentação do uso de drones em diversos países. (DRONE INDUSTRY INSIGHTS, 2022)

O Gráfico 2 mostra a estimativa do crescimento do mercado global de drones, o que inclui *software*, *hardware* e serviços, durante o período de 9 anos. É possível observar que o crescimento do mercado ocorre de maneira linear, e que o mesmo ainda não se estabilizou, ou seja, não possui um crescimento constante, ou alcançou o pico, que é estimado para ocorrer apenas em 2030.

Gráfico 2 – Crescimento do mercado global de drones, segundo Drone Industry Insights



Fonte: Adaptado de Drone Industry Insights (2022).

Nota-se também que o crescimento de ano para ano varia, ou seja, o crescimento do tamanho do mercado de drones entre anos não é constante, existem anos em que há um crescimento maior, e outros com um crescimento menor.

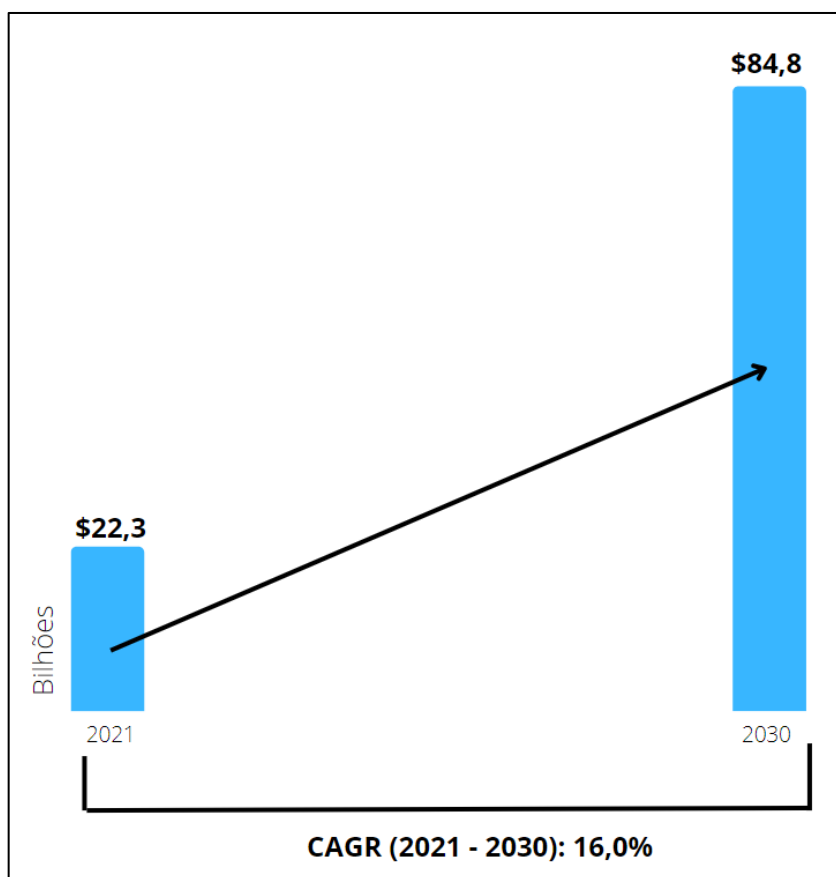
3.1.3 Verified Market Research

A Verified Market Research é uma empresa líder global de pesquisa e consultoria em soluções de pesquisa analítica, que fornece consultoria personalizada e análise de dados aprofundada há mais de 10 anos para empresas que procuram dados de pesquisa. (VERIFIED MARKET RESEARCH, 2023)

A empresa possui 3 escritórios e mais de 250 funcionários. Além disso, possui mais de 1.000 clientes, como Amazon, Dell, IBM, Shell, Exxon Mobil, General Electric, Siemens, Microsoft, Sony e Hitachi. (VERIFIED MARKET RESEARCH, 2023)

De acordo com a Verified Market Research (2022), autora da pesquisa *Global drones market size and forecast*, o tamanho do mercado global de drones foi avaliado em US\$ 22,3 bilhões em 2021 e está projetado para atingir US\$ 84,84 bilhões até 2030, com um CAGR de 16,01% de 2021 a 2030, o Gráfico 3 mostra os dados. A amostra da pesquisa apenas traz o dado base de 2021 e o montante acumulado em 2030.

Gráfico 3 – Crescimento do mercado global de drones, segundo Verified Market Research



Fonte: Adaptado de Verified Market Research (2022).

Espera-se que tecnologias como inteligência artificial (IA) e internet das coisas (IoT) criem mais oportunidades para drones, principalmente para o serviço de *delivery*, que é impulsionado por *fast foods* e restaurantes. Além disso, a possibilidade de aplicação do drone juntamente com detecção de movimento e rastreamento de localização, vão impulsionar a demanda por esse mercado. (VERIFIED MARKET RESEARCH, 2022)

A limitação do crescimento do mercado se dá pelas dificuldades de alcance de sinal devido há obstáculos, como grandes estruturas, que atrapalham a aplicação da tecnologia em alguns cenários. Porém, novas oportunidades para o setor devem surgir para manter o crescimento do mercado de *hardware* tanto para uso profissional, quanto para uso recreativo. (VERIFIED MARKET RESEARCH, 2022)

A pesquisa segmenta o mercado em plataforma, infraestrutura, *software* e serviços. O segmento com maior representatividade é o de serviço, onde possui vasta

aplicação em logística, como pequenas entregas e gerenciamento de armazéns. (VERIFIED MARKET RESEARCH, 2022)

Os segmentos de *software* e infraestrutura possuem uma representatividade menor no mercado, apesar de possuírem um papel crucial no desenvolvimento de novas aplicações e integrações entre diferentes sistemas. O segmento de *software* inclui identificação de objetos, rastreamento para evitar colisões, navegação interna, detecção de vazamentos e rachaduras, contagem de objetos e outras análises, que só são possíveis de serem realizadas devido à inteligência artificial e IoT. (VERIFIED MARKET RESEARCH, 2022)

A infraestrutura é uma parte da solução de *delivery*, no qual os drones necessitam de um local apropriado para realizarem a decolagem e o pouso. Com o crescimento deste tipo de aplicação no mercado, a busca pelo desenvolvimento de estruturas práticas e com menor custo, se tornará representativa. (VERIFIED MARKET RESEARCH, 2022)

3.1.4 Fact.MR

A Fact.MR é uma empresa de pesquisas de mercado que está sediada em Dubai, Emirados Árabes Unidos, e também possui escritório nos Estados Unidos e na Índia. A empresa possui mais de 600 funcionários que atuam no estudo de mais de 30.000 nichos de mercado. (FACT.MR, 2023)

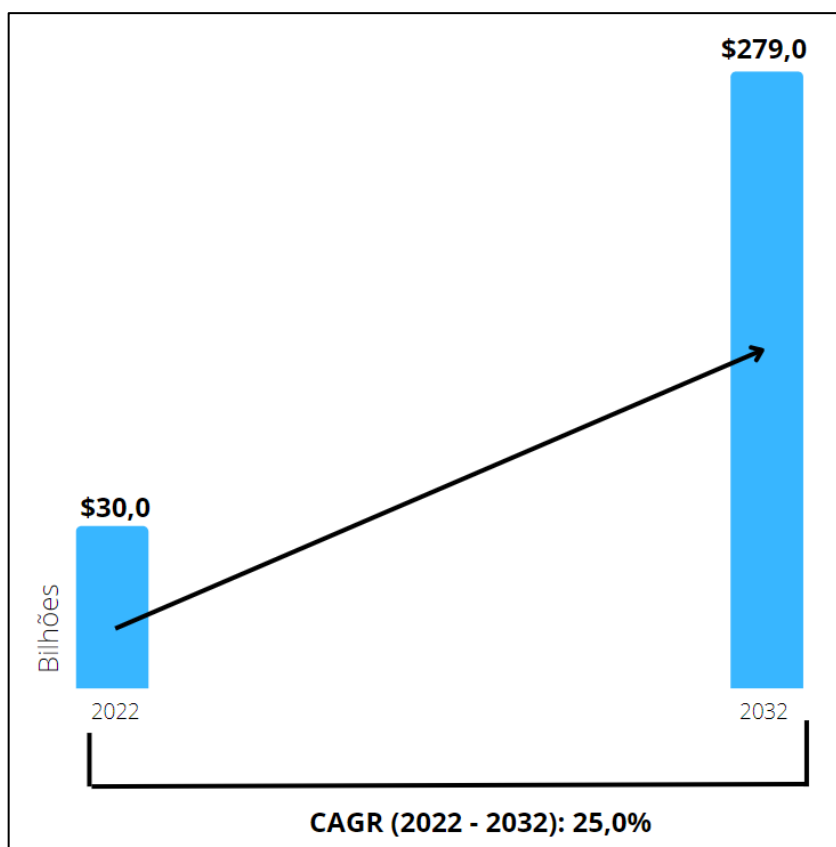
A empresa possui como clientes desde empresas multinacionais a PMEs (Pequenas e Médias Empresas). Além disso, possuem como clientes cerca de 80% das empresas listadas na Fortune 2.000, que é uma classificação anual das 2.000 maiores empresas de capital aberto do mundo, onde são considerados vendas, lucro, ativos e valor de mercado. (FACT.MR, 2023)

De 2017 a 2021, o mercado de drones cresceu em um CAGR de 23,5%, onde houve uma expansão em larga escala da produção de drones nas indústrias. Durante a pandemia de COVID-19 observou-se que muitos mercados passaram por momentos turbulentos, porém para o mercado de drones foi diferente. (FACT.MR, 2022)

A pandemia de COVID-19 ajudou a decolar o mercado de drones. Este foi o momento em que houve uma demanda crescente para o uso de drones, principalmente para vigilância e segurança patrimonial, e distanciamento social. (FACT.MR, 2022)

Segundo a Fact.MR (2022), previa-se que o mercado global de drone atingiria U\$30 bilhões até o final de 2022, e estima-se que o mercado atinja U\$279 bilhões em 2032, com um crescimento a um CAGR de 25%, como mostra o Gráfico 4. A amostra da pesquisa apenas traz o dado base de 2022 e o montante acumulado em 2032.

Gráfico 4 – Crescimento do mercado global de drones, segundo Fact.MR



Fonte: Adaptado de Fact.MR (2022).

Percebe-se que o mercado de drones terá um crescimento durante o período de 2022 à 2032, que é próximo do crescimento que o mercado teve durante o período de 2017 à 2021, com CAGR de 23,5%, ou seja, o crescimento será próximo, porém em um período muito maior. Assim, de acordo com os dados apresentados

pela pesquisa, é possível afirmar que o grande crescimento do mercado já passou, e durante os próximos anos o mercado deve continuar a crescer, porém a taxas menores quando comparadas ao período de 2017 a 2021.

A pesquisa também afirma que a maior concentração de drones no mercado, em termos de volume, está presente nos Estados Unidos. Em 2020, os Estados Unidos possuíam cerca de 37% do volume de drones presente no mercado global, e com as regulamentações impostas pela FFA (Federal Aviation Administration), que visam aumentar a entrada da tecnologia no país, este número deve crescer mais ainda nos próximos anos. (FACT.MR, 2022)

Na China estão concentrados cerca de 1.200 fabricantes de drones, o que corresponde a 70% da indústria mundial de drones. O mercado chinês de drones era focado na produção de drones para uso recreativo, porém este cenário deve ser alterado por conta do incentivo do governo chinês no uso de drones para fins profissionais. A Fact.MR aponta que a China terá uma participação de 45% na receita do mercado global. (FACT.MR, 2022)

O mercado de drones deve ter o crescimento impulsionado pela demanda por aplicações de vigilância e segurança patrimonial, e *delivery*. Além disso, os drones agrícolas devem ajudar no crescimento do mercado, com soluções que visam aumentar a produtividade e minimizar os gastos. (FACT.MR, 2022)

3.1.5 Comparação entre pesquisas

A pesquisa da Drone Industry Insights (2022), afirma que o mercado de global de drones atingiu U\$30,6 bilhões em 2022, e está estimado para alcançar U\$55,8 bilhões em 2030, com um crescimento em um CAGR de 7,8%. São analisados o mercado de drones não apenas em escala global, mas também por região e por país, no qual 6 regiões e 181 países foram analisados em mais detalhes para fornecer uma visão abrangente do mercado global de drones.

A pesquisa da Verified Market Research (2022), afirma que o mercado global de drones atingiu U\$22,3 bilhões em 2021, e está projetado para atingir U\$88,4 bilhões em 2030, com um crescimento em um CAGR de 16,0%. A pesquisa inclui diferentes países e regiões, como os Estados Unidos, Canadá, México, Alemanha,

Reino Unido, França, Espanha, Itália, China, Japão, Índia, Arábia Saudita, África do Sul, Brasil e Argentina.

A pesquisa da Fatc.MR (2022), afirma que o mercado global de drones atingiu U\$30,0 bilhões em 2022, e está projetado para atingir U\$279,0 bilhões em 2032, com um crescimento em um CAGR de 25,0%. A pesquisa engloba 30 países, entre estes, os Estados Unidos, Canadá, Alemanha, França, países Nórdicos, países membros do GCC, Arábia Saudita, Bahrein, Catar, Emirados Árabes Unidos, Kuwait e Omã, Japão, Coreia e outros.

Verifica-se que a Drone Industry Insights é mais contida quando estima o tamanho do mercado global de drones para 2030. Já a Fact.MR traz um valor de mercado estimado para 2030 muito maior, quando comparado com as outras duas pesquisas.

O ano base para as pesquisas possui valor de mercado similar. Ao comparar o valor de mercado do ano de 2022 entre as pesquisas da Drone Industry Insights e Fact.MR nota-se que a diferença é de U\$ 600 milhões, o que pode ser considerada uma pequena diferença, aproximadamente 2%, quando se fala em um mercado de bilhões de dólares.

A pesquisa da Verified Market Research utiliza como ano base 2021. Ao comparar este valor com o da pesquisa da Drone Industry Insights, verifica-se que a diferença é de U\$4,3 bilhões, onde as pesquisas consideram a faixa de tamanho de mercado para o ano de 2021, entre U\$22 bilhões e U\$26 bilhões.

As pesquisas também utilizam a mesma metodologia, que envolve a triangulação de dados. A diferença entre os valores estimados apresentados pelas empresas podem estar relacionados à diferentes bancos de dados utilizados como informações secundárias, e às regiões onde empresas foram selecionadas para participar de entrevistas com foco na obtenção de dados para informações primárias, porém a Drone Industry Insights aparenta considerar um maior número de países e regiões, e ainda assim tem o menor valor estimado para 2030.

3.2 Mercado brasileiro

Segundo a Drone Industry Insights (2022), o mercado brasileiro de drones foi avaliado em U\$137 milhões em 2022. O Brasil é considerado o maior mercado para drones na América Latina, seguido pela Argentina e pelo México.

Os capítulos a seguir mostram uma estimativa de crescimento do mercado brasileiro de drones, onde serão consideradas duas análises, uma onde a estimativa é baseada em pesquisas globais e outra onde a estimativa é baseada nos dados do SISANT.

3.2.1 Tamanho de mercado baseado em pesquisa

A pesquisa *Drone Market Report 2021-2026*, da Drone Industry Insights (2021), afirma que o crescimento do mercado de drones da América Latina é liderado pelo Brasil, com um mercado que foi avaliado em U\$ 373 milhões em 2021. É possível verificar que o Brasil representou em torno de 1,67% do mercado global no ano de 2021, e este segue a crescer.

Dependendo da tecnologia, o mercado brasileiro, por vezes, tem um atraso frente ao mercado global, principalmente na difusão do uso desta e fora dos grandes centros urbanos, devido aos desafios encontrados. Um exemplo, são as redes *standalone* de 5G, que sofrem um atraso de alguns anos para ser amplamente implementada no Brasil. Além do 5G, o Brasil sofre grande atraso na corrida por inteligência artificial, no qual encontra-se atrás de outros países tanto na área da pesquisa quanto na das aplicações práticas e do mercado. (CAVALCANTE; MARQUEZINI; MENDES; MORENO, 2020) Segundo a Agência Brasil (2020), de um grupo de 27 países, o Brasil aparece em último lugar no IA Index, *ranking* de empresas que investiram no setor de inteligência artificial, com desempenho próximo de zero ao ser comparado com os investimentos realizados por nações da América do Norte, Europa e Ásia.

Estes atrasos podem ser justificados pelo menor investimento nestas áreas de pesquisas relacionadas a essas tecnologias, se comparado a grandes potências que possuem maior interesse estratégico e comercial nestas áreas. Apesar dos diferentes desafios, por serem tecnologias recentes, analogamente, nota-se que o

crescimento e a difusão do mercado de drones no Brasil também possui esta defasagem em relação ao mercado global de drones, principalmente das maiores potências. Apesar do atraso do uso mais difundido da tecnologia, este deve continuar a crescer ao longo dos próximos anos. Este crescimento pode ser impulsionado pela ampliação da utilização de drones para aplicações agrícolas, regularização de aplicações como *delivery* e outras aplicações BVLOS.

As regulamentações impostas pelos órgãos brasileiros são recentes e devem ser amplamente divulgadas e alteradas com o passar dos anos, o que visa a entrada de novos produtos e empresas no mercado brasileiro. Além disso, o mercado de prestação de serviços deve crescer ainda mais com a recente regulamentação do uso de drones agrícolas acima de 25kg para pulverização agrícola, aplicação que era utilizada de forma irregular por muitos prestadores de serviço. (BRASIL, 2023)

3.2.2 Estimativa do tamanho de mercado de *hardware* para uso profissional baseado no SISANT

O SISANT é o sistema da ANAC criado para cadastrar obrigatoriamente as aeronaves não tripuladas de uso não recreativo, com peso máximo de decolagem superior a 250g. O sistema possui um conjunto de metadados que contém código da aeronave, data de validade do cadastro, operador, CPF/CNPJ, tipo de uso, fabricante, modelo, número de série, peso máximo de decolagem, e ramo de atividade. (ANAC, 2022)

O banco de dados da ANAC possibilita estimar apenas o tamanho de mercado brasileiro de *hardware*, ou seja, os segmentos de *software* e serviços não são contabilizados. Porém, este banco de dados é uma pequena parcela do mercado de *hardware*, onde não são considerados todos os drones com peso de decolagem inferior a 250g; drones que se encontram nos estoques de distribuidoras e revendas; e drones que entram no país de forma ilegal.

Os tópicos a seguir apresentam uma estimativa para o crescimento do mercado brasileiro de drones para uso profissional, especificamente o segmento de *hardware* para uso profissional, através da análise do banco de dados disponibilizado pelo SISANT.

3.2.2.1 Base de dados

No site da ANAC é disponibiliza a base de dados com todos os cadastros de drones no SISANT desde o ano de 2020. O número de cadastros até o dia 01/04/2023 é de 111.399 cadastros. (ANAC, 2023) Ao analisar o banco de dados, inicialmente, é possível afirmar que:

- a) o número de cadastros não representa o número de drones. É possível cadastrar o mesmo drone para mais de um piloto;
- b) o cadastro de uma aeronave no SISANT tem validade de 2 anos. Após esse período é necessário o recadastramento da aeronave, ou seja, a base de dados possui o mesmo drone cadastrado mais de uma vez para o mesmo piloto, porém com data de validade distinta;
- c) no ano de 2020 somente constam dados dos meses de setembro, novembro e dezembro;
- d) no ano de 2023 só constam dados até o dia 01/04/2023;
- e) o ramo da atividade é digitado pelo próprio piloto na hora do cadastramento, o que impossibilita criar um padrão de opções e permite que mais de um ramo de atividade seja adicionado para um cadastro.

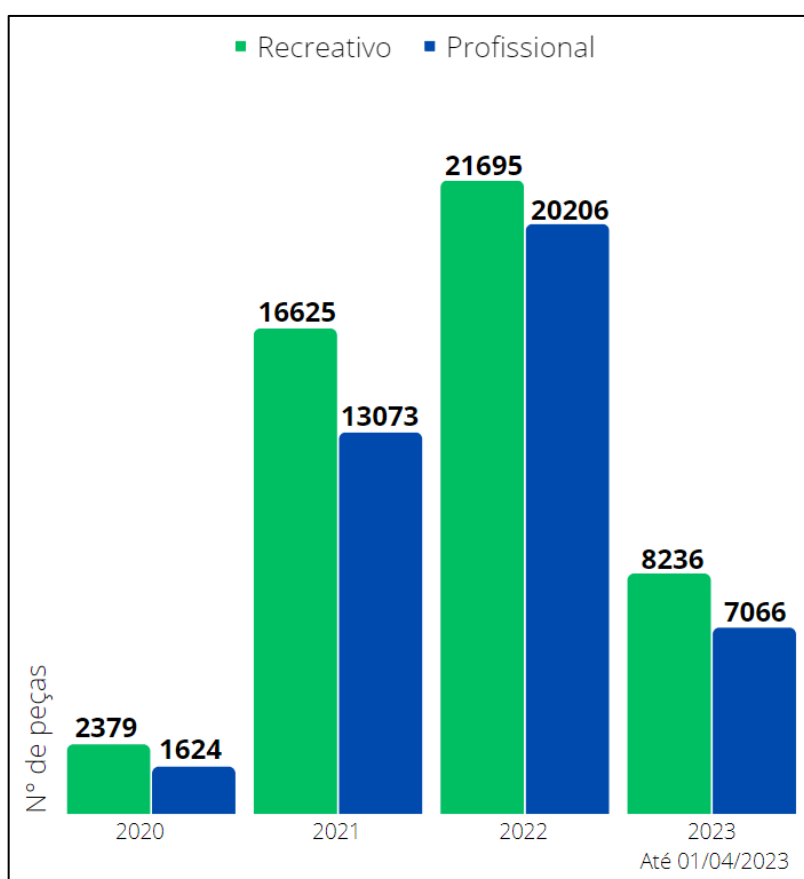
Para uma estimativa mais exata são considerados os pontos elencados acima. Assim, é feito o *download* da base de dados e as repetições de número de série são desconsideradas da análise. O número total de cadastrados considerados nesta análise é 90.904.

3.2.2.2 Análise de dados

Com o banco de dados de acordo com as afirmações do tópico anterior, é possível dimensionar a quantidade de drones cadastrados para uso recreativo e uso profissional durante os anos de 2020 à 2023. Como a descrição de ramo da atividade pode ter mais de uma aplicação, foram considerados como uso recreativo os cadastros dos drones que continham apenas a palavra “recreativo” no campo ramo de atividade, e os outros cadastros foram considerados como uso profissional.

O Gráfico 5 mostra a quantidade de drones cadastrados para uso recreativo e para uso profissional durante o período de 2020 à 01/04/2023. Nota-se que em 2021 o número total de cadastros de drones foi cerca de 7,42 vezes maior que o ano anterior, o que pode ser justificado pelo início dos cadastros no SISANT apenas em setembro de 2020 e pela maior divulgação da regulamentação do uso de drones no Brasil. O ano de 2023 apresenta o número de drones cadastrados até o dia 01/04/2023, onde 8.236 drones foram cadastrados para uso recreativo e 7.066 drones foram cadastrados para uso profissional.

Gráfico 5 – Número de cadastros no SISANT



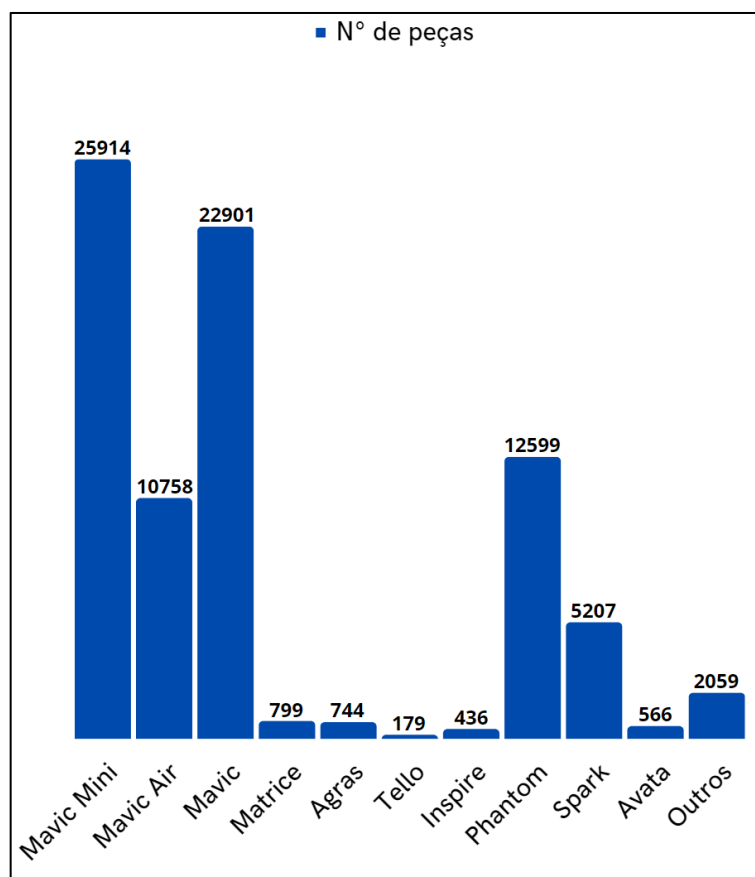
Fonte: Elaboração própria com dados do SISANT (2023).

Além disso, é possível verificar que o crescimento do número de drones cadastrados para uso profissional aumenta ao longo dos anos, de 2021 para 2022 houve um crescimento em torno de 54,56%. Já os drones para uso recreativo,

obtiverem um crescimento de 30,49% no mesmo período, este crescimento é inferior frente aos drones para uso profissional.

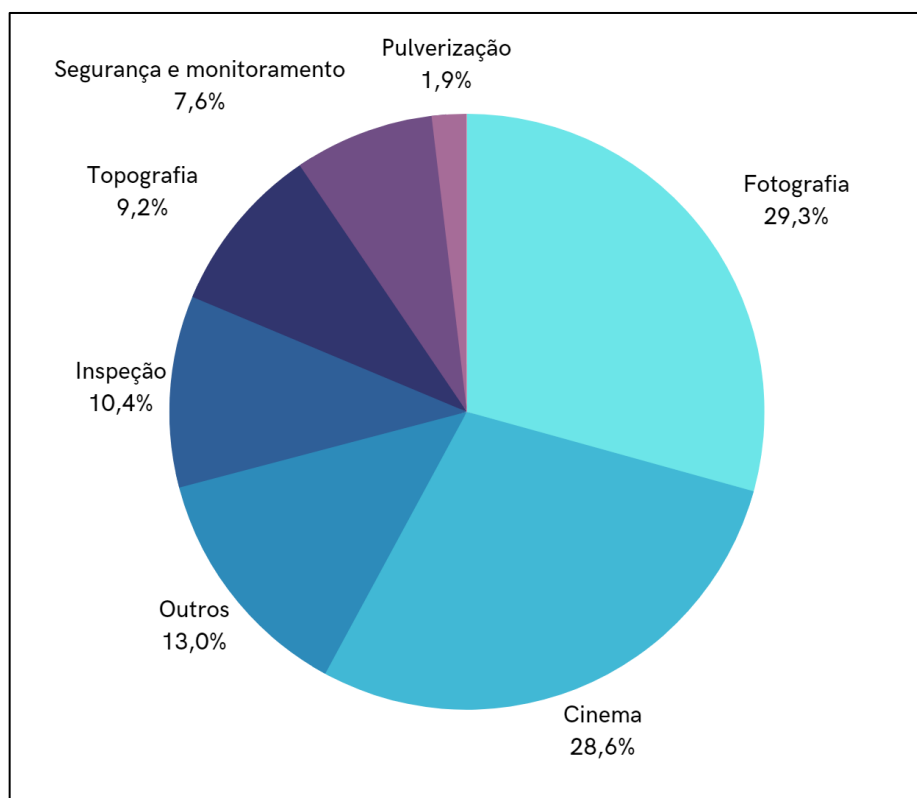
Majoritariamente os drones cadastrados são da fabricante DJI Technology, que representa cerca de 89,90% do volume de drones cadastrados, com 81.726 cadastros. Com isso é possível perceber que o mercado brasileiro é praticamente dominado pela fabricante chinesa, o que pode ser justificado pela grande atuação da marca com diversas distribuidoras e revendas no Brasil, o que mantém uma alta capilaridade e torna possível encontrar os produtos em grande parte dos estados brasileiros.

Dentre os drones da fabricante DJI Technology, as linhas de drones que possuem mais cadastros durante o período de 2020 à 01/04/2023, são mostrados no Gráfico 6. Os drones da linha Mavic Mini, Mavic, Air, Spark e Phantom são os mais utilizados, este fato pode estar relacionado ao preço dos produtos, pois essas são as linhas de produto com menor valor. Os modelos das linhas Agras, Matrice e Inspire possuem alto valor agregado e são voltados unicamente para uso profissional.

Gráfico 6 – Número de cadastros por linha de drone DJI

Fonte: Elaboração própria com dados do SISANT (2023).

Também é possível fazer uma análise das aplicações em que são utilizados os drones cadastrados para uso profissional. O Gráfico 7 apresenta os principais ramos de atividade encontrados na base de dados, e percebe-se que o maior uso dos drones é para fotografia e cinema.

Gráfico 7 – Principais aplicações dos drones cadastrados

Fonte: Elaboração própria com dados do SISANT (2023).

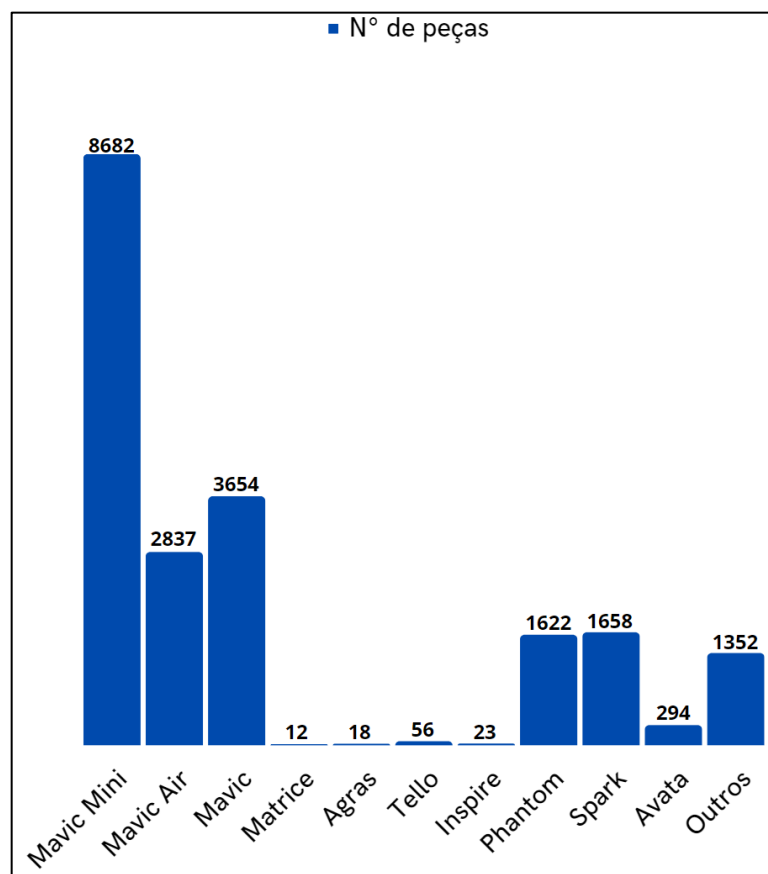
Apesar do Brasil ter uma vasta área em que poderia se aplicar a pulverização agrícola, os drones agrícolas ainda são pouco utilizados devido a regulamentação, que recentemente aprovou o uso de drones de pulverização com peso máximo de decolagem acima de 25kg. Ao longo dos anos a tendência é aumentar a representatividade desta aplicação, e as aplicações como inspeção, topografia, segurança e monitoramento já estão mais presentes no mercado brasileiro com a utilização de drones.

3.2.2.3 *Tamanho de mercado de hardware para uso profissional*

O Gráfico 8 mostra os drones cadastrados para uso profissional no SISANT no ano de 2022. De acordo com os dados, 18.856 drones são da fabricante DJI Technology, o que representa 93,31% dos drones cadastrados para uso profissional, e 1.352 drones são modelos de outras marcas. Percebe-se também que grande parte

dos drones recreativos, como os modelos das linha Mavic Mini, são utilizados para fins profissionais.

Gráfico 8 – Número de cadastros para uso profissional por linha de drone DJI



Fonte: Elaboração própria com dados do SISANT (2023).

Para dimensionar o tamanho do mercado de *hardware* para uso profissional, considera-se apenas os drones da fabricante DJI Technology, que possui um alto volume de drones cadastrados, para facilitar o entendimento e o dimensionamento. Através das linhas de drones mapeadas é realizada uma pesquisa de preço para consumidor final de um modelo de cada linha em três diferentes revendas de drones. Os preços dos produtos pesquisados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Pesquisa de preço em revendas

Linha	Modelo	Revenda A		Revenda B		Revenda C	
Mavic Mini	DJI Mini 2 Fly More	R\$	4.714,00	R\$	4.999,00	R\$	5.129,00
Mavic Air	DJI Air 2S Fly More	R\$	11.579,00	R\$	11.018,00	R\$	14.999,00
Mavic	DJI Mavic 3 Fly More	R\$	27.655,00	R\$	24.990,00	R\$	26.699,00
Matrice	DJI Matrice 200 V2.0	R\$	44.650,00	R\$	57.990,00	R\$	48.000,00
Agras	DJI Agras T10	R\$	79.727,00	R\$	89.999,00	R\$	98.000,00
Tello	DJI Rize Tello	R\$	1.000,00	R\$	1.001,00	R\$	949,00
Inspire	DJI Inspire	R\$	47.119,00	R\$	48.051,00	R\$	43.848,00
Phantom	DJI Phantom 4 V2.0	R\$	22.213,00	R\$	27.000,00	R\$	29.699,00
Spark	DJI Spark	R\$	5.029,00	R\$	4.990,00	R\$	5.199,00
Avata	DJI Avata	R\$	11.969,00	R\$	11.990,00	R\$	12.999,00

Fonte: Elaboração própria (2023).

O *ticket* médio mensura a performance, em dinheiro, dos drones cadastrados no SISANT. É calculado através de uma média ponderada que considera o número de cadastros no SISANT em 2022 e o preço médio de cada linha de drones da DJI Technology, conforme mostra a Tabela 2. Nota-se que o *ticket* médio profissional, no qual os drones são construídos exclusivamente para aplicações profissionais, como os modelos das linhas Matrice, Agras, Inspire e Phantom, é em torno de 2,52 vezes maior que o *ticket* médio dos drones de uso recreativo, que inclui os modelos das linhas Mavic Mini, Mavic Air, Mavic, Tello, Spark e Avata.

Tabela 2 – Ticket médio através dos drones cadastrados

Linha	Preço médio	Quantidade cadastrada	Total por modelo	Ticket Médio Recreativo	Ticket Médio Profissional
Mavic Mini	R\$ 4.947,33	8682	R\$ 42.952.719,06		
Mavic Air	R\$ 12.532,00	2837	R\$ 35.553.284,00		
Mavic	R\$ 26.448,00	3654	R\$ 96.640.992,00		
Matrice	R\$ 50.213,33	12	R\$ 602.559,96		
Agras	R\$ 89.242,00	18	R\$ 1.606.356,00	R\$ 10.897,76	R\$ 27.426,75
Tello	R\$ 983,33	56	R\$ 55.066,48		
Inspire	R\$ 46.339,33	23	R\$ 1.065.804,59		
Phantom	R\$ 26.304,00	1622	R\$ 42.665.088,00		
Spark	R\$ 5.072,67	1658	R\$ 8.410.486,86		
Avata	R\$ 12.319,33	294	R\$ 3.621.883,02		

Fonte: Elaboração própria (2023).

Assim, ao realizar a soma do total por modelo, o tamanho do mercado de drones para uso profissional em 2022 é estimado em mais de R\$ 233.174.264,67, de acordo com os cadastros de drones da fabricante DJI Technology para uso profissional no SISANT. Este valor considera o preço dos drones para o consumidor final.

3.3 Aplicação do modelo de Bass

Com os dados do SISANT é possível utilizar o modelo de Bass para prever o comportamento do mercado de drones ao longo dos anos. O SISANT traz os números de drones cadastrados no período de 2020 a 2023, onde apenas os drones para uso profissional ou acima de 250 gramas possuem a obrigatoriedade de serem cadastrados.

Para esta análise, o potencial de mercado a ser considerado é apenas de drones para uso profissional. Esta restrição tem por objetivo obter um potencial de mercado mais realista, devido a obrigatoriedade de cadastro no SISANT ser apenas para os drones deste uso.

A partir dos dados dos anos de 2021 e 2022, a quantidade de drones para os anos seguintes é extrapolada conforme a Tabela 3 e 4. Assim, o potencial de

mercado acumulado no período de 2021 a 2040 é de 1.550.813 peças de drones cadastrados para uso profissional.

Tabela 3 – Estimativa do número de drones para uso profissional de 2021 à 2030

2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
13.073	20.206	27.480	34.900	42.578	50.242	58.281	66.440	75.077	84.086

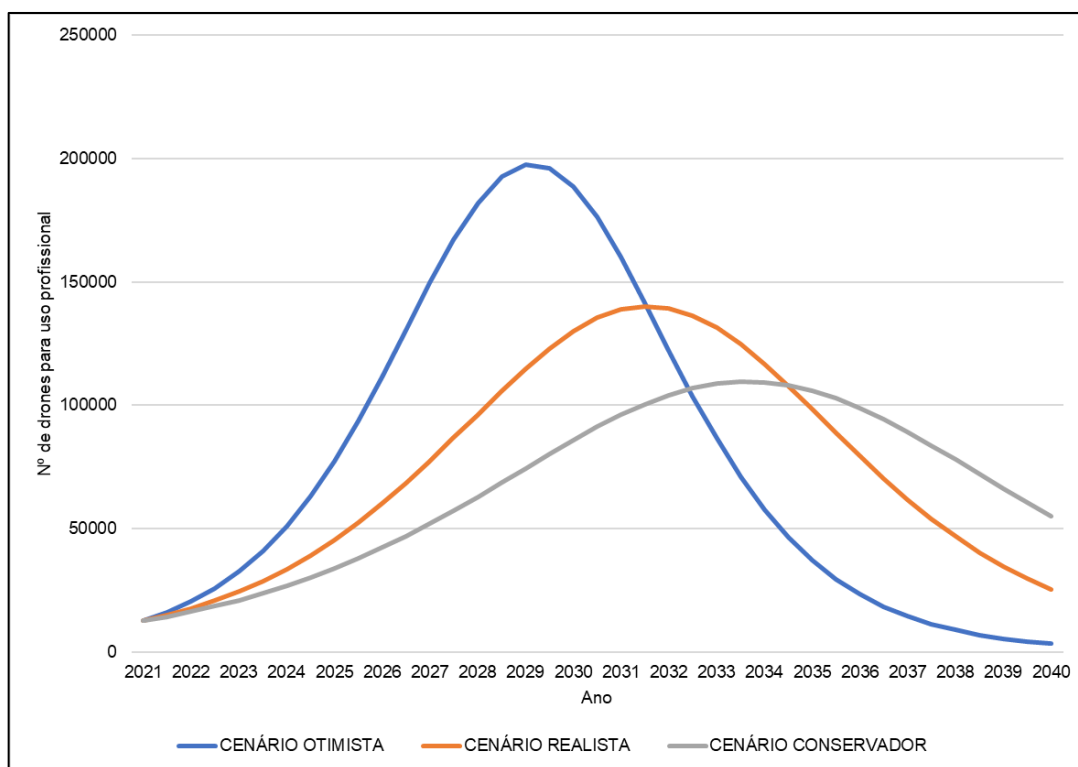
Fonte: Elaboração própria (2023).

Tabela 4 – Estimativa do número de drones para uso profissional de 2031 à 2040

2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
93.335	101.735	108.856	114.299	116.585	115.419	113.111	109.718	105.329	100.063

Fonte: Elaboração própria (2023).

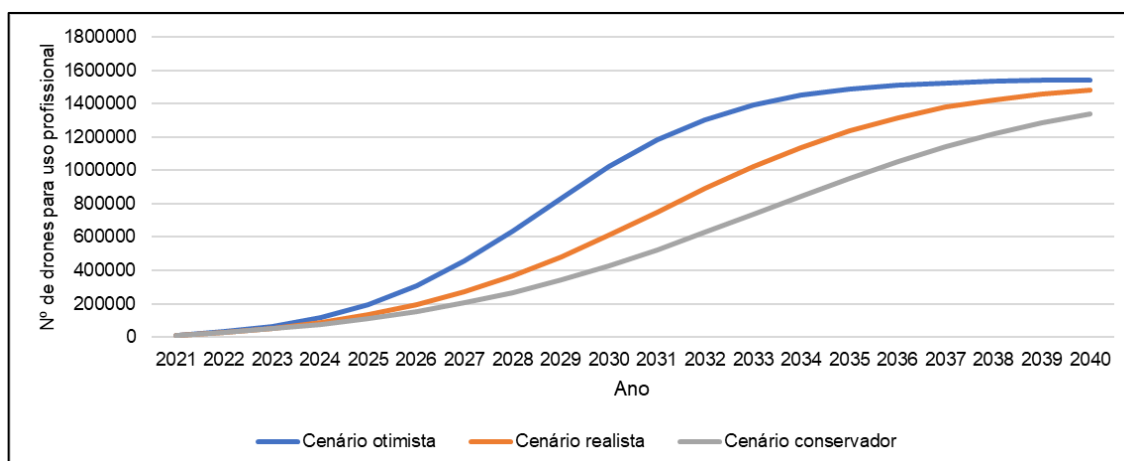
Devido à extrapolação do histórico, definiram-se três diferentes cenários de projeção com o intuito de estimar o comportamento da adesão do mercado aos drones para uso profissional: otimista ($p=0,004943$ e $q=0,5$), realista ($p=0,005744$ e $q=0,35$) e conservador ($p=0,006222$ e $q=0,27$). Os valores escolhidos tiveram como objetivo variar o ano em que acontecerá o pico de número de cadastros, onde no cenário otimista prevê-se o pico entre 2028 e 2029, no realista entre 2031 e 2032, e por fim, no conservador prevê-se o pico entre 2033 e 2034. O Gráfico 9 mostra a projeção de novos drones para uso profissional, obtida através da aplicação do modelo de Bass para os cenários definidos.

Gráfico 9 – Projeção de novos drones para uso profissional

Fonte: Elaboração própria (2023).

Observa-se que a projeção da curva otimista prevê um pico de 197.446 no número de drones para uso profissional entre os anos de 2028 e 2029. Já no realista acontecerá um pico de 139.302 drones para uso profissional entre os anos de 2031 e 2032. Por último, no conservador a projeção do pico se dará em entre 2033 e 2034, com 109.303 drones para uso profissional.

A partir das curvas de projeção mostradas no Gráfico 9, é possível realizar uma estimativa da adesão de drones para uso profissional pelo mercado ao longo do período de 2021 a 2040. O Gráfico 10 mostra a projeção para os cenários otimista, realista e conservador.

Gráfico 10 – Projeção acumulada de drones para uso profissional

Fonte: Elaboração própria (2023).

No cenário otimista, a estimativa da quantidade de drones para uso profissional é de 1.541.672 drones para uso profissional até 2040. No cenário realista a estimativa é de 1.483.641 drones para uso profissional até 2040, e no cenário conservador a estimativa é de 1.338.397 drones para uso profissional até 2040.

Percebe-se, que atualmente, para os cenários realista e conservador, a difusão da tecnologia está na fase de crescimento lento, onde os adotantes da tecnologia são considerados inovadores. O número de drones para uso profissional é menor que 2,5% do mercado potencial final, ou seja, em 2023, para estes cenários, número de drones projetado para uso profissional é menor que 38.770 drones.

Para o cenário otimista, em 2023 estima-se que o número de drones seja maior que 2,5% do mercado potencial. Assim, os adotantes da tecnologia são considerados adotantes iniciais.

3.4 Principais fabricantes

Na China e nos Estados Unidos são onde estão concentradas as maiores fabricantes do mundo, e isto está relacionado ao investimento na área militar e ao mercado ativo presente nestes países. A Drone Industry Insights, divulgou o *ranking* de melhores empresas de fabricação de drones do mundo em 2022, que relaciona as empresas que mais venderam, são líderes de mercado e também são reconhecidas pela qualidade dos produtos comercializados. (ED ALVARADO, 2023)

Abaixo, encontra-se a relação das top 5 empresas elencadas no *Drone Manufacturers Ranking 2022*, avaliação de cerca de 500 empresas globais cuja atividade principal é a construção de *hardware* para drones. (ED ALVARADO, 2023)

3.4.1 DJI

Conhecida mundialmente como DJI (SZ DJI Technology Co., Ltd. ou Shenzhen DJI Sciences and Technologies Ltd.), é uma fabricante de drones chinesa, que também projeta e fabrica câmeras de ação, estabilizadores de câmera, plataformas de voo, sistemas de propulsão e sistemas de controle de voo. Foi fundada em 2006, e a sede da empresa está localizada em Shenzhen, cidade considerada o Vale do Silício da China. A empresa também possui escritórios nos Estados Unidos, Alemanha, Holanda, Japão, Coreia do Sul, Pequim, Xangai e Hong Kong. (DJI TECHNOLOGY, 2023)

A fabricante comercializa drones de três diferentes linhas: consumo, profissional e agrícola. A linha de consumo conta com modelos para uso recreativo, que possuem alta qualidade, porém especificações inferiores aos modelos da linha profissional. Atualmente, os principais modelos de drones de consumo são: DJI Mavic Mini 3 e DJI Mavic Air 2. (DJI, 2023)

A linha de drones profissional possui no portfólio drones para uso em inspeções e uso industrial, em locais com condições climáticas adversas, como chuva e ventos fortes. Os modelos DJI Matrice 30T e DJI Mavic 3 Enterprise são exemplos de modelos desta linha de produtos, ambos contam com controle remoto com display, suportam tempo de voo de 40 minutos e possuem câmeras com maior resolução. (DJI, 2023)

A linha de drones agrícolas conta com modelos destinados à pulverização e espalhador de sólidos agrícolas. Os modelos DJI Agras T10, DJI Agras T30 e DJI Agras T40, suportam respectivamente, 8, 30 e 40 litros de volume no tanque de calda. Por conta do peso, estes drones não voam por mais de 10 minutos, porém possuem uma grande eficiência e não causam amassamento no manejo do cultivo, o que é uma grande vantagem em relação a aplicação com tratores. (DJI, 2023)

No Brasil, a marca atua desde 2013, e possui em torno de 80% de *marketshare*, ou seja, 80% dos drones comercializados no Brasil são da marca DJI, na qual grande parte destes são da linha de consumo. A empresa atua em parceria com algumas distribuidoras e revendas autorizadas para comercializar o produto e atender toda a demanda existente. (MOBILE TIME, 2017)

Nos Estados Unidos, a marca possui cerca de 90% de *marketshare* em drones para uso recreativo. (HARRELL; MORAN, 2023) Os produtos da empresa são usados por militares e forças policiais, bem como por grupos terroristas, o que fez a empresa tomar medidas para limitar o acesso a estes últimos. As instituições governamentais dos EUA proibiram o uso interno de produtos DJI em 2020, porém, mesmo com a proibição, várias agências em nível local e federal continuaram a usar produtos DJI. (U.S. DEPARTMENT OF THE TREASURY, 2023)

3.4.2 Parrot

Empresa francesa fundada em 1994, em Paris, é a única empresa do top 5 que não é chinesa ou americana. O grupo Parrot é formado por empresas de destaque, o que engloba equipamentos e *softwares*. A empresa atua em três verticais: mapeamento 3D, levantamento e inspeção, defesa e segurança, e agricultura. (PARROT, 2023)

Em 2012, a Parrot comprou 57% da empresa suíça de drones SenseFly, bem como 25% da empresa suíça de fotogrametria Pix4D, que domina o mercado de *software* de modelagem de drones com o Pix4Dmapper. As participações minoritárias são das empresas Iconem, Dendra Systems, Chouette Vision e Sky Hero. (PARROT, 2023)

A Parrot é listada na bolsa de valores de Paris como PARRO desde 2006, atualmente faz parte do CAC Small 90, também é listada na NASDAQ como PAOTF. De acordo com o último relatório da empresa, os resultados financeiros reportados em 2022, a empresa teve um aumento de 88% nas vendas da aeronave ANAFI, que representa 55% da receita do grupo. (PARROT, 2023)

A justificativa para este grande crescimento foi que o ANAFI USA, modelo de drones focado nos mercados de segurança e defesa, foi adquirido por diversas

instituições dos países da OTAN (Organização do Tratado do Atlântico Norte), como os Estados Unidos, Reino Unido, França, Norte da Europa e Japão. (PARROT, 2023)

Os principais produtos da Parrot são os drones ANAFI AI e ANAFI EUA. Ambos os drones têm aplicações para uso profissional. O drone ANAFI Ai permite uma visualização 3D do ambiente, que garante a detecção e desvio de obstáculos, o que o torna ideal para aplicações de mapeamento aéreo. O ANAFI EUA foi projetado inicialmente para o exército dos Estados Unidos, no qual os diferenciais são a câmera térmica e a conectividade 4G. (PARROT, 2023)

3.4.3 Skydio

A Skydio foi fundada em 2014, nos Estados Unidos, onde mantém a produção dos drones, também possui uma sede em San Mateo, Califórnia, e instalações de fabricação em Hayward, CA. A empresa é apoiada por diversas organizações líderes de mercado, em uma ampla gama de setores da indústria, e também é apoiada pelos principais investidores e parceiros estratégicos, como Andreessen Horowitz, Linse Capital, Next47, IVP, Playground e NVIDIA. (SKYDIO, 2023)

A Skydio tem uma base de clientes corporativos que ultrapassou 1.200 organizações. Os drones desenvolvidos pela empresa são usados pelas filiais do Departamento de Defesa dos Estados Unidos, agências de segurança pública e concessionárias de energia. (SKYDIO, 2023)

Os drones da Skydio são utilizados por diversas empresas que atuam em diferentes áreas, principalmente em tarefas de inspeção, de alto risco em ambientes hostis. Em portfólio, a empresa possui os modelos Skydio X2, Skydio S2+ Enterprise e Skydio S2+ Consumer, onde este último possui aplicação recreativa, e os outros possuem aplicações profissionais, devido às especificações, como tempo de voo e distância de transmissão. (SKYDIO, 2023)

Em março de 2021, a empresa se tornou um unicórnio, título atribuído a *startups* que possuem uma avaliação de preço de mercado no valor de mais de 1 bilhão de dólares americanos. (FORBES, 2021) Recentemente, a empresa concluiu

uma rodada de financiamento que adicionou US\$ 230 milhões ao montante de investimentos, e hoje a Skydio é avaliada em US\$ 2,2 bilhões. (SKYDIO, 2023)

Além disso, a Skydio foi nomeada para a lista anual da Fast Company das empresas mais inovadoras do mundo para 2023, em que conquistou o terceiro lugar na categoria Resposta Rápida. A categoria reconhece empresas com produtos inovadores implantados em resposta a emergências. (SKYDIO, 2023)

3.4.4 XAG

A XAG foi fundada em 2007, comprometida com o desenvolvimento e implantação de tecnologia agrícola, com drones voltados para pulverização. Com sede em Guangzhou, a XAG é composta pela XAG MANUFACTURE, XPLANET, XGEOMATICS e XAG ACADEMY. (XAG, 2023)

Possui laboratórios e estações de pesquisa em 19 países: Japão, Coréia do Sul, Tailândia, Indonésia, Mianmar, Tadjiquistão, Cazaquistão, Austrália, Nova Zelândia, Estados Unidos, Brasil, Equador, Peru, Reino Unido, Alemanha, Gana, Nigéria, Marrocos, Zâmbia, e participou de vários projetos agrotécnicos de fronteira. A empresa desenvolveu seis linhas de produtos que incluem drones agrícolas, veículos robôs agrícolas, drone de sensoriamento remoto, sistemas IoT agrícolas, e um sistema inteligente de gerenciamento agrícola. (XAG, 2023)

A XAG é uma das principais concorrentes da DJI Technology na linha de produtos agrícolas. Possui em portfólio drones agrícolas de 16L, 20L e 40L, denominados respectivamente de XAG V40, XAG P40 e XAG P100. Além dos drones agrícolas, a XAG desenvolveu drones com câmera multiespectral para mapeamento aéreo, os modelos XAG M500 e XAG M2000, e veículos terrestres não tripulados para operação autônoma, como os modelos XAG R150 2022 EV e XAG R150 2022, que são multifuncionais, ou seja, conseguem realizar corte de grama, pulverização e transporte de cargas. (XAG, 2023)

3.4.5 JOUAV

Fundada em 2010, a JOUAV (Chengdu Jouav Automation Tech Co.,Ltd) é uma empresa que desenvolve drones para uso industrial, para aplicações em mapeamento e levantamento, gás e petróleo, fiscalização de tráfego e outros. A sede da empresa está localizada em Chengdu, onde também é localizada a fábrica. (JOUAV, 2023)

A empresa atua em mais de 28 países e possui mais de 1.500 clientes espalhados pelo mundo. Em fevereiro de 2021, a JOUAV foi listada no Conselho de Inovação em Ciência e Tecnologia da Bolsa de Valores de Xangai e estreou oficialmente no A-Share Market como a primeira empresa nacional a abrir o capital com drones como o principal negócio. (JOUAV, 2023)

Com 13 anos de experiência no mercado de drones, a empresa possui uma participação de mais de 50% no mercado de drones de asa fixa voltados para voos VTOL (*Vertical Take-Off and Landing*, em português Decolagem e Aterrissagem Vertical), na China. A JOUAV possui mais de 300 patentes de drones e 70 direitos autorais em *softwares* de gerenciamento de voos. (JOUAV, 2023)

Em 2022, a empresa ganhou o prêmio de Inovação CES 2022 na categoria Drones e Sistemas Não Tripulados, com o modelo de drone de asa fixa JOUAV CW-25H movido a hidrogênio. A CES é considerada a maior feira mundial para tecnologia de consumo e a maior feira anual da América. (JOUAV, 2023)

O modelo CW-25H é uma solução globalmente inovadora, desenvolvida e co-produzida pela JOUAV e pela Doosan Mobility Innovation. Este drone possui um sistema de célula de combustível DM15, que adota o design integrado com tanques de hidrogênio e sistema de gerenciamento de energia, o que torna possível voar por até 330 minutos. (JOUAV, 2023)

A JOUAV possui em portfólio diversos modelos de drones de asa fixa. Os modelos CW-40, CW-100 e CW-25 são híbridos, ou seja, operam com gasolina e baterias, o que torna possível voar por até 600 minutos, a depender do modelo. A empresa também possui o modelo PH-25, um drone multirotor de 6 motores movido a bateria, que permite uma autonomia de voo de até 60 minutos. (JOUAV, 2023)

4 TROPICALIZAÇÃO DE DRONES

O processo de tropicalização de um produto é entendido como a adaptação do produto, isto é, o processo de mudança de um produto para atender às necessidades dos clientes em um mercado diferente daquele em que teve origem. Na adaptação do produto são consideradas diferenças culturais, legais ou econômicas entre o mercado interno e externo. Por exemplo, as cores do produto podem ser alteradas e as especificações elétricas podem ser modificadas de acordo com o padrão utilizado no país. (AJAMI, 2006)

Os tópicos a seguir apresentam uma proposta de processo produtivo de um drone em OEM, SKD e CKD, de acordo com o objeto de estudo. As metodologias utilizadas são baseadas no livro *Localizing Global Production* (NORTH,1997).

4.1 OBJETO DE ESTUDO

Para exemplificar o processo produtivo, será utilizado o modelo de drone Jadger 2, da fabricante chinesa MMC UAV, que foi escolhido devido à disponibilidade. O drone Jadger 2 é um quadricóptero, ou seja, possui quatro motores. É equipado com uma câmera *gimbal* Sony CMOS6K HD de 1 polegada, e possui uma autonomia de voo de 45 minutos. Além disso, a comunicação entre o controle remoto e a aeronave é de até 5km de distância, onde é utilizada as bandas 2.4 GHz e 5.8GHz. (MMC UAV, 2023)

Com um peso igual a 1.128 gramas, o mesmo é classificado como um drone de Classe 3, segundo a regulamentação da ANAC, RBAC-E nº 94 (BRASIL, 2017). Este drone pode ser utilizado para fotografias aéreas, inspeção de usinas de energia, e outras atividades. A Figura 7 mostra o drone Jadger 2.

Figura 7 – Drone Jadger 2



Fonte: MMC (2023)

4.2 OEM

O OEM (*Original Equipment Manufacturing*) é uma forma específica de subcontratação em que os produtos acabados são fabricados de acordo com as especificações de um determinado comprador que, comercializa os produtos com a própria marca, por meio de canais de distribuição. Este modelo faz com que empresas consigam estar à frente dos avanços tecnológicos de maneira mais rápida. (AMANN; CANTWELL, 2012)

Os produtos OEM geralmente são projetados para grandes volumes e em uma fábrica com instalações altamente automatizadas, com o objetivo de maximizar o rendimento da produção e minimizar o custo por unidade para o comprador OEM. Além disso, o processo de desenvolvimento de um produto OEM pode exigir que vários técnicos e engenheiros trabalhem com o cliente em especificações, o que aumenta o custo do produto. (UNITED STATES INTERNATIONAL TRADE COMMISSION, 2001)

4.2.1 Premissas

Para realizar o processo produtivo do drone Jadger 2 em OEM são consideradas as premissas a seguir:

- a) o processo produtivo a ser apresentado é baseado na estrutura do drone Jadger 2;
- b) o processo produtivo a ser apresentado pode ser adaptado para outros modelos de drones;
- c) o processo produtivo apresenta o fluxograma desde o desenvolvimento do produto até o envio do mesmo para o estoque;
- d) a homologação do produto na ANATEL é realizada por uma empresa terceira com experiência neste processo.

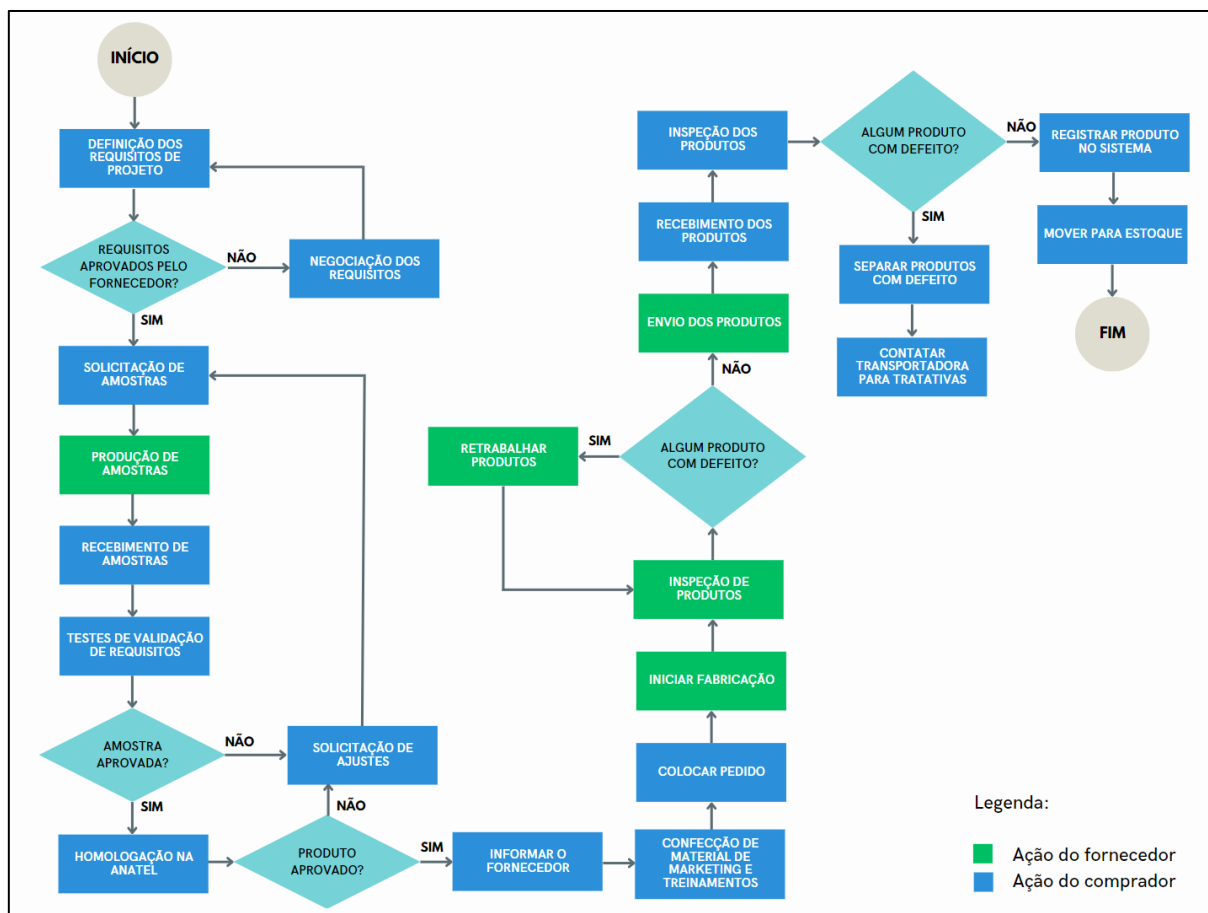
4.2.2 Processo produtivo em OEM

A Figura 8 mostra o processo produtivo de um drone em OEM. A definição dos requisitos de projeto é a primeira etapa para o desenvolvimento do drone.

Assim, para os drones, são definidas características físicas, como cor do produto, logo, e embalagem, as especificações técnicas que podem ser alteradas em relação ao produto original, como resolução máxima de gravação e tradução do software do rádiocontrole, e questões comerciais, como o preço alvo e o MOQ (*Minimum Quantity Order*, em português Quantidade Mínima de Encomenda).

Caso o fornecedor esteja de acordo com todos os requisitos apontados pelo comprador OEM, o projeto segue para a próxima etapa, senão os requisitos serão negociados novamente até que ambas as partes entrem em acordo.

Figura 8 – Fluxograma do processo produtivo de drones em OEM



Fonte: Elaboração própria (2023).

A solicitação de amostras para testes tem por objetivo verificar o atendimento aos requisitos acordados e, se a amostra for aprovada, a peça piloto segue para a homologação na ANATEL, processo obrigatório para a utilização do drone. O processo de homologação na ANATEL é realizado por uma empresa terceirizada que possui amplo entendimento sobre o assunto, para que a homologação ocorra de forma mais rápida e com menos sucessão a erros. Caso seja necessário algum ajuste na amostra para a aprovação do drone pela ANATEL, o fornecedor é informado e uma nova amostra do produto é solicitada.

Após a aprovação do produto pela ANATEL, o fornecedor é informado e o comprador inicia a colocação de pedido no sistema. Durante este período, os materiais de *marketing*, *datasheet* e manuais poderão ser iniciados para que o projeto não fique ocioso.

O fornecedor inicia a fabricação do produto de acordo com os requisitos de projeto. Após a fabricação, todas as amostras passam por uma inspeção realizada pelo fornecedor, com o objetivo de garantir que o produto está funcional e que todos os requisitos foram atendidos. Se houver alguma peça com defeito, a mesma é retrabalhada para corrigir o defeito apresentado.

Após a inspeção, o lote produzido é enviado para o comprador OEM, que recebe e inspeciona os produtos para verificar se houve alguma não conformidade ou algum dano causado pelo produto durante o transporte. Em caso de aprovação, os produtos são registrados no sistema e enviados para o estoque para posterior venda. Em caso de defeito em alguma peça inspecionada, a mesma é separada para posterior verificação com a transportadora.

Percebe-se que o comprador OEM participa de todas as etapas exceto o processo de fabricação de um drone OEM, que fica por responsabilidade apenas do fornecedor. Neste caso, o fornecedor conta com uma cadeia de subfornecedores para poder fabricar o produto.

4.3 SKD E CKD

O método de fornecimento de peças é conhecido como remessas de *knock-downs* (KDs) ou kits (peças). Ambos os termos representam peças desmontadas que são agrupadas por categoria, de acordo com o grau de *know-how* em produção do comprador, e também pode depender em grande parte das regulamentações ou restrições de importação impostas pelo governo. (MILLER, 2000)

O SKD (*Semi Knock-Down*) é definido como o processo em que parte dos componentes são importados montados. Neste processo, o comprador realiza parte da montagem do produto na própria fábrica e para isto precisa ter apenas um *know-how* de montagem do produto e um controle de qualidade. Assim, esta abordagem requer menos habilidade para produzir uma unidade acabada do produto e o investimento em equipamentos é reduzido. (MILLER, 2000)

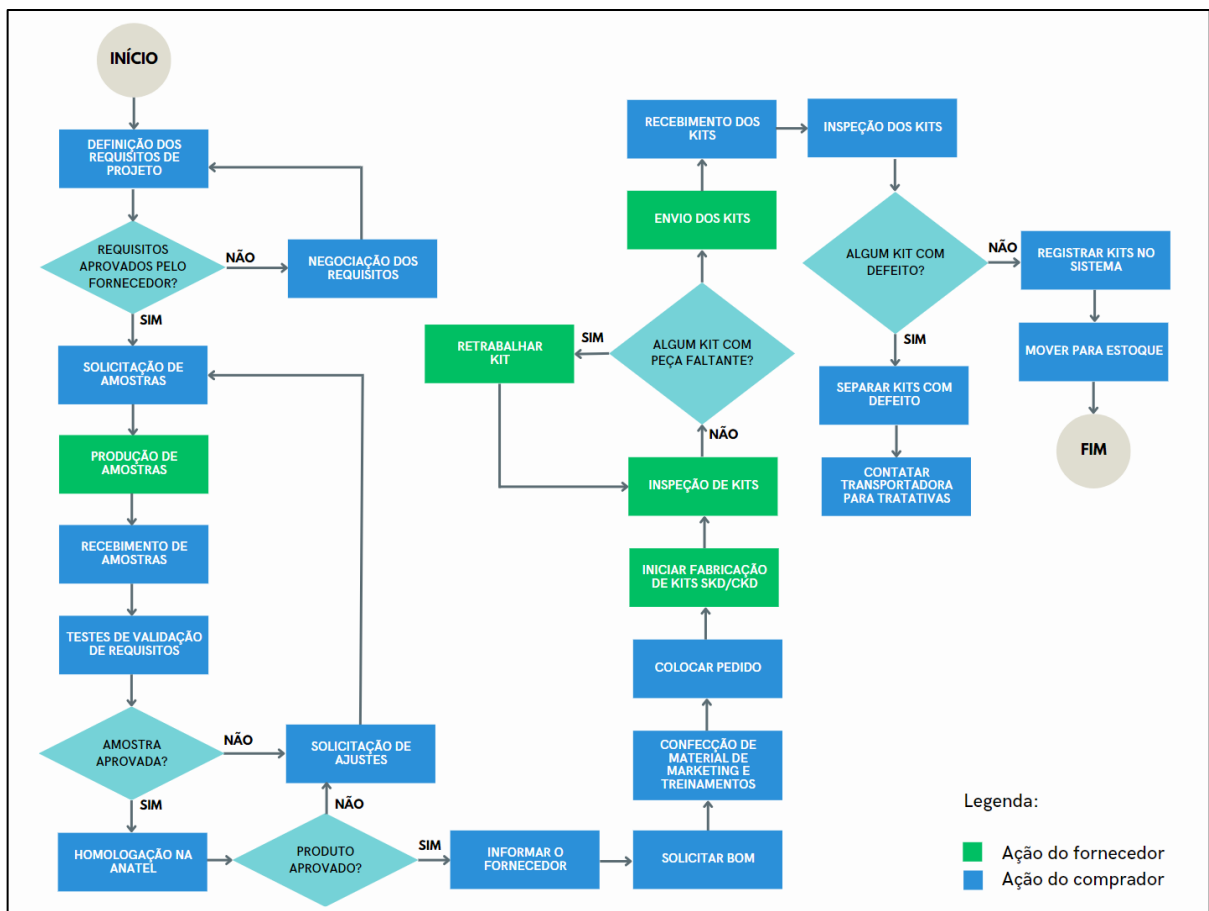
O CKD (*Completely Knock-Down*) é o processo em que todos os componentes dos produtos são importados separadamente. Entende-se que o processo em montagem CKD é mais complexo devido uma maior necessidade de

know-how para conseguir realizar os processos produtivos, onde envolve etapas que vão além da montagem do produto e do controle de qualidade. Além disso, o processo CKD pode contar com fornecedores locais, geralmente responsáveis pelo fornecimento de componentes mais simples, e os fornecedores internacionais, que fornecem os componentes mais complexos. (SHEN, 2004)

4.3.1 Etapa inicial dos processos produtivos em SKD e CKD

A Figura 9 mostra o fluxograma da parte inicial do processo produtivo em SKD e CKD da aeronave. Percebe-se que os processos são similares aos realizados para a produção do produto OEM, a diferença é que o produto não é enviado totalmente montado, e sim, em kits.

Figura 9 – Fluxograma das etapas iniciais do processo produtivo de drones em CKD e SKD



Fonte: Elaboração própria (2023).

Todo o processo de desenvolvimento do produto é realizado com amostras do produto final. Após a aprovação da mesma pela ANATEL, é solicitada a BOM (*Bill of Materials*) do produto para o fornecedor, que é definido como a lista completa de componentes que compõem o produto final, o que é necessário para estruturar a montagem do produto final na fábrica. Além disso, a BOM mostra quais são as quantidade e sequência de materiais para fabricação do produto. (GARWOOD, 2007)

Quando o pedido é colocado no sistema no fornecedor, são solicitados todos os itens da BOM, e assim o comprador irá receber os kits que compõem o produto final. Caso seja um kit CKD, todos os itens são fornecidos desmontados, e se for um kit SKD, algumas partes do kit podem vir montadas.

4.3.2 SKD

Os tópicos a seguir abordam uma metodologia de produção do drone Jadger 2 através do método de montagem SKD.

4.3.2.1 Premissas

Para realizar o processo produtivo do drone em SKD são consideradas as premissas a seguir:

- a) o controle remoto, as baterias e o carregador de baterias já estão montados e testados;
- b) a câmera, por ser de um fabricante terceiro, já está montada;
- c) as placas de alimentação, principal e ESCs já são recebidas prontas para montagem, ou seja, com todos os componentes soldados nas placas e os *softwares* utilizados estão atualizados;
- d) o processo a ser apresentado pode ser adaptado para outros modelos de drones;
- e) o processo produtivo apresenta o fluxograma desde o desenvolvimento do produto até envio do mesmo para o estoque.

4.3.2.2 Processo produtivo em SKD

O processo produtivo de um drone em SKD pode ser dividido em grandes partes para melhor entendimento: montagem do drone e testes de funcionamento. A montagem do produto é realizada em duas partes da linha, a área de montagem e a área de teste.

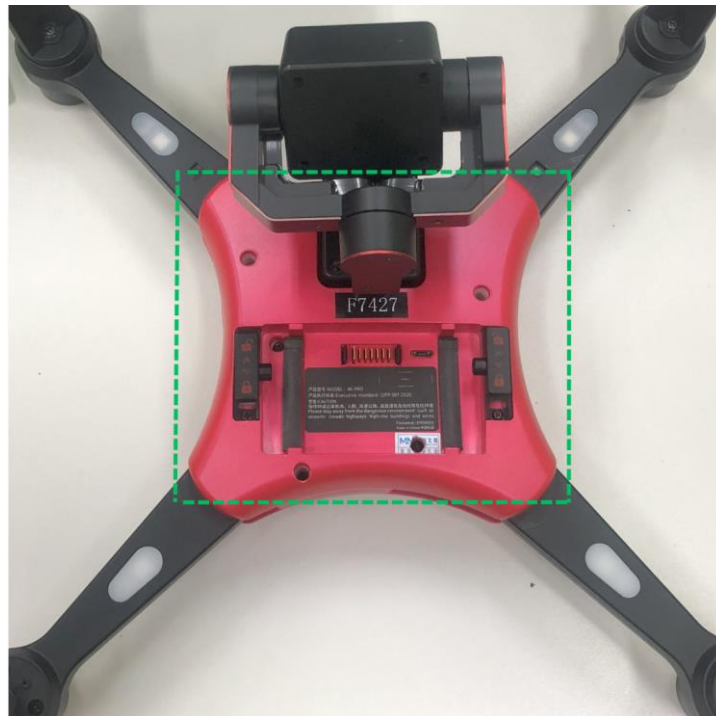
As Figuras 10 e 11 mostram os frames superior e inferior do drone Jadger 2, onde são instaladas as outras partes e peças do drone.

Figura 10 – Frame superior do drone Jadger 2



Fonte: Elaboração própria (2023).

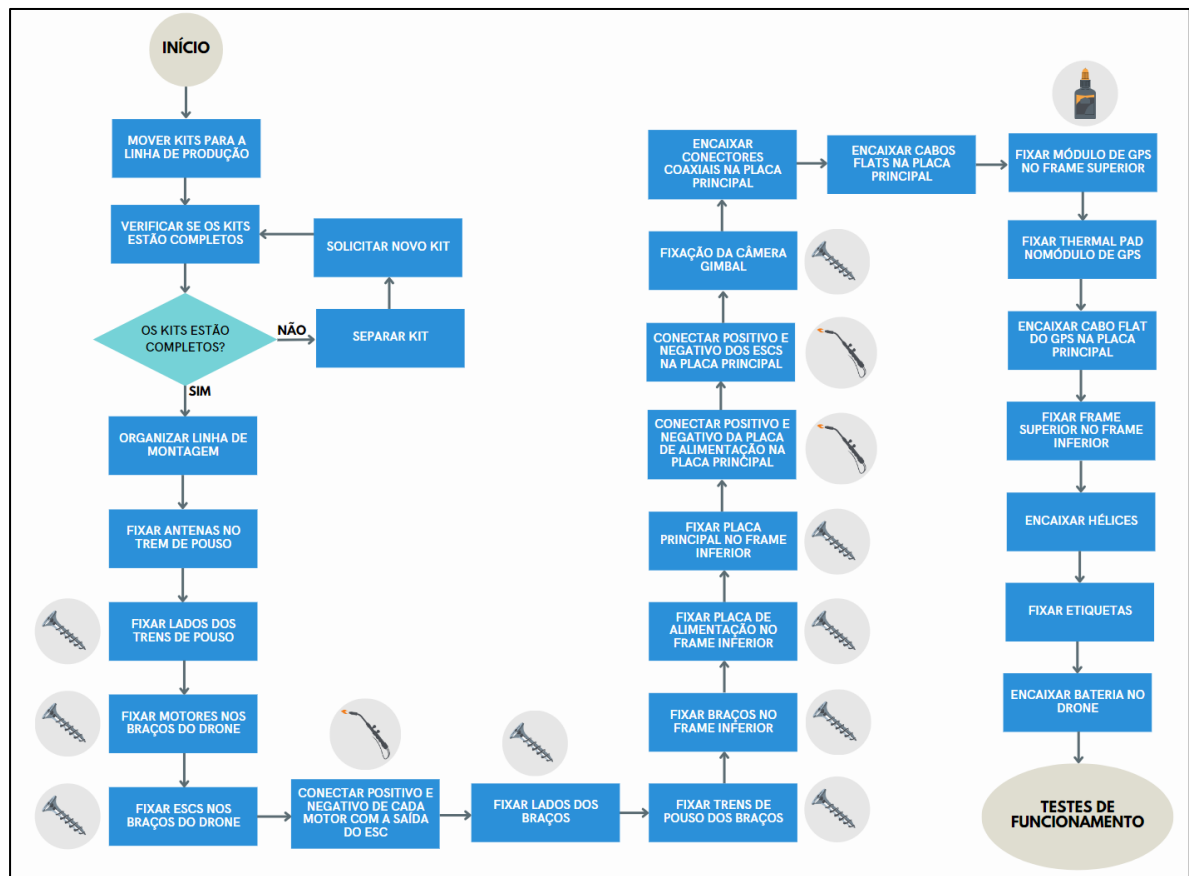
Figura 11 – Frame inferior do drone Jadger 2



Fonte: Elaboração própria (2023).

A Figura 12 mostra o fluxograma que detalha o processo de montagem do drone. As primeiras etapas consistem em trazer os kits e organizá-los na linha de montagem de acordo com a sequência de etapas de montagem que serão realizadas. Além disso, todas as ferramentas a serem utilizadas devem ser posicionadas no local correto, para agilizar a montagem.

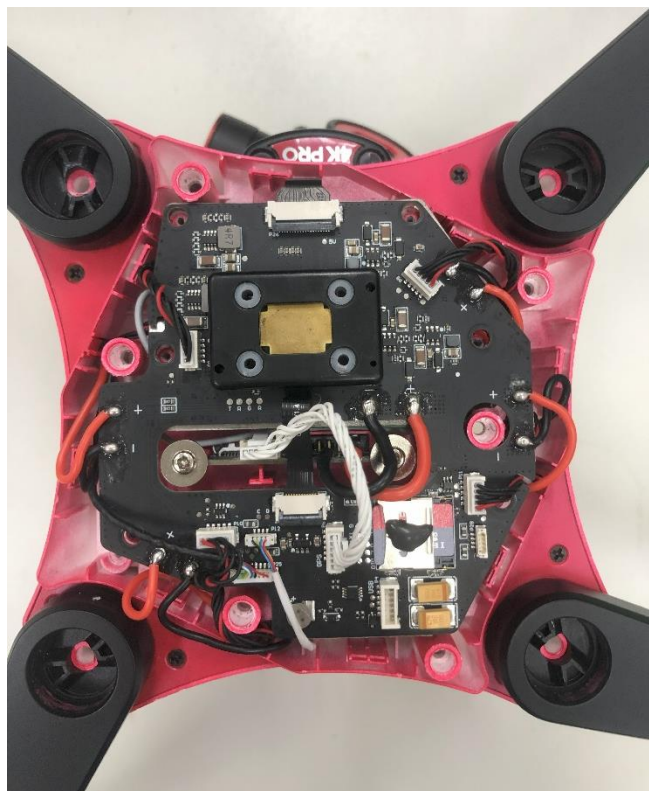
Figura 12 – Fluxograma do processo de montagem do drone em SKD



Fonte: Elaboração própria (2023).

Para a montagem do drone Jadger 2 é necessário utilizar parafusadeira, cola e ferro de solda. A montagem inicia-se com a parte inferior do drone, onde o trem de pouso, os braços, motores, ECSs, câmera *gimbal*, placa de energia e placa principal são instalados no frame inferior do drone, e conectados na placa principal. A Figura 13 mostra o frame inferior do drone após todos os processos acima citados serem realizados.

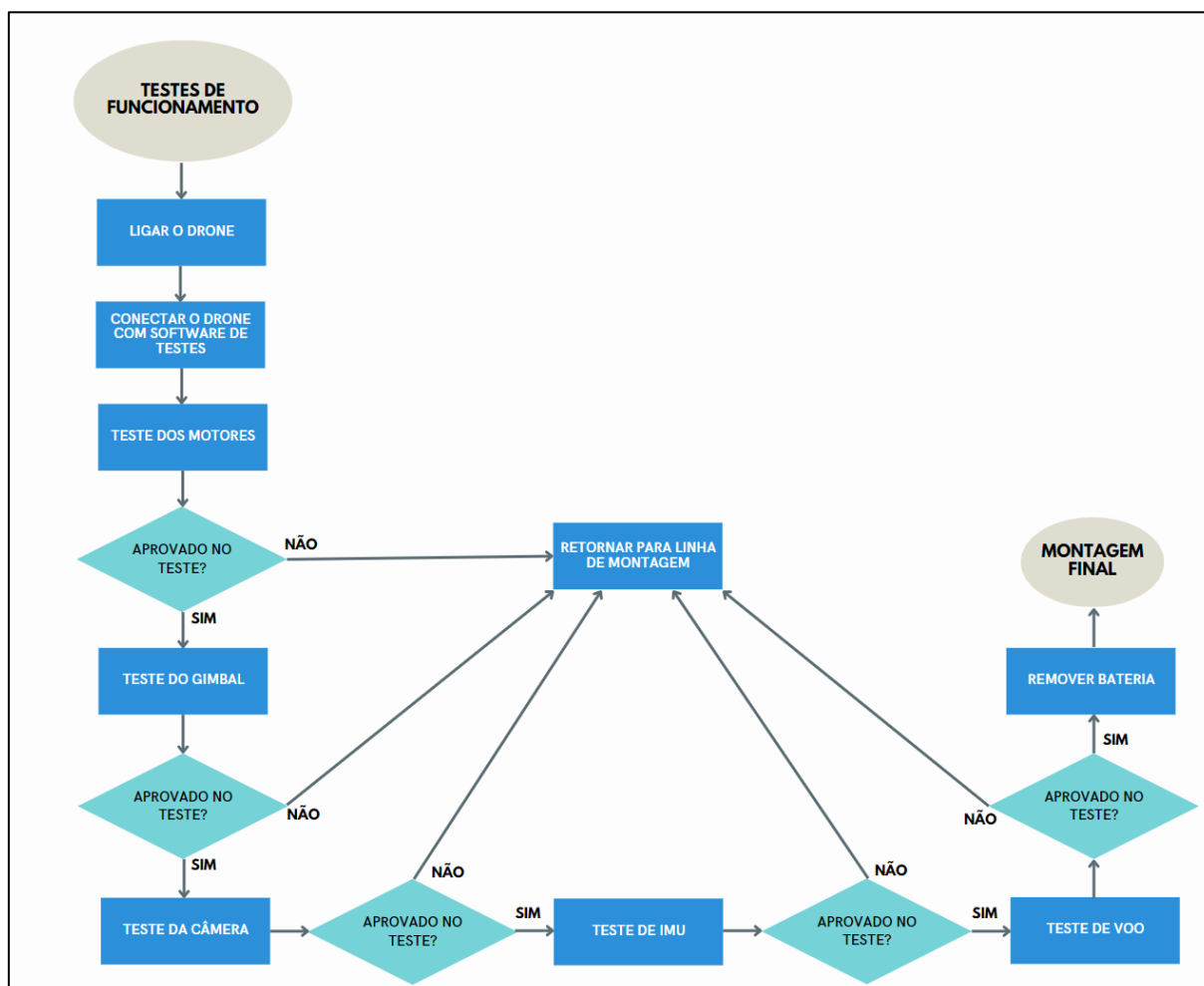
Figura 13 – Frame inferior do drone Jadger 2 após montagem



Fonte: Elaboração própria (2023).

Após a finalização da montagem do frame inferior, é realizada a montagem do frame superior, que inclui apenas a fixação do GPS e a conexão do mesmo na placa principal. Assim, os frames são fixados e o drone é encaminhado para a área de testes, onde o total funcionamento do drone será avaliado através de testes nos motores, *gimbal*, câmera, IMU e teste de voo, conforme mostra a Figura 14.

Figura 14 – Fluxograma do processo de testes



Fonte: Elaboração própria (2023).

A área de testes necessita de um espaço amplo e controlado para os drones possam realizar voos de validação sem colocar a vida de terceiros não anuentes em risco. Os testes propostos são baseados nas principais partes e peças do drone, e de acordo com operações das mesmas.

Os testes iniciam ao ligar o drone e conectá-lo com um *software* de testes. O *software* utilizado simula uma *ground station* que realiza o controle de vários drones ao mesmo tempo. É através do *software* que os testes a seguir serão iniciados e finalizados.

O teste do motor tem como objetivo avaliar o correto funcionamento dos quatro motores do drone. Através *software*, é enviado o comando de ligar motores

para o drone, e visualmente é avaliado se os quatro motores estão operando sem defeito e se o sentido de rotação está correto.

Os *gimbals* são utilizados para segurar e estabilizar a câmera. Além disso, o *gimbal* permite que a câmera se movimente em diversas direções e inclinações, e se mantenha estabilizada durante os movimentos. O drone Jadger 2 possui um *gimbal* de três eixos, que permite que a câmera se mova para cima, para baixo, para a esquerda e para a direita. (SINGH; FRAZIER, 2021)

O teste do *gimbal* garante a estabilidade da câmera do drone. Com o drone ligado, porém com os motores desligados, solicita-se a imagem da câmera através do *software* de testes. Em seguida, o *software* envia comandos para o drone movimentar o *gimbal* até a direção máxima de rotação e inclinação, e analisa-se se há travamento do movimento ou se o drone não corresponde à solicitação de movimento. Em caso de aprovação, o drone segue para o teste da câmera, em caso de reprovação o drone retorna para a linha de montagem para avaliação do defeito. (GASPAROVIC; JURJEVIC, 2018)

O teste da câmera trata-se de realizar a calibração radiométrica, que garante que a câmera irá capturar refletâncias verdadeiras dos objetos. A calibração radiométrica consiste em realizar ajustes no sensor para que o mesmo funcione com maior precisão e menor erro possível. Para realizar a calibração utiliza-se um painel de refletância calibrado, onde a refletância espectral difusa é praticamente perfeita, e o mesmo reflete a luz uniformemente em todas as direções. (SINGH; FRAZIER, 2021)

O câmera do drone é posicionada paralelamente ao painel e verifica-se a imagem enviada para o *software*. Se as cores da imagem se diferenciarem das cores apresentadas no painel, é necessário realizar ajustes de imagem através do *software*. Caso não seja necessário ajustes, o drone segue para o teste de calibração do giroscópio, em caso de reprovação o drone retorna para a linha de montagem para avaliação do defeito.

Os IMUs (*Inertial Measurement Units*) são compostos por trios de acelerômetros, giroscópios e magnetômetros, que em conjunto, possuem como função garantir o controle e estabilidade do drone. As informações providas por esses componentes são de suma importância e devem ter alta precisão, pois determinam mudanças de posição, velocidade e a orientação do drone. (CHOW; HOL; LUINGE, 2018)

O teste do IMU consiste em realizar a calibração de todos os componentes do qual é composto, para que assim, seja possível garantir a estabilidade do drone e minimizar os erros de orientação. Segundo Averil B. Chatfield (1997), os principais parâmetros a serem ajustados no processo de calibração são:

- a) acelerômetro: bias, fatores de escala e não ortogonalidades;
- b) giroscópio: desvios, fatores de escala, não ortogonalidades, desalinhamentos de eixos e sensibilidades g;
- c) magnetômetro: vieses, fatores de escala, não ortogonalidades, desalinhamentos de eixos, materiais magneticamente macios, e materiais magneticamente duros.

Um dos métodos para realizar a calibração é proposto por Joel G. Hanse (2005). Durante o teste, a IMU é exposta a variadas temperaturas susceptíveis de serem encontradas em uso real. A IMU é montada em uma plataforma que está conectada a um sistema mecânico, cuja finalidade é submetê-la a vários movimentos em vários eixos para determinar como a mesma responde.

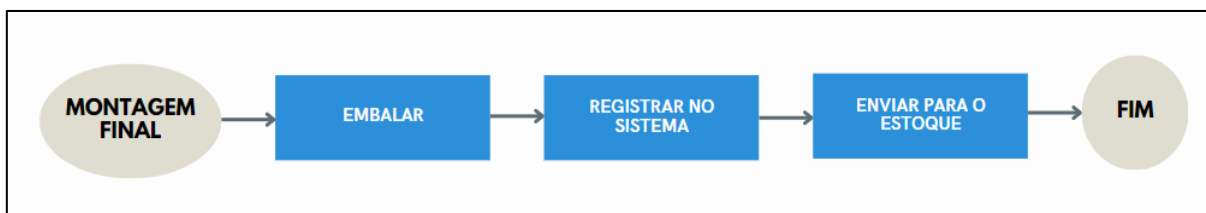
As respostas são coletadas e enviadas para um computador, que processa os dados e compara os sinais de saída IMU com os valores predeterminados conhecidos de entrada do movimento fornecido. O computador opera para determinar quaisquer erros e calcula os coeficientes de calibração desejados. (HANSE, 2005)

O computador transmitirá os coeficientes de calibração de volta para a memória interna da IMU. Assim, a IMU opera com os valores dos coeficientes de calibração armazenados para modificar as saídas nas várias temperaturas, afim de garantir a acurácia das informações obtidas pela IMU. (HANSE, 2005)

O teste de voo envolve a movimentação do drone de acordo com a indicação do *software*, e valida o completo funcionamento do produto e de todos os componentes. Durante o voo avalia-se a estabilidade do drone, da câmera, e precisão dos movimentos de acordo com as direções solicitadas.

Após a aprovação em todos os testes, o drone é movido para a linha de montagem final, onde o mesmo é embalado em conjunto com o rádiocontrole, carregador de baterias, baterias e acessórios, e enviado para o estoque, conforme mostra a Figura 15.

Figura 15 – Fluxograma do processo de montagem final



Fonte: Elaboração própria (2023).

4.3.3 CKD

Os tópicos a seguir abordam uma metodologia de produção do drone Jadger 2 através do método de montagem CKD.

4.3.3.1 Premissas

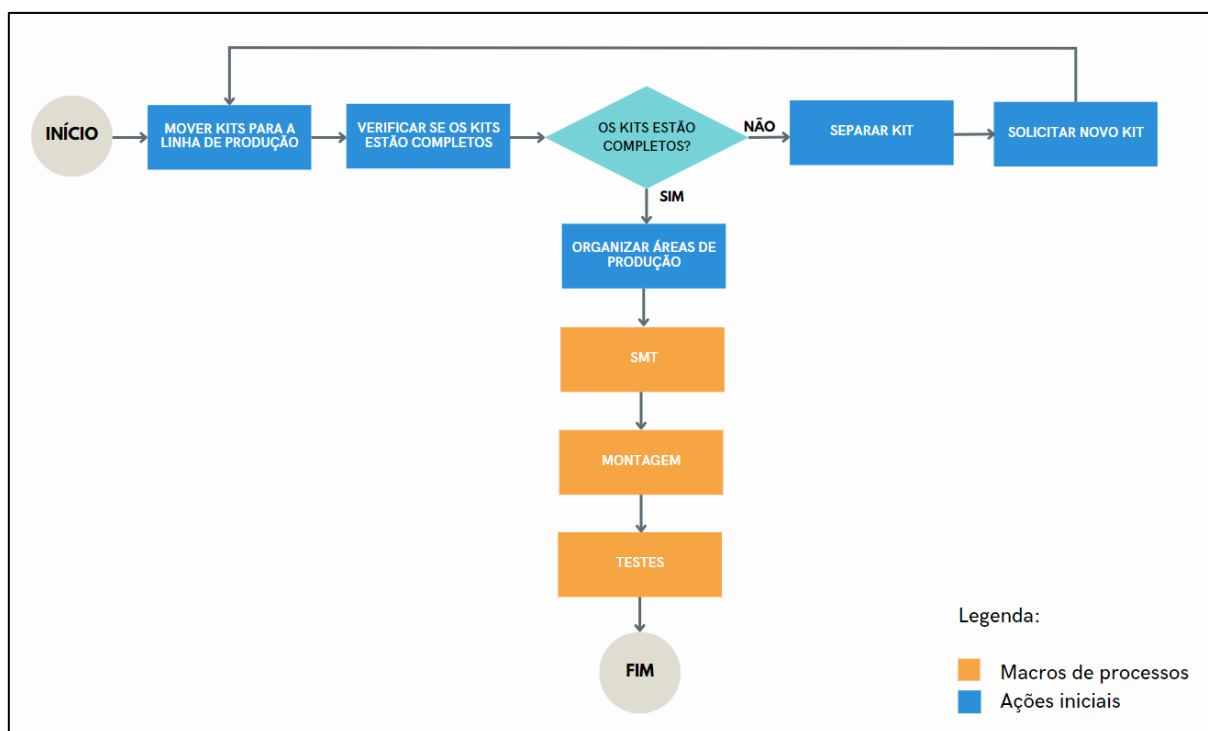
Para realizar o processo produtivo do drone Jadger 2 em CKD são consideradas as premissas a seguir:

- a) o controle remoto, as baterias e o carregador de baterias já estão montados e testados;
- b) a câmera, por ser de um fabricante terceiro, já está montada;
- c) as placas de circuito impresso são fornecidas prontas para a inserção dos componentes, sem necessidade de fabricação pelo comprador OEM;
- d) as partes plásticas do drone são fornecidas, sem necessidade de fabricação pelo comprador OEM;
- e) o processo produtivo a ser apresentado é baseado na estrutura do drone Jadger 2;
- f) o processo a ser apresentado pode ser adaptado para outros modelos de drones;
- g) o processo produtivo apresenta o fluxograma desde o desenvolvimento do produto até envio do mesmo para o estoque.

4.3.3.2 Processo produtivo em CKD

O processo produtivo do drone em CKD engloba três áreas da fábrica: o SMT (*Surface Mount Technology*, em português, Tecnologia de Montagem em Superfície), a área de montagem e a área de testes. Assim, o processo produtivo do drone em CKD segue os processos macros mostrados na Figura 16.

Figura 16 – Fluxograma macro do processo de montagem do drone Jadger 2 em CKD



Fonte: Elaboração própria (2023).

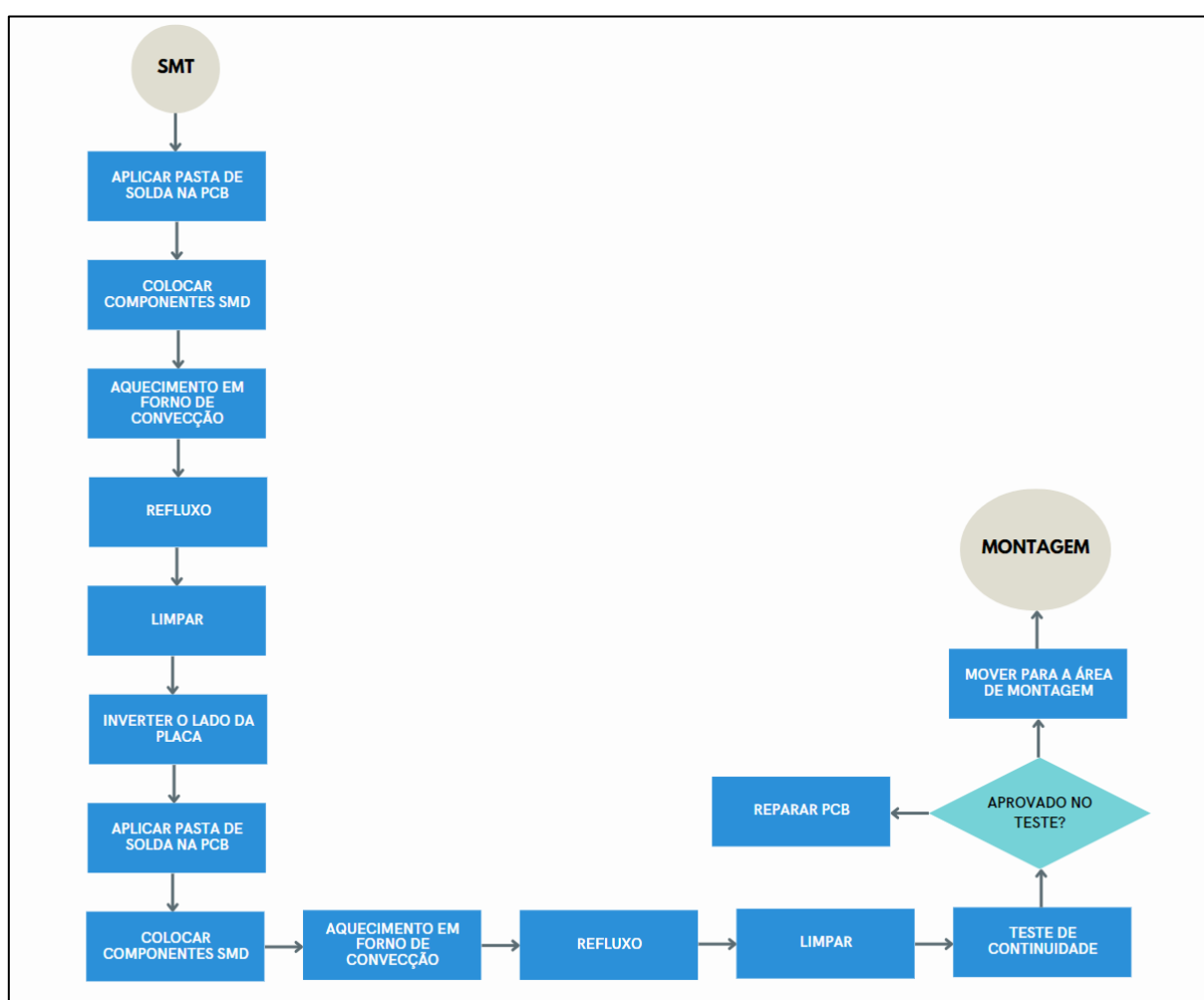
O SMT é o processo de inserção de componentes eletrônicos na placa de circuito impresso ou substrato. Existem três tipos de configuração de acordo com a montagem dos componentes: Tipo I, Tipo IIA e Tipo IIB, onde existem diferentes sequências de processo e requerem o uso de diferentes equipamentos. (TRAISTER, 2012)

O Tipo I contém apenas componentes de montagem em superfície, SMD (*Surface Mount Device*), sem nenhum tipo de componente de furo, PTH (*Pin Through Hole*), e podem ser montados unilateral ou bilateral. O Tipo IIA é a montagem de componentes de furo e SMDs na parte superior da placa e SMDs menores, como

transistores e passivos, na parte inferior da placa. O Tipo IIB inclui a montagem de componentes de furo exclusivamente na parte superior, e SMDs menores na parte inferior. (TRAISTER, 2012)

As placas principais, de energia e ESCs do drone Jagger 2 possuem a configuração Tipo I. A Figura 17 mostra o fluxograma com as etapas de SMT que devem ser seguidas para a confecção das placas principais, ESCs e de energia.

Figura 17 – Fluxograma do processo de SMT



Fonte: Adaptado de Prasad (2013).

A pasta de solda é aplicada na PCB (*Printed Circuit Board*, em português Placa de Circuito Impresso) apenas nas áreas que requerem soldagem, depois os componentes são colocados na placa e a placa segue para um forno de convecção, para remover os voláteis e solventes da pasta de solda, e ativar o fluxo. Em seguida, a placa segue para a soldagem por refluxo, que é a etapa onde a placa atinge a

temperatura mais alta. Nesta etapa, a solda derrete e cria as juntas de solda necessárias. Todo o processo é realizado nos dois lados da PCB. (PRASAD, 2013)

Por fim, as placas são analisadas, com o auxílio de um *software* com IA e uma câmera, em uma esteira de rolagem, para verificar se necessitam de algum reparo. Caso não seja necessário realizar reparos, a placa segue para a linha de montagem.

A linha de montagem é similar ao apresentado na Figura 12 para o processo SKD. Porém, ao final de todo o processo de montagem, o drone deverá passar pelo processo de instalação de *firmware* através de uma conexão USB (*Universal Serial Bus*). Em seguida, o mesmo é encaminhado para a área de testes e deve passar pelos processos já apresentados na Figura 14.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia aplicada neste trabalho buscou apresentar um estudo do mercado de drones no Brasil, no qual foi apresentado que é possível estimar o tamanho de mercado atual do segmento de *hardware* para uso profissional, com base no banco de dados do SISANT. Sabe-se que os dados apresentados pelo SISANT representam apenas uma parte dos drones existentes no mercado brasileiro, e que provavelmente o Brasil deve estar atrasado em relação ao resto do mundo, referente ao uso da tecnologia de drones.

Ao analisar os fabricantes de drones, percebeu-se que a DJI Technology possui cerca de 90% do volume dos drones cadastrados, o que a torna a maior fabricante dos drones existentes no Brasil e também no mundo. Através de uma pesquisa de preços com três revendas de drones DJI, verificou-se que o *ticket* médio de drones recreativos é de R\$ 10.897,76 e o *ticket* médio de drones profissionais é de R\$ 27.426,75 ao considerar o preço dos drones para o cliente final.

Atualmente, de acordo com o SISANT, drones de uso recreativo são utilizados para uso profissional, como monitoramento, inspeção e publicidade, o que pode ser justificado pela grande diferença entre o *ticket* médio de drones recreativos e profissionais. Verificou-se que o mercado brasileiro de *hardware* para uso profissional pode ser estimado em mais de R\$ 233,17 milhões em 2022.

Aplicou-se também o teorema de Bass à quantidade de drones para uso profissional. Primeiro, considera-se o histórico de cadastros de 2021 à 2022 e estima-se a quantidade de cadastros no SISANT para os próximos anos, no período de 2023 à 2040. Com a aplicação do mercado potencial no modelo de Bass, estabeleceu-se a projeção do crescimento do número de cadastros de drones para uso profissional ao longo dos próximos anos, em três diferentes cenários: realista, otimista e conservador.

As projeções nos diferentes cenários resultaram em variações ao fim do horizonte, de acordo com cada cenário: realista, que retrata uma curva moderada, com uma estimativa acumulada de 1.483.641 drones cadastrados para uso profissional até o ano de 2040; otimista, com uma curva rápida, com uma estimativa de 1.541.671 drones cadastrados para uso profissional até o ano de 2040; e o conservador, com uma curva lenta e uma estimativa de 1.338.397 drones cadastrados

para uso profissional até o ano de 2040. Para os cenários realista e conservador, o Brasil encontra-se na fase de crescimento lento da difusão da tecnologia para uso profissional, onde os adeptos a tecnologia são classificados como inovadores, e para o cenário otimista, os adeptos são considerados adotantes iniciais.

Percebe-se que, o Teorema de Bass mostra uma queda no mercado, onde o mesmo chega a quase zero novos cadastros de drones em 2040, no cenário otimista, o que é diferente da projeção realizada para estimar o mercado potencial. Além disso, o modelo não prevê que um cliente final irá realizar a substituição do produto, o que usualmente acontece.

Não foram identificados trabalhos que aplicam a mesma metodologia para identificar o comportamento da adesão drones para uso profissional ao longo do tempo, impossibilitando a comparação dos resultados. Também não foram identificados trabalhos que aplicam outras metodologias para contraposição. Para validação dos dados é preciso monitorar o mercado.

Além do estudo de mercado, este trabalho propôs uma metodologia para a produção do drone Jadger 2 nos métodos de montagem OEM, SKD e CKD, que podem ser adaptadas para outros modelos de drones existentes no mercado. As propostas para a montagem do drone Jadger 2 trazem fluxogramas detalhados que mostram as principais etapas dos processos de montagem.

A decisão entre qual modelo de produção utilizar é altamente influenciada por benefícios que a empresa importadora teria, como redução de impostos e redução no custo de transporte. O modelo OEM traz uma metodologia mais simples, com baixo investimento, o SKD necessita de um conhecimento maior sobre a montagem do produto e investimento em fábrica, e o CKD é o método que necessita de alto conhecimento sobre o processo de montagem do produto e alto investimento em fábrica. Assim, o trabalho concatenou três grandes etapas que se necessita estudar antes de entrar no mercado de drones: o tamanho de mercado, empresas atuantes e os métodos de fabricação.

O mercado de drones ainda se encontra em plena ascensão, com diversas oportunidades de crescimento em todos os cenários estudados para o mercado brasileiro. As diferentes formas de tropicalização da tecnologia permitem a diversidade

para os *players* interessados, sem necessariamente uma concorrência direta no modelo de negócio.

REFERÊNCIAS

ALEMÁN, José Luis Munuera; ESCUDERO, Ana Isabel Rodríguez. **Estrategias de marketing**: un enfoque basado en el proceso de dirección. Madrid: Esic, 2007. 100 p.

AMANN, Edmund; CANTWELL, John (ed.). **Innovative Firms in Emerging Market Countries**. Reino Unido: Oup Oxford, 2012. 230 p.

ANAC (org.). **Painel de Drones Cadastrados**. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/aceso-a-informacao/dados-abertos/areas-de-atuacao/aeronaves/drones-cadastrados/painel-de-drones-cadastrados>. Acesso em: 20 out. 2022.

ANATEL. **Institucional**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anatel/pt-br/aceso-a-informacao/institucional>. Acesso em: 12 fev. 2023.

BASS, Frank M. A New Product Growth for Model Consumer Durables. **Management Science**, vol. 15, no. 5, p. 215–227, 1969.

BRASIL. ANAC. **Uso de drones na agricultura tem regras simplificadas pela ANAC**. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2023/uso-de-drones-na-agricultura-tem-regras-simplificadas-pela-anac>. Acesso em: 27 maio 2023.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **ICA 100-40: Aeronaves não tripulados e o acesso ao espaço aéreo brasileiro**. Rio de Janeiro, 22 maio 2020. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-100-40>. Acesso em: 12 nov. 2022.

BRASIL. **Lei Nº 8.387, de 30 de dezembro de 1991**. Dispõe sobre o Processo Produtivo Básico. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1991. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8387.htm. Acesso em: 10 mar. 2023.

BRASIL. **Lei Nº 3.173, de 6 de junho de 1957**. Dispõe sobre a criação da Zona Franca de Manaus. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1957. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/l3173.htm#:~:text=LEI%20No%203.173%2C%20DE%206%20DE%20JUNHO%20DE%201957.&text=Cria%20uma%20zona%20franca%20na,Amazonas%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A1ncias. Acesso em: 10 mar. 2023.

BRASIL. **Portaria DECEA Nº 112/DGCEA, de 22 de maio de 2020**. Aprova a reedição da ICA 100-40, Instrução sobre “Aeronaves não tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo”. Disponível em: <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-100-40>. Acesso em: 10 out. 2022

BRASIL. **Portaria MAPA n.º 112, de 08 de julho de 2020**. Submete à Consulta Pública a Proposta de Instrução Normativa para Regulamentação do Uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) Em Atividades Agropecuárias. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, v. 131, n. 131, p. 9. 10 jul.

2020. Seção 1. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-112-de-8-de-julho-de-2020-266121514>. Acesso em: 02 mar. 2023.

BRASIL. **Portaria MAPA n.º 298, de 22 de setembro de 2021.** Estabelece regras para operação de aeronaves remotamente pilotadas destinadas à aplicação de agrotóxicos e afins, adjuvantes, fertilizantes, inoculantes, corretivos e sementes. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, v. 182, n. 182, p. 14. 25 set. 2021. Seção 1. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mapa-n-298-de-22-de-setembro-de-2021-347039095>. Acesso em: 02. mar. 2023.

BRASIL. **Resolução ANAC nº 710, de 31 de março de 2023.** Aprova a Emenda nº 03 ao RBAC-E nº 94. Diário Oficial da União. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/resolucoes/2023/resolucao-710>. Acesso em: 27 maio 2023.

BRASIL. **Resolução ANATEL nº 715, de 23 de outubro de 2019.** Aprova o Regulamento de Avaliação da Conformidade e de Homologação de Produtos para Telecomunicações. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2019/1350-resolucao-715#art3>. Acesso em: 02 fev. 2023.

BRETT DANIEL (ed.). **Ground Control Stations: The Lifeblood of Remotely Piloted Aircraft.** 2020. Disponível em: <https://www.trentonsystems.com/blog/ground-control-stations>. Acesso em: 16 mar. 2023.

BÜCHI, Roland. **Communication of Drones Telemetry Using a Flight Controller.** Alemanha: Books On Demand, 2022.

CALAFATE, Carlos Tavares; TROPEA, Mauro. **Unmanned Aerial Vehicles: platforms, applications, security and services.** [S.L.]: Mdpi Ag, 2020.

CAVALCANTE, A. M.; MARQUEZINI, M. V.; MENDES, L.; MORENO, C. S.. 5G for Remote Areas: Challenges, Opportunities and Business Modeling for Brazil. **IEEE Access.** [S.L.], p. 10829-10843. 04 dez. 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9319126>. Acesso em: 15 jun. 2023.

CHO, Hyungsuck; LEE, Jangmyung; YOON, Kwang-Joon; LEE, Sukhan. **Intelligent Autonomous Systems 12:** volume 1: proceedings of the 12th international conference ias-12, held june 26-29, 2012, jeju island, korea. [S.L.]: Springer Berlin Heidelberg, 2012.

CONFORTI, Facundo. **Drone pilot.** Mar del Plata, Argentina: Biblioteca Aeronáutica, 2021.

CONVENÇÃO DE AVIAÇÃO CIVIL INTERNACIONAL. **Princípios e entendimentos para que a aviação civil internacional se desenvolva de maneira segura e sistemática,** Chicago, 7 de dezembro de 1944. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/decretos/decreto-no-21-713-de-27-08-1946/@@display-file/arquivo_norma/convencaoChicago.pdf. Acesso em: 10 fev. 2023.

CHATFIELD, A.B. **Fundamentals of High Accuracy Inertial Navigation**; American Institute of Aeronautics and Astronautics: Reston, VA, EUA, 1997.

CRAWFORD, Merle; BENEDETTO, Anthony di. **Gestão de Novos Produtos**. 11. ed. [S.L.]: McGraw Hill Brasil, 2015. 267 p.

CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 2. ed. Porto Alegre: Penso Editora, 2021.

CUSTERS, Bart. **The Future of Drone Use**: opportunities and threats from ethical and legal perspectives. Leiden: T.M.C. Asser Press, 2016.

DANIELS, Noah. **Video Surveillance 101**. [S.L.]: Bookrix GmbH & Company Kg, 2014.

DECEA. **O DECEA**. Disponível em: <https://www.decea.mil.br/?i=quem-somos&p=o-decea>. Acesso em: 27 fev. 2023.

DJI TECHNOLOGY (org.). **Agras T40**. Disponível em: <https://www.dji.com/br/t40?site=brandsite&from=nav>. Acesso em: 24 mar. 2023.

DJI TECHNOLOGY (org.). **Drones com câmera**. Disponível em: <https://www.dji.com/br/camera-drones?site=brandsite&from=footer>. Acesso em: 24 mar. 2023.

DJI TECHNOLOGY (org.). **Série Matrice 30**. Disponível em: <https://www.dji.com/br/matrice-30?site=brandsite&from=nav>. Acesso em: 24 mar. 2023.

DJI TECHNOLOGY (org.). **Sobre a DJI**. Disponível em: <https://www.dji.com/br/company?site=brandsite&from=footer>. Acesso em: 20 mar. 2023.

DJI TECHNOLOGY (org.). **Zenmuse H20N**. Disponível em: <https://www.dji.com/br/zenmuse-h20n>. Acesso em: 11 mar. 2023.

DRONES: COM TRÊS DRONES, DJI COMEÇA EXPANSÃO NO BRASIL. [S.L.]: Mobile Time, 2017. Disponível em: <https://www.mobiletime.com.br/rss-site-antigo/05/12/2017/drones-com-tres-drones-dji-comeca-expansao-no-brasil/>. Acesso em: 24 mar. 2023.

DUAN, Haibin; YAN, Liang; DENG, Yimin. **Advances in Guidance, Navigation and Control**: proceedings of 2022 international conference on guidance, navigation and control. Cingapura: Springer Nature Singapore, 2023.

DUIN, Patrick van Der. **Foresight in Organizations**: methods and tools. Reino Unido: Taylor & Francis, 2016.

ED ALVARADO. Drone Industry Insights. **The best manufacturing companies in 2022**. Disponível em: <https://droneii.com/best-drone-manufacturing-companies>. Acesso em: 20 mar. 2023.

FARIA, Izabel Sabatier de; FARIA, Mario de. **Pesquisa de marketing**: teoria e prática. São Paulo: M.Books, 2009.

FRAZIER, Amy E.; SINGH, Kunwar K.. **Fundamentals of Capturing and Processing Drone Imagery and Data**. Flórida: Crc Press, 2021. 385 p.

GARWOOD, Dave. **Bills of Material**: for a lean enterprise. [S.L.]: Dogwood Publishing Company, 2007.

GASPAROVIC, Mateo; JURJEVIC, Luka. Gimbal influence on the stability of exterior orientation parameters of UAV acquired images. In: TSOURDOS, Antonios; TORO, Felipe Gonzalez (ed.). **UAV-Based Remote Sensing Volume 1**. Basel: Mdpi Ag, 2018. p. 151-154.

HALL, Robert Ernest; LIEBERMAN, Max. **Microeconomia: princípios e aplicações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

HANSE, J. **Method for Calibrating an Inertial Measurement Unit**. EUA. Patente US6,968,281 B2, 2005.

HARRELL, Brian; MORAN, Travis. The pressing threat of Chinese-made drones flying above U.S. critical infrastructure. **Cyberscoop**. Washington. 23 mar. 2023. Disponível em: <https://cyberscoop.com/chinese-drone-threat-dji-regulation-critical-infrastructure/>. Acesso em: 24 mar. 2023.

HARRIS STATION. **Carrier Ground Control Station (C-GCS)**. Disponível em: <https://www.harrisaerial.com/c-ground-control-station/>. Acesso em: 16 mar. 2023.

HAYKIN, Simon; MOHER, Michael. **Sistemas de Comunicação**. 5. ed. Canadá: Bookman Editora, 2011. 512 p.

HEMANTH, D. Jude; SHAKYA, Subarna; BAIG, Zubair. **Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things**: icici 2019. Cham: Springer International Publishing, 2019.

JOUAV (org.). **About us**. Disponível em: <https://www.jouav.com/company>. Acesso em: 24 mar. 2023.

JOUAV (org.). **CW-25H Hydrogen-eletric hybrid VTOL fixed-wing UAV**. Disponível em: <https://www.jouav.com/products/cw-25h.html>. Acesso em: 24 mar. 2023.

JOUAV (org.). **UAV system**. Disponível em: <https://www.jouav.com/products/drone/>. Acesso em: 24 mar. 2023.

KIM, Linsu; NELSON, Richard R.. **Technology, learning and innovation: experiences of newly industrializing economies**. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press, 2000.

KOLOKOTRONIS, Nicholas; SHIAELES, Stavros. **Internet of Things, Threats, Landscape, and Countermeasures**. Estados Unidos: Crc Press, 2021.

KONDAPALLI, Bhavyanth. **Development and Future of Drones**: explore heights. na: Publicação Independente, 2018.

MARSHALL, Douglas M.; SHAPPEE, Eric; BARNHART, R. Kurt. **Introduction to Unmanned Aircraft Systems**. Abington: Crc Press, 2021.

MASSIANI, Jérôme; GOHS, Andreas. The choice of Bass model coefficients to forecast diffusion for innovative products: An empirical investigation for new automotive technologies. **Research in Transportation Economics**, v. 50, p. 17–28, 2015.

MAYERGOYZ, Isaak D; TYAGI, Siddharth. **Pulse Width Modulation In Power Electronics**. Singapura: World Scientific Publishing Company, 2021.

MILLER, Russell R.. **Doing Business in Newly Privatized Markets**: global opportunities and challenges. Westport: Quorum, 2000.

MMC UAV. **Jadger 2**. Disponível em: <https://www.mmcuav.com/products/jadger-2>. Acesso em: 21 maio 2023.

MOHANRAJ, Deepak *et al.* A Review of BLDC Motor: State of Art, Advanced Control Techniques, and Applications. **Ieee Access**, [S.L.], p. 54833-54869, 9 maio 2022. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9774372>. Acesso em: 01 jun. 2023.

MORAES, Dijon de. O design no contexto de uma industrialização forçada. **Análise do design brasileiro**: entre mimese e mestiçagem. São Paulo: Blucher, 2006. p. 105-106.

MUZAR, Dominic; LANTEIGNE, Eric. Experimental characterization of brushless motors and propellers for flight application. **Uo Research**, Kelowna, p. 1-11, jun. 2016. Disponível em: [https://ruor.uottawa.ca/bitstream/10393/36011/1/CSME%20\(06.29.16\)%20-%20Dominic_Revised.pdf](https://ruor.uottawa.ca/bitstream/10393/36011/1/CSME%20(06.29.16)%20-%20Dominic_Revised.pdf). Acesso em: 01 jun. 2023.

NEWCOME, Laurence R.. **Unmanned Aviation: a brief history of unmanned aerial vehicles**. Virginia: American Institute Of Aeronautics And Astronautics, 2004.

NORTH, Klaus. **Localizing Global Production**: know-how transfer in international manufacturing. Geneva: International Labour Office, 1997.
O MUNDO DOS UNICÓRNIOS: SKYDIO. [S.L.]: Forbes, 2021. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbes-tech/2021/06/o-mundo-dos-unicornios-skydio/>. Acesso em: 24 mar. 2023.

PALIK, Mátyás; NAGY, Máté. Brief history of UAV development. **Repüléstudományi Közlemények**, [S.L.], v. 31, n. 1, p. 155-166, 2019. Repulestudományi Kozlemenyekek. <http://dx.doi.org/10.32560/rk.2019.1.13>.

PARROT (org.). **2022 Full-year earnings**. 2023. Disponível em: https://www.parrot.com/assets/s3fs-public/2023-03/PARROT_CP_Resultats-Annuels-2022_20230316_EN_DEF.pdf. Acesso em: 20 mar. 2023.

PARROT (org.). **ANAFI Ai: the 4g robotic uav**. The 4G robotic UAV. Disponível em: <https://www.parrot.com/assets/s3fs-public/2022-01/whitepaperanafiai.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2023.

PARROT (org.). **Companies & associates**. Disponível em: <https://www.parrot.com/en/corporate/drone-subsidiaries-associates>. Acesso em: 24 mar. 2023.

PAZIM, Ronaldo Zanata. **Os Drones E A Violação Da Privacidade Alheia: o conflito entre as novas tecnologias e o direito à intimidade**. Cerquilho, Sp: Clube de Autores, 2021. 374 p.

PASSERN, Ulrich. **The Great Model Battery Book: basics and practical tips**. Bades-Bade: Verlag Für Technik Und Handwerk, 2019. 128 p.

PERRITT JUNIOR, Henry H; SPRAGUE, Eliot O; SPRAGUE, Eliot O. **Domesticating Drones: the technology, law, and economics of unmanned aircraft**. Oxon: Crc Press, 2016.

PIETRO, Giuseppe de; JAIN, Lakhmi C.; VLACIC, Ljubo; GALLO, Luigi; HOWLETT, Robert J. (ed.). **Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services: proceedings of 2018 conference**. Cham: Springer International Publishing, 2018.

PRASAD, Ray. **Surface Mount Technology: principles and practice**. Portland: Springer Us, 2013. 8 p.

ROGERS, Everett M. **Diffusion of Innovations**. 4. ed. Nova Iorque: Free Press, 2003.

ROGERS, Everett M. **Diffusion of innovations**. 3. ed. London: The Free Press, 1962. 453 p.

ROTHSTEIN, Adam. **Drone**. Nova Iorque: Bloomsbury, 2015. 160 p.

SANDRONI, Paulo (Org.). **Dicionário de Economia do Século XXI**. Rio de Janeiro: Campus, 1996.

SANTOS, Shalton Viana dos. **RFID: conceitos, implementação e desempenho com baixo custo computacional**. São Paulo: Editora Dialética, 2022.

SCHROTH, Lukas; BÖDECKER, Hendrik. **Global Drone Market Report 2022-2030**. Alemanha: Drone Industry Insights, 2022. Disponível em: <https://droneii.com/product/drone-market-report>. Acesso em: 05 out. 2022.

SEBBANE, Yasmina Bestaoui. **A First Course in Aerial Robots and Drones**. Estados Unidos: Crc Press, 2022.

SHEN, Michael Yih-Chung. **How to Do Business in China**. Estados Unidos: Dorrance Pub, 2004.

SINGH, Kunwar K.; FRAZIER, Amy E.. Choosing a sensor for UAS imagery collection. **Fundamentals of Capturing and Processing Drone Imagery and Data**. Abingdon: Crc Press, 2021. p. 37-47.

SKYDIO (org.). **Skydio Named to Fast Company's Annual List of the World's Most Innovative Companies for 2023**. Disponível em: <https://www.skydio.com/blog/skydio-named-to-fast-company-s-annual-list-of-the-world-s-most-innovative-companies-for-2023>. Acesso em: 24 mar. 2023.

SKYDIO (org.). **Skydio 2+**. Disponível em: <https://www.skydio.com/skydio-2-plus>. Acesso em: 24 mar. 2023.

SKYDIO (org.). **Skydio Soars Into 2023 as it Meets Critical Infrastructure Need**. Disponível em: <https://www.skydio.com/blog/skydio-raises-230-million-series-e-funding-round#:~:text=On%20the%20strength%20of%20its,valuation%20of%20over%20%242.2%20billion..> Acesso em: 24 mar. 2023.

SOARES, Filomena; MACHADO, José; TROJANOWSKA, Justyna; YILDIRIM, Sahin (ed.). **Innovations in Mechatronics Engineering**. Cham: Springer International Publishing, 2021. 483 p.

STEINBRINK, John P. (ed.). **The Sales Manager's Handbook**. Chicago: [S.N.], 1990.

TOMIYAMA, Eiko. A Study of Semi Knock Down (SKD) Production and Sales and Marketing Strategy in the Russian Far East. **The Northeast Asian Economic Review**, [s. l], v. 2, n. 2, p. 39-50, out. 2014. Disponível em: https://erina.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=272&item_no=1&page_id=13&block_id=21. Acesso em: 27 nov. 2022.

TRAISTER, John. **Design Guidelines for Surface Mount Technology**. Virginia: Elsevier Science, 2012.

TSOURDOS, Antonios. **UAV-Based Remote Sensing Volume 2**. Basel: Mdpi Ag, 2018.

TULDER, R.; RUIGROK, W. European cross-national production networks in the auto industry: eastern europe as the low end of european car complex. In: **Kreisky Forum and BRIE Policy Conference**, 1997.

UNITED STATES INTERNATIONAL TRADE COMMISSION (Estados Unidos). **Automotive Replacement Glass Windshields from China**. [S.L.]: U.s. International Trade Commission, 2001.

U.S. DEPARTMENT OF THE TREASURY. **Treasury Identifies Eight Chinese Tech Firms as Part of The Chinese Military-Industrial Complex**. Disponível em: <https://home.treasury.gov/news/press-releases/jy0538>. Acesso em: 24 mar. 2023.

VINCENT, Ron. **Learning ArcGIS Runtime SDK for .NET**. Birmingham: Packt Publishing, 2016.

VOLLMER, Michael; MÖLLMANN, Klaus-Peter. **Infrared Thermal Imaging: fundamentals, research and applications**. Alemanha: Wiley, 2011. 621 p.

WEINIG, Fritz. **Aerodynamics of the Propeller**. Ohio: Air Documents Division, Intelligence Department, Air Material Command, 1948.

WHITTLE, Richard. **The man who invented the Predator**. 2013. Disponível em: <https://www.airspacemag.com/flight-today/the-man-who-invented-the-predator-3970502/>. Acesso em: 19 nov. 2022.

WILSON, Adidas. **Dominando drones**. Chicago: Babel Cube Books, 2020.

XAG (org.). **About XAG**. Disponível em: <https://www.xa.com/en/about>. Acesso em: 20 mar. 2023.

XAG (org.). **Products**. Disponível em: <https://www.xa.com/en/products>. Acesso em: 24 mar. 2023.

XIONG, Caihua; HUANG, Yongan; XIONG, Youlun. **Intelligent Robotics and Applications: first international conference, icira 2008 wuhan, china, october 15-17, 2008 proceedings, part ii**. 2. ed. Chennai: Springer, 2008.