

Evolução e tendências do uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas no Brasil (2017-2022) e suas implicações para o geoprocessamento¹

Evolution and trends in the use of Remotely Piloted Aircraft in Brazil (2017-2022) and its implications for geoprocessing

Evolución y tendencias del uso de Aeronaves Pilotadas Remotamente en Brasil (2017-2022) y sus implicaciones para el geoprocесamiento

Otacílio Lopes de Souza da Paz

Doutor em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. otacilio.paz@gmail.com | 0000-0002-1273-2562

Ivandra Alves Ribeiro

Doutoranda em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. ivv.alves@gmail.com | 0000-0002-3118-029X

Elias Fernando Berra

Doutor em Geomática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. eliasberra@ufpr.br | 0000-0002-0220-5048

Eduardo Vedor de Paula

Doutor em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil. edugeo@ufpr.br | 0000-0002-1847-0161

Para citar este artículo: Paz, O., Ribeiro, I., Berra, E y Paula, E. (2023). Evolução e tendências do uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas no Brasil (2017-2022) e suas implicações para o geoprocessamento.

Entorno Geográfico, (26), e22513072. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i26.13072>

Resumo

As aeronaves remotamente pilotadas (RPA) revolucionaram o campo do Sensoriamento Remoto, democratizando a aquisição de dados geoespaciais aéreos. No Brasil, o uso das RPAs é regulamentado pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), por meio de

¹ Artigo derivado da pesquisa de pós-doutorado do primeiro autor, realizado em colaboração com os coautores, através de bolsa no programa do Termo de Execução Descentralizada (TED) firmado entre o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Inca) e a Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Trabalho apresentado no VII Workshop da Rede Ibero-americana de Observação Territorial (RIDOT), realizado nos dias 27 a 29 de março de 2023, em Curitiba, Brasil, no eixo temático 3 - Ferramentas e sistemas de apoio para à tomada de decisão, gestão e ordenamento territorial.



cadastros em sistemas específicos vinculados ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Como os dados de cadastro das RPAs são disponibilizados na internet, há uma oportunidade de analisar quantitativamente a evolução e o cenário atual do uso de RPAs no Brasil. Objetiva-se realizar esse balanço, apresentando o uso das RPAs no Brasil, elencando quantidades de cadastros, fabricantes e modelos das RPAs e ramos de atuação, tendo como recorte temporal de 2017 a 2022. Os dados tabulares foram coletados no endereço eletrônico da ANAC e do Portal Brasileiro de Dados Abertos, sendo analisados com uso do software Microsoft Excel. Foi observado aumento de 269% no total de RPAs cadastradas, com expressiva concentração no Distrito Federal, São Paulo, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul e Paraná. Também foi identificado crescimento do número de registros de RPAs para uso profissional e por pessoas jurídicas, corroborando a ideia de uma progressiva profissionalização do uso das RPAs no País. Predomina no Brasil o uso de RPAs do tipo quadrimotor. A análise dos diversos ramos de aplicação permitiu uma classificação em quatro grandes áreas: recreação, comercial, poder público e pesquisas científicas. Os resultados corroboram a ideia de que as RPAs têm sido amplamente utilizadas em estudos técnico-científicos, sobretudo nas áreas de planejamento e gestão do território. Ao final, apresenta-se uma discussão/reflexão dos usos das RPAs em pesquisas científicas no campo do geoprocessamento.

Palavras-chave: drones, VANT, sensoriamento remoto, cartografia e aerolevantamento

Abstract

Remotely piloted aircraft (RPA) revolutionized Remote Sensing, democratizing the acquisition of aerial geospatial data. In Brazil, RPAs are regulated by the National Civil Aviation Agency (ANAC), through and registered in specific systems linked to the Department of Airspace Control. As RPA registration data are available on the internet, there is an opportunity to quantitatively analyze the evolution and current scenario of RPA use in Brazil. In this paper, we analyze the current situation of the use of RPAs in Brazil, quantifying registrations, manufacturers, models and branches of activity, between 2017 to 2022. Tabular data were collected from the ANAC website and of the Brazilian Open Data Portal, being analyzed using Microsoft Excel software. An increase of 269% was observed in the total number of RPAs registered, with a significant concentration in the Distrito

Federal, São Paulo, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul e Paraná (Federal Units of Brazil). An increase in the number of registrations of RPAs for professional use and by companies was also identified, corroborating the idea of a progressive professionalization of the use of RPAs in Brazil. The analysis of the various branches of application allowed a classification into four major areas: recreation, commercial, public and scientific research. At the end, a discussion/reflection of the uses of RPAs in scientific research in the field of geoprocessing is presented.

Keywords: drone, VANT, remote sensing, cartography and aerial survey

Resumen

Las aeronaves pilotadas remotamente (RPA, por sus siglas en inglés) revolucionaron la percepción remota, democratizando la adquisición de datos geoespaciales aéreos. En Brasil, las RPAs están reguladas por la Agencia Nacional de Aviación Civil (ANAC) y registradas en sistemas específicos vinculados al Departamento de Control del Espacio Aéreo. Dado que los datos de registro de RPAs están disponibles en internet, existe la oportunidad de analizar cuantitativamente la evolución y el escenario actual del uso de RPAs en Brasil. En este artículo, se analiza la situación actual del uso de RPAs en Brasil, cuantificando registros, fabricantes, modelos y sectores de actividad entre 2017 y 2022. Los datos tabulares se recopilaron del sitio web de la ANAC y del Portal Brasileño de Datos Abiertos, siendo analizados mediante el software Microsoft Excel. Se observó un aumento del 269% en el número total de RPAs registrados, con una concentración significativa en el Distrito Federal, São Paulo, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul y Paraná (unidades federativas de Brasil). También se identificó un incremento en el número de registros de RPAs para uso profesional y por parte de empresas, lo que corrobora la idea de una profesionalización progresiva del uso de RPAs en el país. El análisis de los distintos sectores de aplicación permitió una clasificación en cuatro grandes áreas: recreativa, comercial, pública e investigación científica. Al final, se presenta una discusión/reflexión sobre los usos de las RPAs en investigaciones científicas en el campo del geoprocесamiento.

Palabras clave: dron, VANT, percepción remota, cartografía y levantamiento aéreo

Recibido: 19 de marzo de 2023

Aceptado: 23 de junio de 2023

Publicado: 19 de julio de 2023

1. Introdução

A popularização das aeronaves remotamente pilotadas (RPA, do inglês Remotely Piloted Aircraft), conhecidas comumente como drones, causou profundas mudanças no Sensoriamento Remoto, revolucionando a aquisição de imagens da superfície terrestre, fornecendo dados de resolução espacial finos em períodos de revisita controlados pelo usuário com custo relativamente baixo.

A lista de possibilidades de uso dos produtos coletados pelas RPAs cresce a cada dia, seja repetindo aplicações e aumentando o nível de detalhamento de produtos que já eram gerados por métodos de coleta tradicionais (sensor a bordo de satélite ou aeronave pilotada), como classificações de uso e cobertura da terra em altíssima resolução espacial com identificação de espécies da flora (Al-Najjar et al., 2019; Gonçalves, 2021; Wyard et al., 2022), seja aprimorando e desenvolvendo novas aplicações, como monitoramentos agrícolas em tempo real (Murugan et al., 2017; Shafi et al., 2020).

Com foco no geoprocessamento, as RPAs coletam imagens da superfície que, ao serem processadas, geram ortomosaicos e modelos digitais de superfície (superfície + objetos sobre essa, como carros, edificações, entre outros) (Sopchaki et al., 2018). Em etapas de pós-processamentos, produtos específicos podem ser derivados, como índices espectrais e modelos digitais do terreno (MDT) (Escalante et al., 2016; Hung et al., 2018; Paz & Sampaio, 2019a; Silva et al., 2015).

Ao revisarem as aplicações das RPAs em pesquisas geográficas, Paz e Sampaio (2019b) observaram progressiva popularização do uso dessa tecnologia na Geografia, identificando 32 temas de pesquisa, se destacando a produção de bases cartográficas, caracterizações da vegetação, análises de processos erosivos e geração de MDT. Ainda, Paz e Sampaio (2019b) apontam que, embora o uso predominante das RPAs na Geografia seja para aerolevantamentos, são encontrados exemplos de aplicação na coleta de imagens aéreas registradas em visada oblíqua, as chamadas aerofotografias, que consequentemente ampliam a noção de paisagem desses pesquisadores.

Indo para além das pesquisas científicas, com aplicações de mapeamento, monitoramento e

inspeções, as aerofotografias e filmagens registradas pelas RPAs são frequentemente utilizadas em eventos sociais festivos e por forças de segurança. A crescente popularização e profissionalização do uso das RPA no Brasil demandou a criação de departamentos e normas específicas, visando conciliar a multiplicidade de interesses de uso do espaço aéreo.

No Brasil, autorização e cadastros devem ser feitos para operação das RPAs, seja para uso profissional ou recreativo. Todas as RPAs em território brasileiro (de uso profissional ou recreativo) devem possuir homologação junto a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e cadastro na Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC (para RPA com peso acima de 250 g). No uso profissional, outros documentos devem ser portados durante o voo como manual do equipamento, avaliação de risco e seguro de Responsabilidade Civil do Explorador ou Transportador Aéreo (RETA), além da necessidade de requisição de acesso ao espaço aéreo, sendo esse procedimento efetuado no sistema de Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARPAS), vinculado ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

Em conformidade com a lei de acesso à informação (Lei nº 12.527/2011), a ANAC, por meio do Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT), disponibiliza na internet dados referentes as RPAs cadastradas no território brasileiro, sendo identificada uma oportunidade de analisar quantitativamente a evolução e o cenário atual do uso de RPAs no Brasil. Assim, objetiva-se nesse artigo realizar esse balanço, apresentando o uso das RPAs no País, elencando quantidades de cadastros, fabricantes e modelos das RPAs e ramos de atuação, tendo como recorte temporal de 2017 a 2022. Ao final, a partir dos resultados obtidos e consultas a literatura, apresenta-se uma discussão dos usos das RPAs em pesquisas científicas no campo do geoprocessamento.

2. Procedimentos metodológicos

Os procedimentos executados foram divididos entre coleta e tratamento de dados em planilhas eletrônicas. Os dados referentes aos cadastros das RPAs foram adquiridos em dois portais na internet (Tabela 1). Dados referentes a quantidade de cadastros por ano foram adquiridos no endereço eletrônico da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Já as características da RPA como fabricante, modelos, unidade federativa de registro e ramo de atuação foram baixados no Portal Brasileiro de Dados Abertos (PBDA). O recorte temporal

vai de junho de 2017 a 16 de novembro de 2022.

Tabela 1. Dados da utilizados na pesquisa, responsável pela divulgação e endereços eletrônicos de acesso

Dados apresentadas	Responsável	Link de acesso
Quantidade de cadastros por ano	ANAC	https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones/quantidade-de-cadastros
Fabricante, modelos, unidade federativa de registro e ramo atuação	Portal Brasileiro de Dados Abertos (PBDA)	https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/aeronaves-drones-cadastrados

Fonte: elaboração própria (2022)

Os dados foram organizados no software Microsoft Excel, por meio da ferramenta subtotais. Os dados das quantidades de cadastros, originalmente em publicados mensalmente, foram agrupados em anos. Para 2022, a última atualização foi para o mês de abril. Para analisar espacialmente a distribuição das RPAs cadastradas, a normalização dos dados foi feita considerando as estimativas de população publicadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponibilizada em seu portal eletrônico. Na sequência, o quantitativo de RPAs cadastradas foi padronizado considerando taxa por 50 mil habitantes.

Os dados das características da RPA foram analisados somente na última planilha disponível no PBDA, publicada em 16 de novembro de 2019 no referido portal. No software Microsoft Excel também foram elaborados gráficos. Para geração dos produtos cartográficos foi utilizado software ArcGIS 10.4.1, módulo ArcMap. A base cartográfica vetorial utilizada foi adquirida no portal IBGE Downloads (<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>).

3. Resultados e discussão

Os resultados obtidos serão apresentados em duas seções. A primeira sessão apresenta a evolução temporal das RPA registradas no Brasil entre 2017 e 2022. Já a segunda seção apresenta síntese dos modelos utilizados, unidade federativa onde o equipamento foi cadastrado e os ramos de atividades declarados.

RPA cadastradas entre 2017 e 2022

A Figura 1 apresenta síntese da quantidade de cadastros e tipos de cadastros no período analisado. Entre 2017 e 2022 ocorreu um crescimento de 269% no número de cadastros no SISANT. Em valores total, em dezembro de 2017 havia no Brasil 27.862 cadastros, passando para 74.850 em abril de 2022. A maior taxa de crescimento foi registrada entre o 2017 e 2018, com incremento de 75%, fato esse muito provavelmente associado a promulgação de legislações específicas nacionais. Entre 2019 e 2020 observou-se uma retração da quantidade de cadastros ($\cong -0,9\%$), provavelmente em função da pandemia da COVID-19.

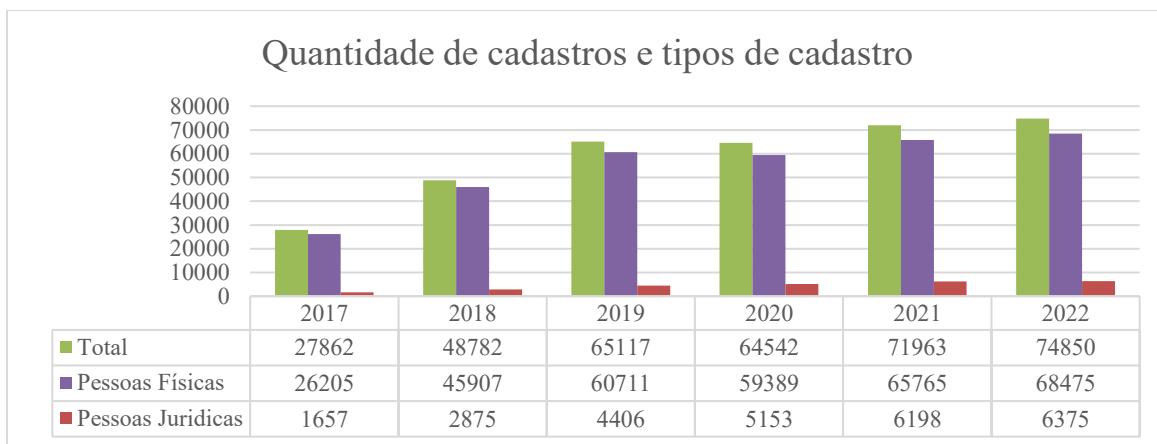


Figura 1. Quantidade de cadastros e tipo de cadastro entre 2017 e 2022

Fonte: elaboração própria (2022)

Para os tipos de cadastros efetuados no SISANT entre 2017 e 2022, observa-se o constante predomínio de cadastros de pessoas físicas no sistema. Embora a proporção de cadastros de pessoas físicas predomine amplamente desde o início da coleta de dados, ocupando uma taxa sempre acima de 90% do total de cadastros, observa-se progressivo aumento dos cadastros de pessoas jurídicas, passando de 1.657 em 2017 para 6.375 em 2022, praticamente quadruplicando no período analisado.

A Figura 2 apresenta a síntese da quantidade de RPA e tipos de uso no período analisado. A quantidade de RPAs cadastradas praticamente triplicou no período analisado, passando de 30.087 em 2017 para 93.729 em 2022. O maior crescimento também foi registrado entre o 2017 e 2018, com incremento de 98%.

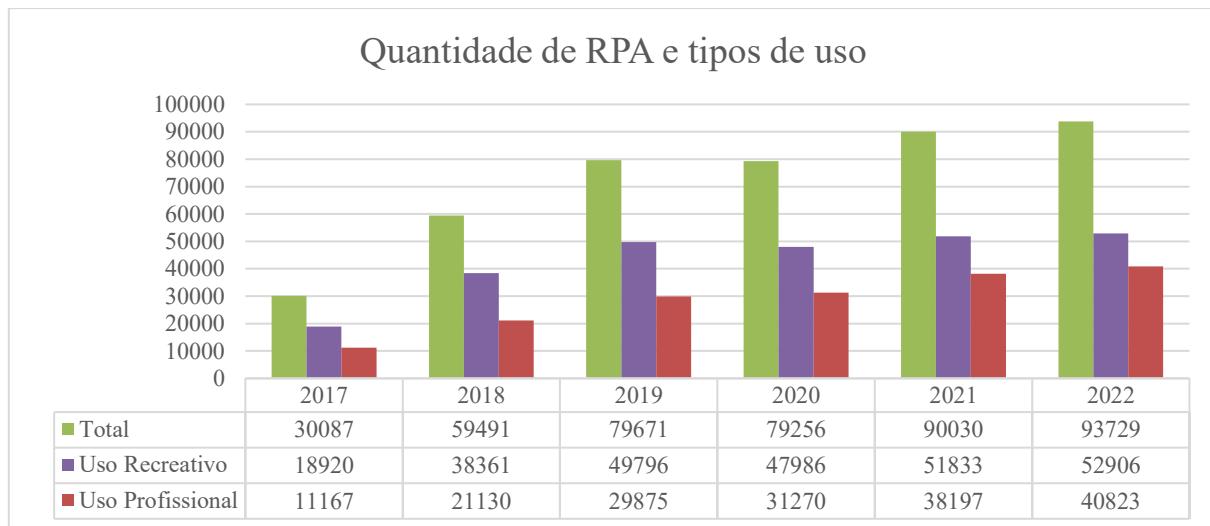


Figura 2. Quantidade de RPA e tipos de uso entre 2017 e 2022

Fonte: elaboração própria (2022)

O uso recreativo predominou durante todo o período analisado. No entanto, constatou-se progressivo aumento do uso profissional entre 2017 e 2022, reduzindo a proporção para uso recreativo, que era de 63% a 37% em 2017, respectivamente, passando para 56% e 44% em 2022, respectivamente. Esses resultados, somado ao aumento do cadastro de pessoas jurídicas, corroboram a ideia de uma profissionalização do uso das RPAs no cenário brasileiro.

O crescimento da quantidade de RPAs cadastradas em território nacional apresentou concentração em Unidades Federativas das regiões sudeste, sul e centro oeste (Figura 3). Se destacam o Distrito Federal (47,3 RPAs a cada 50 mil habitantes), São Paulo (33,7 RPAs a cada 50 mil habitantes), Santa Catarina (32,1 RPAs a cada 50 mil habitantes), Mato Grosso do Sul (31,1 RPAs a cada 50 mil habitantes) e Paraná (26,6 RPAs a cada 50 mil habitantes). Este cenário já era esperado em função da concentração populacional e de renda nessas unidades federativas. Observa-se também constante concentração de equipamentos no Distrito Federal, que apresentou sempre a maior taxa nacional no período analisado (16,5 em 2017 a 47,3 RPAs em 2022 a cada 50 mil habitantes).

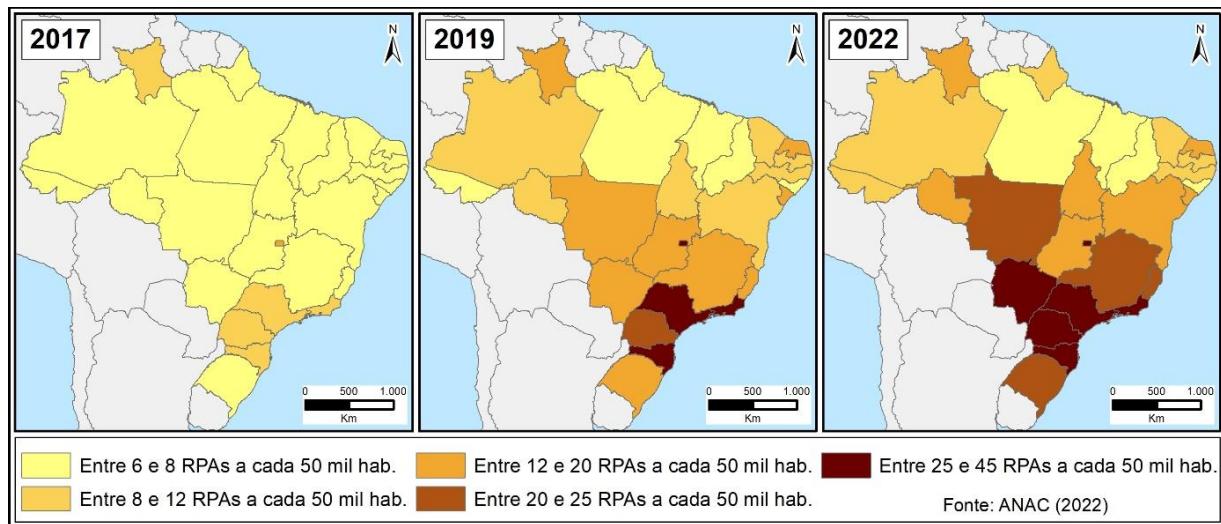


Figura 3. Quantidade de RPAs a cada 50 mil habitantes por Unidade da Federação – Brasil

Fonte: elaboração própria (2022)

Principais fabricantes e modelos, Unidade Federativa de cadastro e ramos de atividade

É importante salientar que existe uma diferença entre a quantidade de RPAs cadastradas no SISANT (apresentado no tópico anterior) para a quantidade de RPAs apresentadas nos dados do PBDA. Isso provavelmente ocorre por uma questão de atualização de dados, visto que os dados analisados anteriormente foram atualizados em abril de 2022 e os dados apresentados nesse tópico foram atualizados em 16 de novembro de 2022.

Os dados apresentados no PBDA indicam a presença de 105.049 RPAs cadastradas no Brasil. Desses, 88.022 são RPAs fabricadas pela chinesa DJI (cerca de 84% do total). O restante do mercado encontra-se extremamente pulverizado entre fabricantes menores. Fabricantes como as chinesas FIMI e Hubsan, a americana Parrot e a suíça SenseFly, além de diversas outras menos conhecidas e de fabricação própria, que ocupam menos de 1% cada.

Por consequência, os modelos de RPAs mais utilizados também são da DJI. A miscelânea de modelos das RPAs indicadas na tabela, fruto da falta de padronização na inserção desses dados (erros de grafia, diferença de caixa alta e baixa, indicação unicamente da versão etc.), obrigou a analisar os dados agrupando as principais linhas da DJI. A linha Mavic, com 52.986 RPAs, representa metade (50,43%) das aeronaves cadastradas, composta por

diversas versões e variações (2, 3, Pro, Zoom, Mini, Air, Enterprise, etc.).

RPAs da linha Phantom DJI representam 16% das RPAs cadastradas, com 16.403 equipamentos, divididos nas versões e variações 1, 2, 3, 4, Standard, Advanced, Pro, Pro+, RTK, etc. A linha Spark DJI representa 6% do total, com 6.399 RPAs cadastradas. Da linha Inspire e Tello (este último é um modelo de RPA que não precisa de cadastro devido ao seu peso), observa-se 615 e 227 RPAs cadastradas, respectivamente. Os quadrimotores da DJI representam 78% das RPAs cadastradas no Brasil.

Fora do domínio da DJI, se destacam as RPAs de asa móvel (quadrimotores) modelos FIMI X8 (687 RPAs) e Bebop (Parrot – 586 RPAs), representando menos de 1%. No campo das RPAs de asa fixa, os modelos da eBee (senseFly/Parrot) se destacam, com 400 equipamentos registrados. Também merece destaque o modelo Aractor 5 e suas variações, com 178 equipamentos registrados.

Quanto as aplicações das RPAs, as mesmas questões de erros de gráfica e diferença de caixa alta e baixa obrigaram ao agrupamento dos dados apresentados (Tabela 2). A principal resposta para esse item encontrado nas planilhas consultadas é o uso recreativo, representando 54% do total de RPAs cadastradas. Aerofotografia, Aerocinematografia e Aerorreportagem ocupam a segunda posição, com 26% do total das RPAs dedicadas para essas finalidades. RPAs com ramo de atividade declarado em Aeroinspeção e Aerolevantamento, aerofotogrametria e aeroprospecção representam cada um 3% do total. Por diversos momentos uma mesma RPA era indicada para dois, três ou mais ramos, sendo esses valores compilados na categoria “outros”, que representam 6% do total. Com objetivo de ilustrar os principais ramos de atividade das RPAs no Brasil, gerou-se uma nuvem de palavras a partir dos dados disponibilizados no PBDA (Figura 4).

Tabela 2. Ramos de atividade das RPAs de acordo com dados coletados no PBDA.

Ramo de atividade	Quantidade	Porcentagem
Recreativo	57.241	54%
Aerofotografia, Aerocinematografia e Aerorreportagem	26.864	26%
Outros	6.323	6%
Aeroinspeção	4.222	4%
Aerolevantamento, aerofotogrametria e aeroprospecção	3.465	3%

Ramo de atividade	Quantidade	Porcentagem
Segurança Pública e/ou Defesa Civil	2.697	3%
Pulverização e aplicação de outros insumos - Aeroagrícola	2.405	2%
Órgãos de Fiscalização - Entidades Estatais	1.064	1%
Aeropublicidade – Exposição de letreiros luminosos	768	1%
Total	105.049	100%

Fonte: elaboração própria (2022)



Figura 4. Nuvem de palavras gerado a partir dos dados da coluna “ramo de atividade”.

Fonte: elaboração própria (2022)

Síntese das aplicações e discussão das possibilidades de aplicação das RPAs no Geoprocessamento

Considerando os resultados obtidos, propõem-se a classificação de quatro grandes áreas de aplicação das RPAs: recreação, comercial, poder público e pesquisas científicas. Nas questões da área de recreação, a área mais representativa, envolve questões subjetivas do lazer humano, composto por população de médio e alto poder aquisitivo. A área comercial

é a mais diversificada, abrangendo peças publicitárias, ações de marketing, atividades turísticas, serviços de foto e filmagens de eventos, transporte de mercadorias, reportagens, mercado imobiliário e serviços técnicos especializados, representando instalação e monitoramento de painéis solares, atividades de mineração, aplicações comerciais do geoprocessamento (mapeamento, cadastro e licenciamento ambiental, por exemplo), aeroagrícola (monitoramento, análise de saúde da plantação e pulverização, por exemplo) e aeroinspeções.

A grande área de aplicação do poder público envolve principalmente as forças de segurança nas três esferas governamentais, representada pelas polícias, corpo de bombeiros e forças armadas (marinha, exército e aeronáutica). Também são encontrados cadastros em nome de tribunais (justiça, trabalho, contas e eleitorais), secretarias municipais, órgãos técnicos e Ministério Público. Destaca-se que as aplicações das RPAs nessa grande área são também diversas, envolvendo coleta de imagens, registro de vídeos, mapeamento, fiscalizações, inspeções, entre outras já observadas na grande área do uso comercial e pesquisas científicas, tendo como fundo a iniciativa pública.

A grande área das pesquisas científicas por vezes se confunde com a área comercial, em especial com os serviços técnicos especializados, uma vez que é um caminho natural e desejado que a inovação científica e metodológica do meio científico chegue à sociedade, resolvendo problemáticas, socializando o conhecimento e gerando renda, em uma ideia de empreendedorismo científico. Nessa grande área, questões relativas à qualidade dos produtos e metodologias de uso são desenvolvidas e testadas.

Nesse contexto de pesquisa e empreendedorismo científico, as RPAs são aplicadas por diversas áreas do conhecimento. O campo principal explorado até então, conforme dados disponibilizados no PBDA, é a Aerofotogrametria/mapeamento, gerando ortomosaicos e modelos digitais de superfície (MDS - terreno/relevo e objetos em superfície como carros, edificações, vegetação etc.) e modelos digitais do terreno (MDT – somente o terreno/relevo) (Figura 5).

Conforme já salientado no início desse trabalho, o campo do Sensoriamento Remoto se revolucionou da popularização das RPAs. A coleta de imagens verticais sobre dada área de interesse agora não mais é restrita às empresas de lançamento de satélites, administradoras

e representantes comerciais, ou mesmo empresas de aerolevantamento com aeronaves tripuladas. Presencia-se então um intenso processo de democratização do dado geoespacial.

No início, os trabalhos científicos publicados, tinham uma ideia de reaplicação do que já era feito com os dados tradicionais, aqueles coletados por sensores a bordo de satélites ou aviões, sendo a inovação estritamente atrelada a altíssima resolução espacial. São exemplos mapeamentos de uso e cobertura da terra (Al-Najjar et al., 2019; Gonçalves, 2021; Wyard et al., 2022), análises de degradação na vegetação (Paz et al., 2021) e a geração de índices de vegetação, majoritariamente o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), mas também com outras propostas como o Índice Resistente à Atmosfera na Região Visível (VARI) e o Green Leaf Index (GLI) (Barbosa et al., 2021; Meivel & Maheswari, 2020; Singh et al., 2022; Sosa et al., 2022). Exemplos desses produtos são apresentados na Figura 5.

Sobre a resolução espacial dos produtos obtidos, dois pontos devem ser destacados. Primeiro, a classificação das resoluções espaciais, comumente divididas em baixa, média, alta e altíssima, deve ser revista, considerando que com as RPAs ortomosaicos de resolução espacial ao nível de centímetros (ex. 5 cm) podem ser gerados, o que corresponde a 10 vezes mais detalhes de que as consideradas anteriormente imagens de altíssima resolução espacial (50 cm).

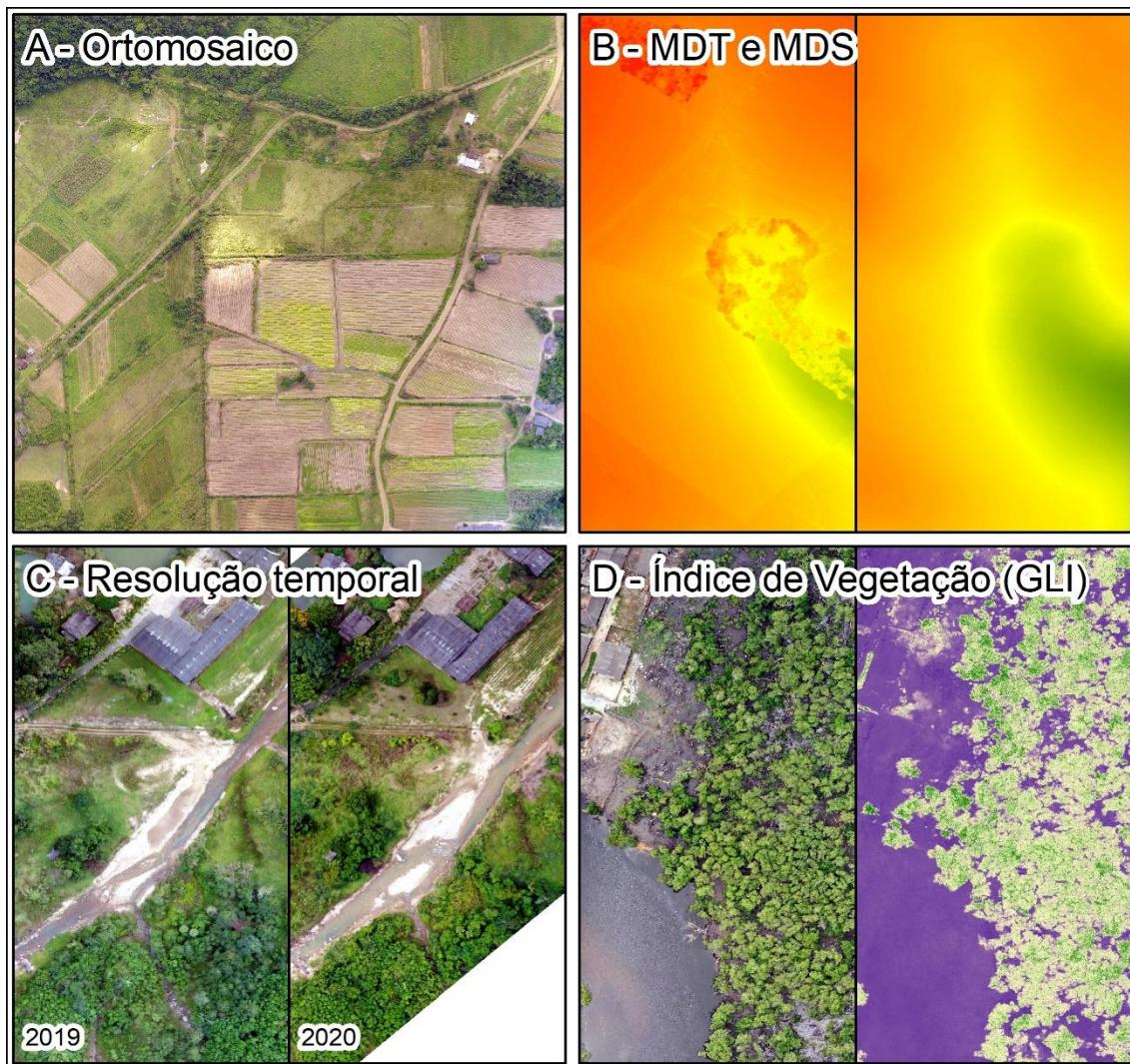


Figura 5. Exemplo de produtos e aplicações derivados dos dados coletados por RPAs.

Fonte: elaboração própria (2022). A: Planície aluvial no litoral do Paraná (sul do Brasil). B: Bacia de primeira ordem no município de Medianeira, oeste do Paraná (sul do Brasil). C: Erosão nas margens do rio Jacareí, litoral do Paraná (sul do Brasil). D: Bosque de manguezal no entorno da cidade Paranaguá, litoral do Paraná (sul do Brasil).

Outro ponto é prova empírica que o excesso de informação pode se tornar ruído. Com 5 centímetros é possível visualizar sombras entre as copas de árvores, folhas maiores, pequenas deformidades no terreno, entre outros exemplos. Até que ponto esse nível de detalhamento é interessante? Até que ponto esse nível de detalhamento mais atrapalha do que ajuda na análise de determinado fenômeno ou objeto? Até que ponto as metodologias

já consagradas no campo tradicional do sensoriamento remoto podem ser replicadas com dados coletados pelas RPAs?

O NDVI é o principal exemplo que ilustra o último questionamento do parágrafo anterior. Esse índice de vegetação, que já era extremamente explorado com dados orbitais (principalmente da família LandSat), passou a ser replicado com dados coletados pelas RPAs, gerando resultados distintos da aplicação tradicional. Embora muito bem documentado sua aplicação da agricultura (Barbosa et al., 2021; Shafi et al., 2020; Singh et al., 2022; Sosa et al., 2022), cuja feições apresentam certa homogeneidade, ao ser aplicado na vegetação natural, com feições totalmente heterógenas (agora identificáveis devido a resolução espacial), locais que teoricamente representariam os menores valores de sanidade de cultura, podem se tratar na verdade de sombras ou flores amarelas (como por exemplo os ipês amarelos - *Handroanthus albus*).

Isso é claramente uma limitação metodológica do NDVI. Embora a experimentação seja importante, ela não pode estar sozinha. O resgate teórico e a reflexão e discussão não devem ser deixados de lado. Uma metodologia proposta em 1974 utilizando dados LandSat (ERTS-1 MSS) com 80 metros de resolução espacial pode ser reaplicada utilizando dados com 5 centímetros de resolução espacial? É possível adaptar esse método? Esses são questionamentos importantes não totalmente abordados/explorados na literatura.

Propostas de aplicação mais adequadas à elevada resolução espacial dos dados derivados das RPAs surgem em momento posterior. Exemplo marcante refere-se às análises de vegetação agora embasada por mapeamentos de espécies (Luo et al., 2022; Takeshige et al., 2022). A resolução espacial é suficiente para identificar, por exemplo, a *Rhizophora mangle*, a *Laguncularia racemosa* e a *Avicennia schaueriana* em bosque de manguezal (Cao et al., 2018; Ruwaimana et al., 2018). Com esses produtos, discussões detalhadas são subsidiadas, como os predomínios posicionais de cada espécie nos bosques ou mesmo análises de diversidade.

Além dos ortomosaicos, outros produtos derivados dos levantamentos com as RPAs são os MDS e MDT. Novamente, a elevada resolução espacial é o destaque desses produtos. Aplicações interessantes e importante ao planejamento ambiental e ordenamento territorial são encontradas na literatura, como mineração (Machado et al., 2021), inundações (Buffon

et al., 2017), análises do relevo/processos erosivos (Cunha et al., 2020; Hung et al., 2018; Paz & Paula, 2022).

Também deve ser considerado a resolução temporal dos produtos geoespaciais gerados com uso das RPAs. Em síntese, a troca de uma bateria da RPA já a deixa apta a realizar novo levantamento, reduzindo a resolução temporal possível a minutos. Caso seja necessário carregar a bateria como, por exemplo, no modelo Mavic Pro, isso levaria cerca de 1h e 20 minutos. Esse controle dos períodos de revisita pelo usuário é uma das vantagens do uso das RPAs que não pode ser esquecida.

Essa característica é especialmente importante em situações de resposta a desastres naturais, por exemplo. Para avaliar as dimensões e mensurar o impacto de inundações (Whitehurst et al., 2022), processos erosivos (Silva et al., 2021) ou deslizamentos (Cabral et al., 2021), por exemplo, essa característica é fundamental. Além, claro, do seu uso na área poder público em ações de busca e salvamento. Uma avaliação em escala de detalhe após um desastre natural é fundamental quando se pensa em ações de ordenamento e resiliência territorial.

4. Conclusões

Constatou-se intenso crescimento do número de RPAs cadastradas no cenário brasileiro, com uso predominante voltado a atividades de lazer. Também, no período analisado, foi observado crescimento do número de registros de RPAs para uso profissional e por pessoas jurídicas, corroborando a ideia de uma progressiva profissionalização do uso das RPAs no Brasil. Também foi verificado amplo predomínio das RPAs do tipo quadrimotor.

Nota-se que as RPAs têm sido amplamente utilizadas em estudos técnico-científicos, sobretudo nas áreas de planejamento e gestão do território. Em estudos futuros, recomenda-se um refinamento detalhado das informações de fabricante, modelo e ramo de atualização, visando eliminar erros de ortográficos e padronizar a escrita, fornecendo assim dados ainda mais precisos. Além disso, é interessante um trabalho que especialize os ramos de atuação pelos municípios brasileiros, visando detalhar ainda mais o cenário brasileiro no tema RPAs e espacializar a classificação das quatro grandes áreas de aplicação aqui propostas.

5. Referencias Bibliográficas

- Al-Najjar, H., Kalantar, B., Pradhan, B., Saeidi, V., Halin, A., Ueda, N., & Mansor, S. (2019). Land cover classification from fused DSM and UAV images using convolutional neural networks. *Remote Sensing*, 11(12), 1461. <https://doi.org/10.3390/rs11121461>
- Barbosa, B., Araújo e Silva Ferraz, G., Mendes dos Santos, L., Santana, L., Bedin Marin, D., Rossi, G., & Conti, L. (2021). Application of RGB images obtained by UAV in coffee farming. *Remote Sensing*, 13(12), 2397. <https://doi.org/10.3390/rs13122397>
- Buffon, E., da Paz, O., & Sampaio, T. (2017). Uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para mapeamento das vulnerabilidades à inundação urbana: referenciais e bases de aplicação. *Revista do Departamento de Geografia*, XVII(9), 180-189. <https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.132547>
- Cabral, V., Reis, F., D’Affonseca, F., Lucía, A., dos Santos, C., Veloso, V., Gramani, M., Ogura, A., Lazaretti, A., Vemado, F., Filho, A., dos Santos, C., Lopes, E., Rabaco, L., Giordano, L., & Zarfl, C. (2021). Characterization of a landslide-triggered debris flow at a rainforest-covered mountain region in Brazil. *Natural Hazards*, 108, 3021-3043. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04811-9>
- Cao, J., Leng, W., Liu, K., Liu, L., He, Z., & Zhu, Y. (2018). Object-based mangrove species classification using unmanned aerial vehicle hyperspectral images and digital surface models. *Remote Sensing*, 10(1), 89. <https://doi.org/10.3390/rs10010089>
- Cunha, A., Alixandrini Jr, M., & Fernandes, V. (2020). Avaliação de erosão por imagens de aeronave remotamente pilotada a baixa altura de voo. *Geografia (Londrina)*, 29(1), 191-210. <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2020v29n1p191>
- Escalante, J., Aceres, J., & Porras, H. (2016). Ortomosaicos y modelos digitales de

elevación generados a partir de imágenes tomadas con sistemas UAV. *Tecnura*, 20(50), 119-140. <https://tinyurl.com/5n6ckys7>

Gonçalves, V. (2021). Metodologia de análise de imagens baseada em objetos geográficos (GEOBIA) utilizando RPAS (drone) com sensor RGB. *Estrabão*, 2, 41-85. <https://doi.org/10.53455/re.v2i.5>

Hung, M., Sampaio, T., Schultz, G., Siefert, C., Lange, D., Marangon, F., & dos Santos, I. (2018). Levantamento com veículo aéreo não tripulado para geração de modelo digital do terreno em bacia experimental com vegetação florestal esparsa. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, 43, 215-231. <https://doi.org/10.5380/raega.v43i0.56621>

Luo, M., Tian, Y., Zhang, S., Huang, L., Wang, H., Liu, Z., & Yang, L. (2022). Individual Tree Detection in Coal Mine Afforestation Area Based on Improved Faster RCNN in UAV RGB Images. *Remote Sensing*, 14(21), 5545. <https://doi.org/10.3390/rs14215545>

Machado, H., Henriques, R., & de Souza, R. (2021). Mineração e relevo antropogênico, o exemplo da extração de esteatito em Santa Rita, Ouro Preto, Minas Gerais. *Caminhos de Geografia, Uberlândia*, 22(81), 166-175. <https://doi.org/10.14393/RCG228155361>

Meivel, S., & Maheswari, S. (2020, 5-7 de junio). *Optimization of agricultural smart system using remote sensible NDVI and NIR thermal image analysis techniques* [Conferencia]. 2020 International Conference for Emerging Technology (INCET), Belgaum, India. <https://doi.org/10.1109/INCET49848.2020.9154185>

Murugan, D., Garg, A., & Singh, D. (2017). Development of an adaptive approach for precision agriculture monitoring with drone and satellite data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 10(12), 5322-

5328. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2017.2746185>

Paz, O., Vikou, S., Pilatti, D., Paula, E., & Oliveira, M. (2021). Análise da eficiência do uso de aeronaves remotamente pilotadas no mapeamento de solo exposto em manguezais urbanos. *Sociedade & Natureza*, 33. <https://doi.org/10.14393/SN-v33-2021-59586>

Paz, O., & Paula, E. (2022). Alteração morfológica de barra fluvial após um evento extremo de precipitação: estudo de caso no Rio Jacareí – Litoral Sul do Brasil. *William Morris Davis-Revista de Geomorfologia*, 3(2), 1-13. <https://doi.org/10.48025/ISSN2675-6900.v3n2.2022.158>

Paz, O., & Sampaio, T. (2019a). Geração de modelo digital do terreno e extração de parâmetros geomorfométricos a partir de dados coletados por aeronaves remotamente pilotadas. *Revista Cerrados*, 17(2), 247-264. <https://doi.org/10.22238/rc2448269220191702247264>

Paz, O., & Sampaio, T. (2019b). Aeronaves remotamente pilotadas na pesquisa geográfica uma análise dos usos, aplicações e desenvolvimento tecnológico associado entre os anos de 2014 e 2017. *Revista Interface (Porto Nacional)*, 17(17), 23-31. <https://tinyurl.com/25ffny5e>

Ruwaimana, M., Satyanarayana, B., Otero, V., Muslin, A., Syafiq A, M., Ibrahim, S., Raymaekers, D., Koedam, N., & Dahdouh, F. (2018). The advantages of using drones over space-borne imagery in the mapping of mangrove forests. *PLOS ONE*, 13(7), e0200288. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200288>

Shafi, U., Mumtaz, R., Iqbal, N., Zaidi, S., Zaidi, S., Hussain, I., & Mahmood, Z. (2020). A multi-modal approach for crop health mapping using low altitude remote sensing, internet of things (IoT) and machine learning. *IEEE Access*, 8, 112708-112724. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3002948>

Silva, C., Duarte, C., Souto, M., & Sabadia, J. (2015, 25-29 de abril). *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto SBSR* [Simposio]. Utilização de VANT para geração de ortomosaicos e aplicação do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), João Pessoa – PB, Brasil. <https://tinyurl.com/mrxvxsnw>

Silva, J. (2021). Delimitação de voçorocas por meio de GEOBIA (Geographic Object Based Image Analysis) e mineração de dados. *Boletim Paranaense de Geociências*, 79, 81-99. <https://doi.org/10.5380/geo.v79i0.72763>

Singh, A. P., Yerudkar, A., Mariani, V., Iannelli, L., & Glielmo, L. (2022). A bibliometric review of the use of unmanned aerial vehicles in precision agriculture and precision viticulture for sensing applications. *Remote Sensing*, 14(7), 1604. <https://doi.org/10.3390/rs14071604>

Sopchaki, C., da Paz, O., Graça, N., & Sampaio, T. (2018). Verificação da qualidade de ortomosaicos produzidos a partir de imagens obtidas com aeronave remotamente pilotada sem o uso de pontos de apoio. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, 43, 200-214. <https://doi.org/10.5380/raega.v43i0.56564>

Sosa, J., Alvarez, N., Cid, N., López, D., & Vallejo, M. (2022). Automated Health Estimation of *Capsicum annuum* L. Crops by Means of Deep Learning and RGB Aerial Images. *Remote Sensing*, 14(19), 4943. <https://doi.org/10.3390/rs14194943>

Takeshige, R., Onishi, M., Aoyagi, R., Sawada, Y., Imai, N., Ong, R., & Kitayama, K. (2022). Mapping the spatial distribution of fern thickets and vine-laden forests in the landscape of Bornean logged-over tropical secondary rainforests. *Remote Sensing*, 14(14), 3354. <https://doi.org/10.3390/rs14143354>

Whitehurst, D., Joshi, K., Kochersberger, K., & Weeks, J. (2022). Post-flood analysis for damage and restoration assessment using drone imagery. *Remote Sensing*, 14(19),

4952. <https://doi.org/10.3390/rs14194952>

Wyard, C., Beaumont, B., Grippa, T., & Hallot, E. (2022). UAV-based landfill land cover mapping: optimizing data acquisition and open-source processing protocols. *Drones*, 6(5), 123. <https://doi.org/10.3390/drones6050123>