



Uso de Plataformas Aéreas Não Tripuladas no Brasil – um Panorama de Dez Anos (2008-2018) de Publicações Acadêmicas

Use of Unmanned Aerial Platforms in Brazil – a Ten-year Overview (2008-2018) of Academic Publications

Fábio Lobo¹, Manuel Eduardo Ferreira², Carlos Uchoa³ e João Vitor da Costa⁴

¹ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), GGC/CE, Fortaleza, Brasil. fabio.lobo@ibge.gov.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8810-3236>

² Universidade Federal de Goiás, IESA, Goiânia, Brasil. manuel@ufg.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4516-6373>

³ Universidade Federal do Ceará, PETRAN, Fortaleza, Brasil. uchoa@det.ufc.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1719-799X>

⁴ Universidade Federal de Goiás, IESA, Goiânia, Brasil. joaovsc17@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0765-3701>

Recebido: 08.2020 | Aceito: 11.2020

Resumo: O uso de Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) no Brasil é uma realidade cada vez mais consolidada, incorporando aplicações antes atribuídas aos satélites e aos levantamentos aéreos tradicionais. Segundo a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), já são 75 mil ARPs registrados, sendo 62% para atividades profissionais e/ou acadêmicas. Esse artigo quantifica aspectos sobre o uso de ARP na obtenção de dados de sensoriamento remoto pela pesquisa científica nacional, identificando produtos, serviços gerados, métodos e equipamentos utilizados. Realizou-se uma revisão bibliográfica sistemática por combinação dos termos “monografia, dissertação, teste, rpa, drone, vant, fotogrametria, sensoriamento remoto”. Estabelecido 2008 como o ano base para a busca, encontrou-se trabalhos entre 2010 e 2018. Foram selecionados 64 trabalhos, entre teses de doutorado, dissertações de mestrado e trabalhos de conclusão de curso de graduação, nos quais avaliou-se 11 parâmetros booleanos e outros 11 parâmetros quanti-qualitativos. Há trabalhos de todas as regiões brasileiras: 21 do Sudeste; 19 do Sul; 11 do Centro-Oeste; 11 do Nordeste; e 2 da região Norte. As áreas de Cartografia, Geografia, Engenharia Civil, Engenharia Florestal e Ciências Ambientais concentram mais de 55% das publicações. A geração e verificação de modelos digitais de superfícies e/ou terrenos (MDS/MDT) foi a principal aplicação dos estudos, presente em 39% dos trabalhos; em seguida está a utilização de ARP para mapeamento e classificação da cobertura vegetal, com 22% de presença. A qualidade cartográfica dos diferentes produtos gerados variou entre o PEC-PCD 'Classe B' na escala 1/10.000 e o 'Classe A' na escala 1/1.000.

Palavras-chave: RPAS. ARP. Sensoriamento Remoto. Revisão Bibliográfica Sistemática.

Abstract: The use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) is increasingly consolidated in Brazil, incorporating applications previously attributed to satellites and traditional aerial surveys. According to the ANAC (National Civil Aviation Agency) there are 75,000 UAV registered, 40% for professional and/or academic activities. This article quantifies aspects of the use of UAV in obtaining remote sensing data by national scientific research, identifying products and services generated and methods and equipment used. A systematic literature review was carried out by combining the terms “monograph, dissertation, thesis, rpa, drone, uav, photogrammetry, remote sensing”. Having established 2008 as the base year for the search, works between 2010 and 2018 were found. We selected 64 papers, including doctoral theses, master's dissertations and undergraduate course completion papers, in which 11 Boolean parameters and other 11 quanti-qualitative parameters were evaluated. There are works from all Brazilian regions: 21 from the Southeast; 19 from the South; 11 from the Midwest; 11 from the Northeast; and 2 from the North. The areas of Cartography, Geography, Civil Engineering, Forestry Engineering and Environmental Sciences concentrate more than 55% of publications. The generation and verification of digital models of surfaces and/or terrain (MDS/MDT) was the main application, present in 39% of the studies; next came the use of UAV for mapping and classification of vegetation cover, with 22% presence. The cartographic quality of the different products varied between PEC-PCD 'Class B' in a 1/10,000 scale and 'Class A' in a 1/1,000 scale.

Keywords: RPAS. UAV. Remote sensing. Systematic Literature Review.

1 INTRODUÇÃO

A sigla RPA provém do termo em inglês *Remotely Piloted Aircraft* e está no foco da regulamentação brasileira para uso em atividades profissionais dos ‘Veículos Aéreos Não Tripulados’ (VANT, genericamente conhecidos como *drones*). Da mesma forma, RPAS remete a *Remotely Piloted Aircraft System*, agregando ao "RPA" todos “os enlaces de comando e controle requeridos e quaisquer outros elementos que podem ser necessários a qualquer momento durante a operação” (DECEA, 2017, p. 20). Já ‘ARP’ refere às Aeronaves Remotamente Pilotadas, em uma tradução livre de RPA para o português, referindo-se tanto à aeronave quanto ao sistema.

No Brasil e no mundo, as ARP têm sido usados para coleta de dados em inúmeras finalidades, como filmagens, levantamentos topográficos, inspeções de obras, agricultura de precisão, entre outros. Em algumas dessas aplicações, percebe-se a integração dos dados coletados com fluxos da Fotogrametria e/ou do Sensoriamento Remoto para a geração de seus produtos.

Nessas atividades as ARP têm se constituído como uma verdadeira “tecnologia disruptiva”, permitindo a integração dos sistemas de posicionamento global a filmagens e fotografias aéreas, obtendo dados geoespaciais de alta resolução espacial e temporal, com baixa complexidade operacional e custos competitivos. São serviços, produtos e aplicações que, pouco tempo atrás, eram restritivos pelos altos custos envolvidos na construção das plataformas e sensores, e que hoje estão mais acessíveis para profissionais de diversos segmentos. Atualmente são mais de 75 mil equipamentos devidamente registrados na ANAC, sendo 62% desses registros para atividades profissionais (ANAC, 2020¹).

A coleta de dados via ARP, todavia, não é apropriada para toda situação, como apresentam os autores MACLEAN et al (2015) e MATESE (2015), quando indicam a análise do custo/benefício no emprego de tais sistemas. Para o primeiro, a utilização de ARP pode ser viável para coleta de dados em até 42 km²; enquanto, para o segundo, essa área limite seria de 10 hectares (0,1 Km²). A discrepância entre os resultados deve-se à variação dos equipamentos utilizados, bem como aos diferentes métodos, sensores e finalidades dos produtos gerados pelos autores. Essa breve comparação aponta a grande variedade de aplicações e métodos possíveis para a geração e a coleta de dados, analisando-se o emprego do sistema, casos de sucesso e limites operacionais.

Neste sentido, esta pesquisa apresenta uma revisão bibliográfica sistemática de trabalhos acadêmicos nacionais, acerca da coleta de imagens via sensores remotos embarcados em ARP, para a geração de dados geoespaciais por fluxos de Fotogrametria e/ou de Sensoriamento Remoto, focando na compreensão dos produtos e serviços gerados, bem como nos métodos e equipamentos. Espera-se, assim, contribuir para o entendimento das potencialidades do uso de tal tecnologia nas diversas áreas do conhecimento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo Ravindran e Shankar (2015, p. 3), “revisões (bibliográficas) sistemáticas são caracterizadas por uma questão explícita, definida claramente para o rastreamento e inclusão de estudos e implicações para futuras pesquisas”.

Para a busca, realizada ao longo do mês de maio de 2019, utilizou-se a plataforma digital pública da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e o buscador aberto Google Scholar. A combinação adotada dos termos foi “monografia, dissertação, teste, rpa, drone, vant, fotogrametria, sensoriamento remoto”, com um recorte temporal de 10 anos (2008-2018). A metodologia da revisão pode ser resumida pelo fluxograma da Figura 1.

1 https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones/sisant_2020.csv, acesso em 01 de junho de 2020.

Figura 1 - Fluxograma simplificado do método empregado na revisão.



Fonte: Os autores (2020).

Selecionaram-se monografias publicadas por instituições brasileiras de ensino e pesquisa, a partir de 2008 (ano-base) incluídas nas seguintes categorias: graduação de nível superior (bacharelado, licenciatura ou tecnológico); mestrado (acadêmico ou profissional); doutorado (acadêmico ou profissional); que apresentaram geração de dados geoespaciais obtidos por fluxos de Fotogrametria e/ou de Sensoriamento Remoto e que utilizaram ARP na coleta de dados.

O ano-base foi escolhido tendo como limite as publicações com até 10 anos do período de estudo (2008-2018), sendo que a publicação mais antiga encontrada para o período é de 2010.

Os resultados foram encontrados, via de regra, nos portais das 'Bibliotecas de repositório de publicações' das diferentes universidades; no repositório da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações ou, ainda, no catálogo de dissertações e teses da CAPES.

Nem todo trabalho, publicado pelos centros de pesquisa das universidades, estava disponível para acesso via internet. Só foram contabilizados os arquivos *on-line* que estavam disponíveis para *download* no período de busca da pesquisa (27 a 31/5 de 2019).

A seleção dos trabalhos para inclusão na revisão seguiu POPAY et al (1998), *apud* LOUREIRO et al (2016), que indica que a avaliação deve verificar se os trabalhos atendem aos seguintes pontos:

- a) O estudo ilumina o significado subjetivo, as ações e o contexto do que está sendo pesquisado;
- b) Há evidência de adaptação e resposta do projeto de pesquisa a necessidades e problemas oferecidos pela vida real;
- c) O estudo produz o tipo de conhecimento necessário para compreender a estrutura e o processo no qual está localizado;
- d) São fornecidas descrições suficientemente detalhadas que permitam ao pesquisador interpretar o significado e contexto do que está sendo pesquisado;
- e) Como a pesquisa se desenvolve da apresentação e análise dos dados até a descrição dos resultados e conclusões;
- f) Diferentes fontes de conhecimento sobre a mesma questão são comparadas e contrastadas;
- g) Podem ser extraídas generalizações das conclusões oferecidas para outras áreas do conhecimento, ou para diferentes populações ou grupos; e
- h) A relevância da pesquisa está claramente indicada.

A análise dos trabalhos resultou em três diferentes níveis de adequação das monografias, sendo (1) adequadas; (2) adequadas em parte e (3) inadequadas.

O conjunto das ‘Monografias Incluídas na Revisão’ foi formado pelos trabalhos identificados como “Adequadas” e “Adequadas em parte” (níveis 1 ou 2).

Neste conjunto foram avaliados 11 parâmetros booleanos relativos aos produtos gerados e métodos utilizados. Tal avaliação foi realizada em função da presença ou ausência dos seguintes tópicos (codificados pelas siglas em parênteses):

- a) (BL) Indica as **Bases Legais** para coleta de dados via ARP;
- b) (AF) Utiliza aeronave ‘**Asa-Fixa**’ para coleta dos dados;
- c) (AR) Utiliza aeronave ‘**Asas Rotativas**’ para coleta dos dados;
- d) (CL) Aplica **Correção** das distorções das **Lentes** para o processamento fotogramétrico;
- e) (PC) **Planeja** a coleta em ‘**Corredores**’ (em contrapartida de ‘Blocos’);
- f) (NC) Utiliza **Normas Cartográficas** para verificação dos produtos gerados;
- g) (PR) Implementa **Pontos de Referência** (controle ou checagem) na coleta ARP;
- h) (TR) Usa posicionamento relativo GNSS em **Tempo Real** (RTK) para controle da ARP;
- i) (VC) Processa dados por algoritmo SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*), SfM (*Structure from Motion*) ou similar (**Visão Computacional**);
- j) (CT) **Compara** dados obtidos aos de **Topografia**, fotogrametria ou imageamento terrestre;
- k) (CA) **Compara** dados obtidos às de imagens **aéreas**, orbitais ou similares.

Além dos parâmetros booleanos foram coletados os seguintes dados quanti-qualitativos dos trabalhos incluídos na revisão:

- a) (TIPO) Nível do trabalho de monografia (Graduação, Mestrado ou Doutorado);
- b) (ANO) Ano da publicação;
- c) (AREA) Área de concentração do centro de pesquisa da publicação;
- d) (ESTADO) Sigla do Estado da União em que o centro de pesquisa se encontra;
- e) (INSTITUICAO) Sigla da Universidade em que o centro de pesquisa se encontra;
- f) (CHAVE) Agrupamento pela aplicação principal do trabalho;
- g) (TITULO) Título da monografia;
- h) (AUTOR) Sobrenome e nome do primeiro autor do trabalho;
- i) (FAIXA) Faixa espectral do sensor utilizado;
- j) (GSD) Valor, em centímetros, do *Ground Sample Distance* (i.e., tamanho do pixel);
- k) (BANDAS) Quantidade de bandas espectrais coletadas no trabalho.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

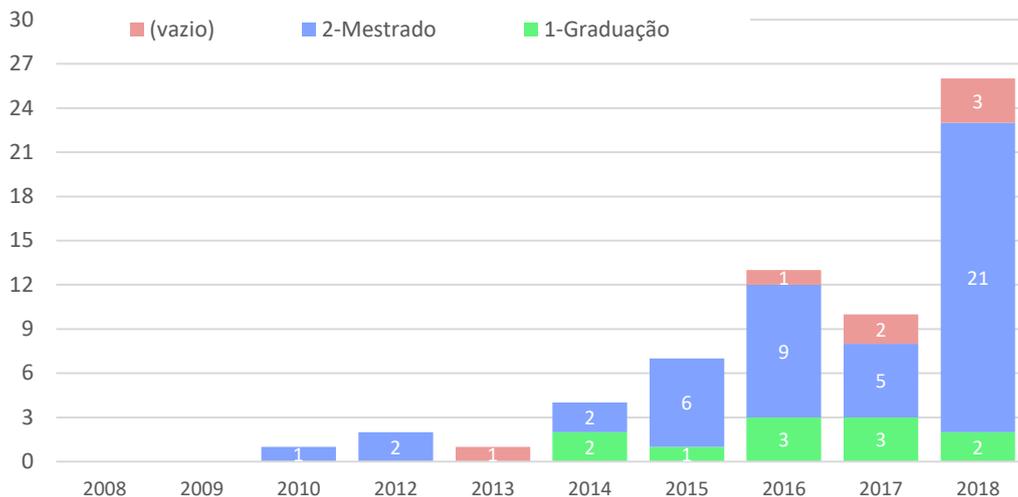
Houve a recuperação de 91 trabalhos que estavam disponíveis para *download* com as características definidas, formando o conjunto ‘Monografias Seleccionadas’. Da análise desse conjunto, classificou-se 64 trabalhos para as ‘Monografias Incluídas na Revisão’, sendo 34 ‘Adequadas’ e 30 ‘Adequadas em parte’. Os 27 trabalhos restantes foram excluídos das análises, por terem sido considerados ‘Inadequados’ para a revisão.

Com o ano-base definido para 2008, o primeiro trabalho data de 2010 e há uma quantidade crescente ao longo dos anos avaliados, chegando a 26 trabalhos em 2018.

A distribuição dos tipos de monografias revisadas apresenta uma grande concentração de publicações de mestrado, com 46 trabalhos (~72%); seguida dos trabalhos de graduação, que totalizaram 11 (~17%) e dos de doutorado, com 7 (~11%).

A Figura 2 apresenta a distribuição dos trabalhos revisados, relacionando os tipos e anos de publicação.

Figura 2 - Distribuição dos tipos de trabalhos revisados no período de 2008 – 2018.

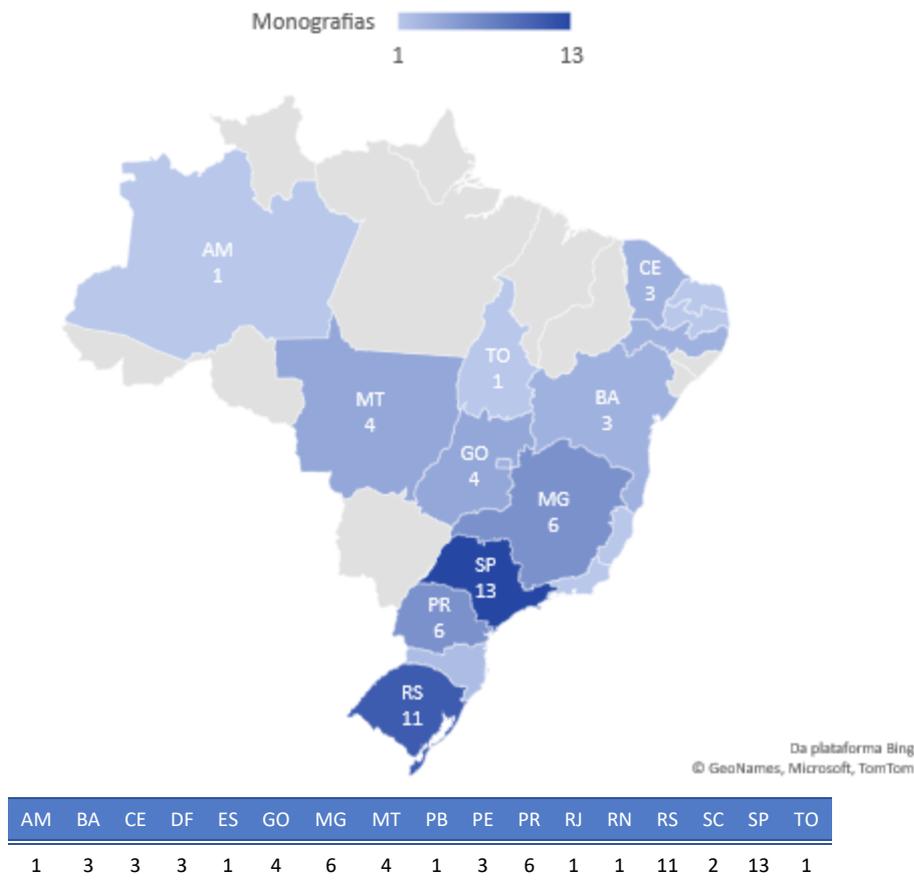


Fonte: Os autores (2020).

Foram revisadas monografias de todas as regiões do Brasil, sendo 21 da região Sudeste (~32%); 19 da região Sul (~21%); 11 da região Centro-Oeste (~17%); 11 da região Nordeste (~17%); e 2 monografias da região Norte (~3%).

A Figura 3 apresenta a quantidade de trabalhos avaliados pelos estados do Brasil.

Figura 3 - Distribuição das monografias avaliadas ao longo do território nacional.

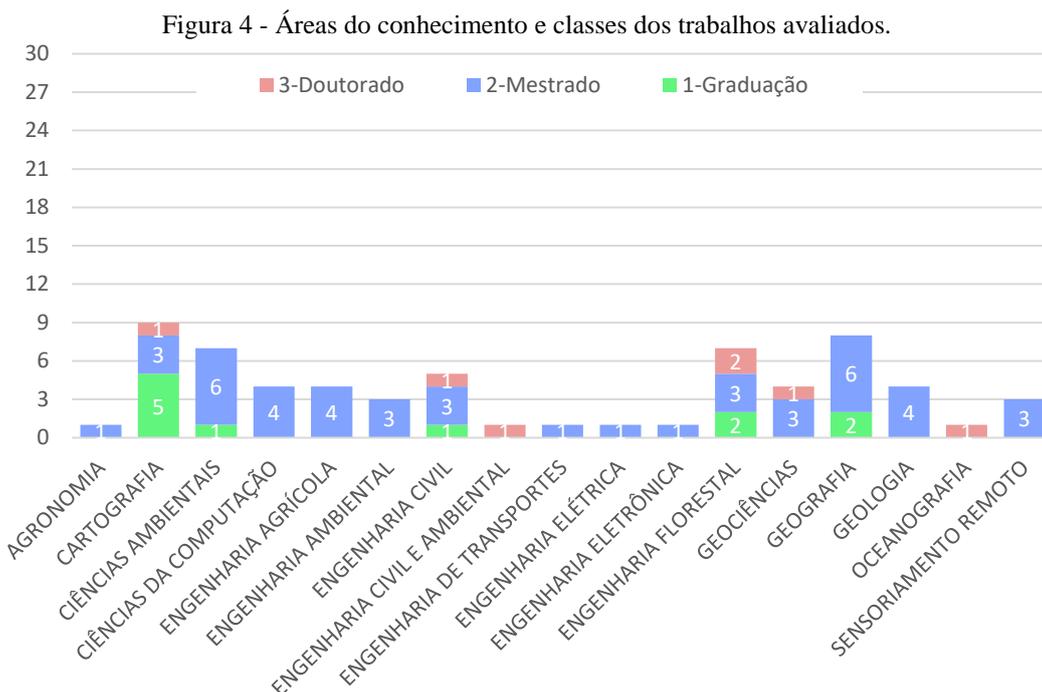


Fonte: Os autores (2020).

A análise sobre a diversidade das áreas de conhecimento das monografias destaca as áreas de Cartografia (9 monografias); Geografia (8); Engenharia Civil (5); Engenharia Florestal (7) e Ciências

Ambientais (7) que, somadas, concentram mais de 55% dos trabalhos revisados, totalizando 36 monografias.

A Figura 2 relaciona as classes das monografias com as áreas de conhecimento em que estão inseridas.



Fonte: Os autores (2020).

As principais aplicações identificadas na avaliação das monografias foram agrupadas em 6 classes (campo CHAVE):

- a) **CADASTRO**, onde as monografias enfocam os estudos para geração e aplicação de dados em escala cadastral (1/10.000, ou maiores);
- b) **GENERALIDADES**, onde as monografias enfocam os estudos que não puderam ser classificados nos outros grupos;
- c) **INSPEÇÃO**, onde as monografias enfocam os estudos para executar inspeções com os produtos obtidos;
- d) **MDS / MDT**, onde as monografias enfocam os estudos para a geração e verificação de modelos digitais de superfície e/ou terreno;
- e) **QUALIDADE**, onde as monografias enfocam os estudos para a verificação da qualidade dos produtos gerados e/ou dos sistemas utilizados;
- f) **VEGETAÇÃO**, onde as monografias enfocam os estudos para geração e aplicação de dados no mapeamento e classificação da cobertura vegetal.

A quantidade de trabalhos identificados em cada grupo está na Tabela 1.

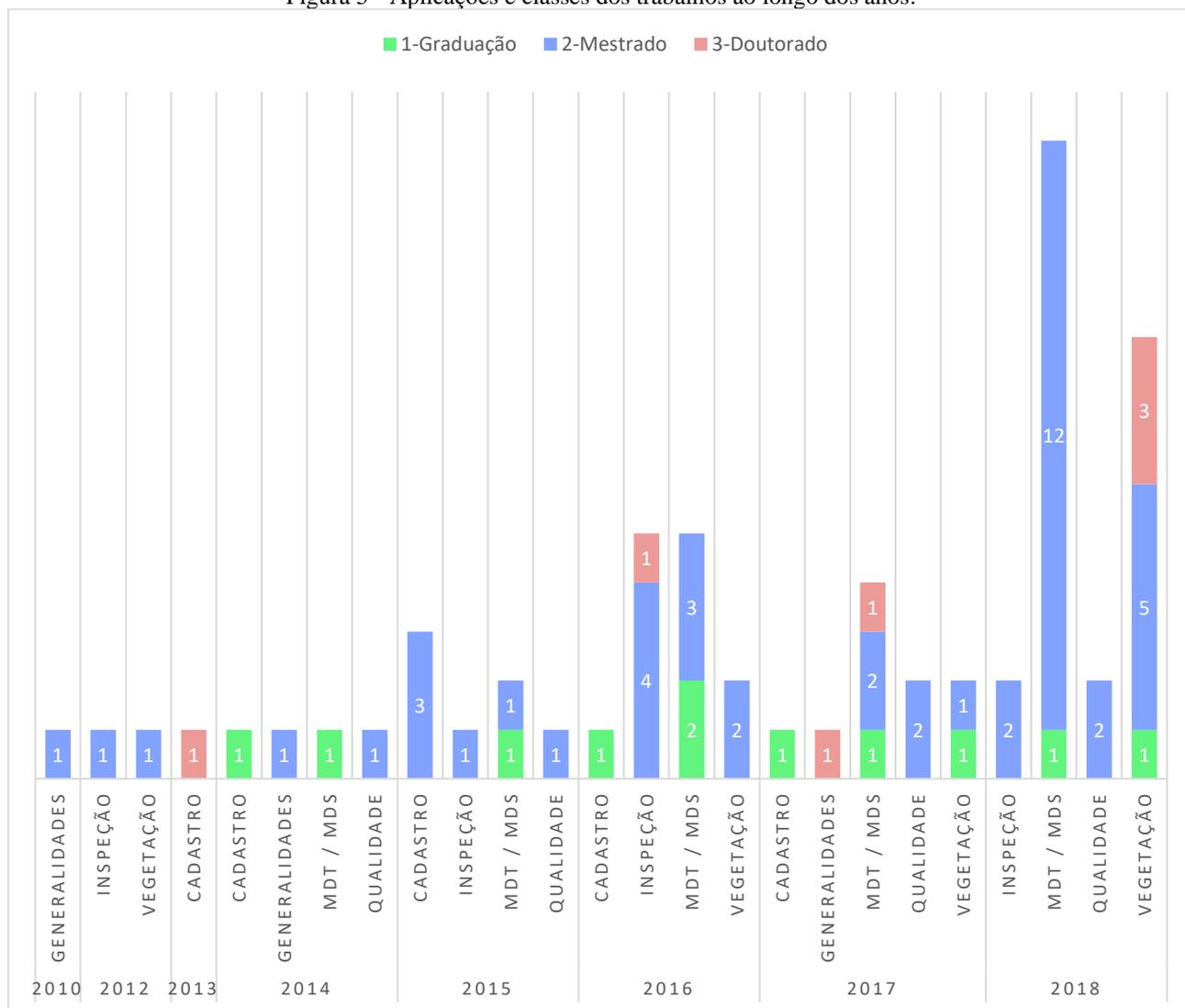
Tabela 1 - Quantidade de trabalhos de acordo com as aplicações dos estudos.

Aplicações-CHAVE	Percentual do total	Contagem
CADASTRO	10,94%	7
GENERALIDADES	4,69%	3
INSPEÇÃO	14,06%	9
MDT / MDS	39,06%	25
QUALIDADE	9,38%	6
VEGETAÇÃO	21,88%	14

Fonte: Os autores (2020).

A distribuição ao longo dos anos das aplicações-chave dos trabalhos pelas classes das monografias é apresentada na Figura 5.

Figura 5 - Aplicações e classes dos trabalhos ao longo dos anos.



Fonte: Os autores (2020)

3.1 Avaliação dos parâmetros

3.1.1 (BL) INDICA AS BASES LEGAIS PARA COLETA DE DADOS VIA ARP

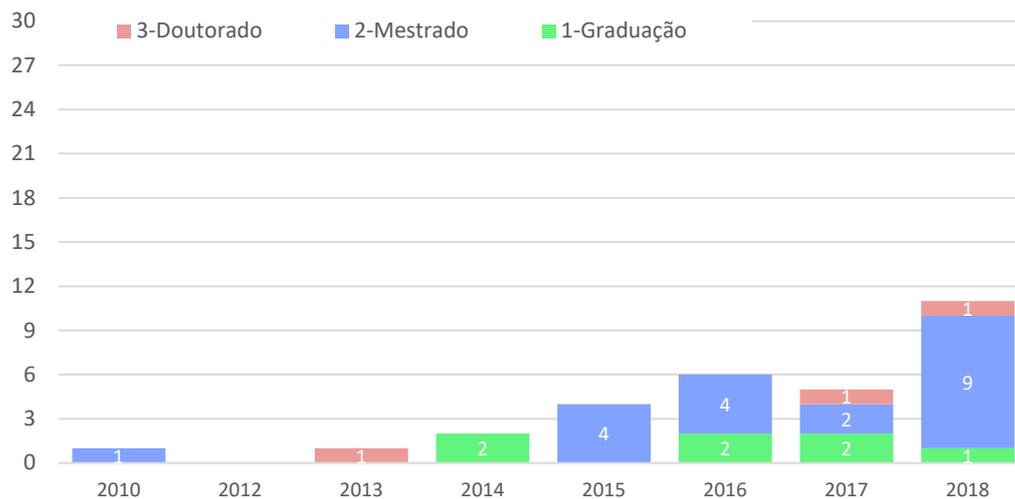
Cerca de 46% dos trabalhos (30 monografias) apresentam as bases legais para uso de ARP. Os trabalhos citam as exigências e deliberações de 3 órgãos para o uso de ARP no Brasil:

- a) ANATEL, para o registro e homologação do sistema de comunicação da ARP;
- b) DECEA, para o registro e acesso ao espaço aéreo na utilização da ARP;
- c) ANAC, para o registro e/ou homologação da aeronave.

Tais legislações têm sofrido alterações ao longo dos últimos anos, e cada monografia apresenta aquela que estava em vigor à época de sua elaboração.

Apresenta-se na Figura 6 a distribuição dos trabalhos com (BL) nas classes de monografias, ao longo dos anos.

Figura 6 - Bases Legais (BL) nas monografias.



Fonte: Os autores (2020).

3.1.2 (AF) E (AR) INDICAM O TIPO DE AERONAVE UTILIZADA NA COLETA DOS DADOS

Apenas um trabalho, de 2018 para avaliação de erosão com a geração de MDT / MDS, apresentou resultados com uso simultâneo de aeronaves asa-fixa (AF) e asa rotativa (AR) – todos os outros usaram um ou outro tipo de aeronave. A falta de dados coletados por um ou outro tipo de aeronave foi percebida somente na monografia de 2010 – que apresentou de forma geral e teórica as aplicações possíveis para ambos os tipos de aeronaves. A distribuição apresentou 26 monografias ‘AF’ (~41%) e 38 monografias ‘AR’ (~59%).

Todos os equipamentos utilizados se encaixam na Classe 3 da legislação da ANAC, com peso máximo de decolagem menor ou igual a 25 Kg (ANAC, 2017). Essa classe é conhecida como de microvants; a classe 2 refere-se às plataformas com peso total entre 25 e 150 Kg, enquanto a classe 1 é destinada às plataformas com peso total superior a 150 Kg. A presença massiva dos equipamentos Classe 3 pode ser explicada pelo menor custo de aquisição dos equipamentos; pelas facilidades de operação que tais equipamentos apresentam e pela simplificação que há na legislação para a legalização do uso de equipamentos desse tipo.

No caso da utilização de aeronaves com asa rotativa (multi-rotor), a maioria dos trabalhos apresenta o uso de quadricópteros com alimentação via bateria e autonomia de voo variando entre 15 e 35 minutos.

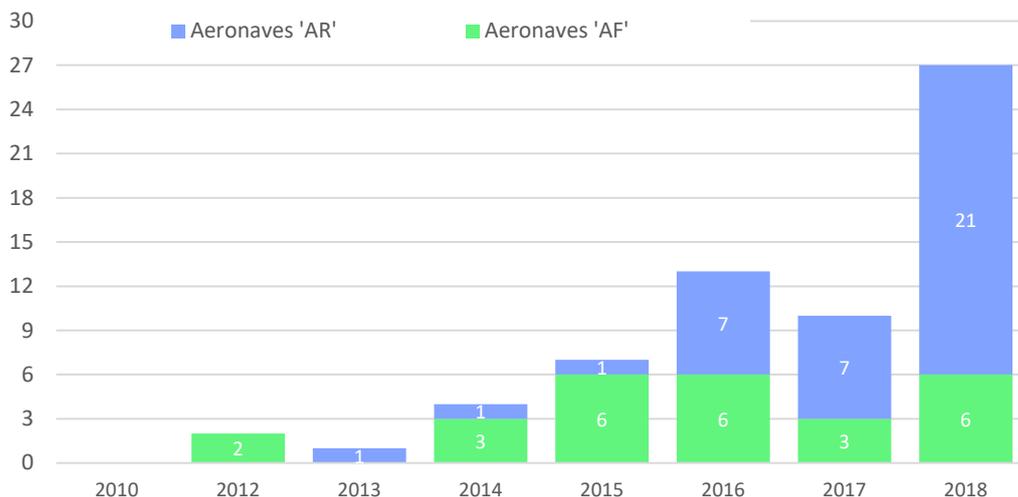
As envergaduras das aeronaves de asa-fixa não foram maiores do que 2,5 metros de comprimento, com alimentação via bateria ou à combustão e autonomia, apresentada pelos autores, entre 30 minutos e 2 horas de voo.

O fabricante de equipamentos mais citado nas monografias, para o caso das asas rotativas (AR), foi a chinesa ‘DJI’, presente em 26 trabalhos (~68% dos AR). Outros 8 trabalhos (~21% dos AR) apresentaram os dados coletados por equipamentos genéricos – desenvolvidos pelos próprios autores ou por empresas sem marca registrada.

Para o caso das asas-fixas (AF), o fabricante ‘SenseFly’ foi o mais citado, em doze trabalhos (~44% dos AF). O uso de equipamentos desenvolvidos pelos próprios autores ou por empresas sem marca registrada foi identificado em outros 7 trabalhos (~21% dos AF). Há, ainda, a presença de equipamentos desenvolvidos por empresas nacionais, como a Xrobots; AGX (já extinta) e NuvemUAV, somando outras 8 monografias (~29% dos AF).

A Figura 7 distribui os tipos de aeronaves utilizadas ao longo dos anos (em 2018 há um único trabalho que usou tanto ‘AR’ quanto ‘AF’ e 2010 o único trabalho que não utilizou nenhum tipo).

Figura 7 - Tipos de aeronaves utilizadas nas monografias ao longo dos anos.



Fonte: Os autores (2020).

3.1.3 (CL) CORREÇÃO DAS DISTORÇÕES DAS LENTES PARA O PROCESSAMENTO FOTOGRAMÉTRICO

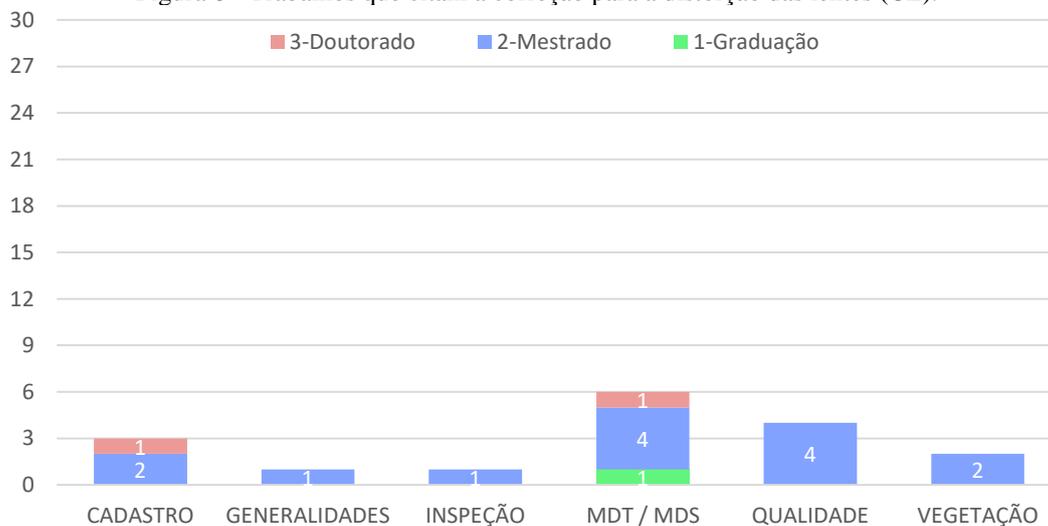
Todos os trabalhos revisados apontaram o uso de câmeras fotográficas de pequeno formato, não métricas, na coleta dos dados. Essas características sugerem o uso de técnicas de correções de erros sistemáticos, causados por distorções das lentes, no próprio processamento fotogramétrico (CÔRTEZ, 1998; 2010).

Quanto à faixa espectral dos sensores, a maioria dos trabalhos utilizou sensores imageadores passivos no espectro do visível (RGB) para obtenção dos dados. Houve casos de trabalhos que utilizaram câmeras hiperespectrais; outros que usaram câmeras multiespectrais, com acesso à faixa do infravermelho, e outros, ainda, que tiraram partido de sensores ativos de emissão de LASER, com equipamentos do tipo LIDAR (*Light Detection and Ranging*) para a obtenção de dados.

Do conjunto de monografias revisadas, 18 trabalhos (~28%) apontaram a realização de alguma pré-calibração para a obtenção dos parâmetros de orientação das lentes, visando corrigir erros causados pelas lentes no processamento dos dados.

A Figura 8 indica a distribuição dos trabalhos que citam a correção das lentes (CL) pelas finalidades dos trabalhos.

Figura 8 - Trabalhos que citam a correção para a distorção das lentes (CL).



Fonte: Os autores (2020).

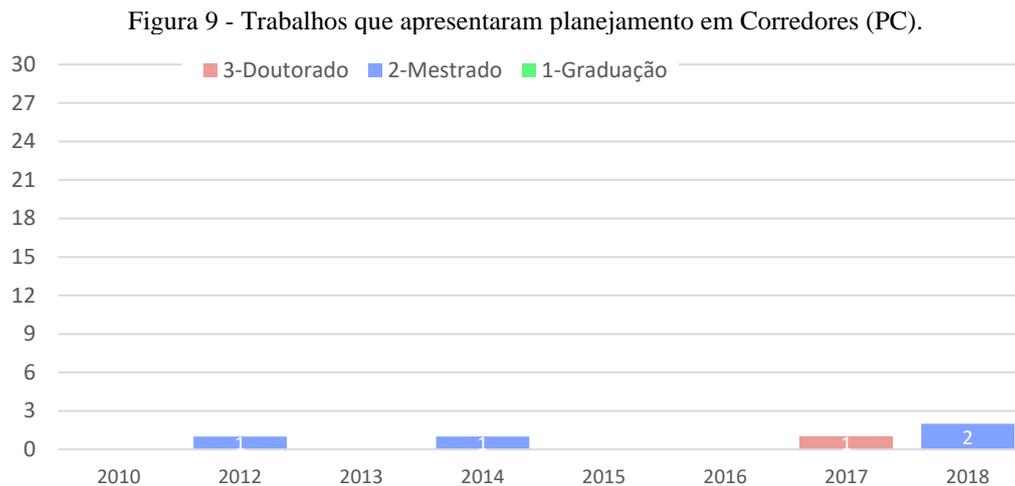
3.1.4 (PC) PLANEJA A COLETA EM ‘CORREDORES’ (EM CONTRAPARTIDA DE ‘BLOCOS’)

Os trabalhos ‘PC’ apresentaram predominantemente dados coletados em trechos pequenos, com linhas de voo na casa das centenas de metros, cobrindo áreas de até algumas dezenas de hectares.

Houve casos em que as linhas de voo chegaram a alguns poucos quilômetros (máximo de 5 km), cobrindo áreas de até uma dezena de quilômetros quadrados.

Considerou-se coletas em ‘Corredor’ aquelas que foram planejadas para ter de uma a três faixas de voo e que o comprimento da área de cobertura fosse de, no mínimo de, 4 vezes maior que a largura – formando o esboço de uma figura linear.

Identificou-se 5 trabalhos (~8%) que apresentaram esse tipo de planejamento para a coleta. A Figura 9 aponta os tipos e os anos desses trabalhos.



Fonte: Os autores (2020).

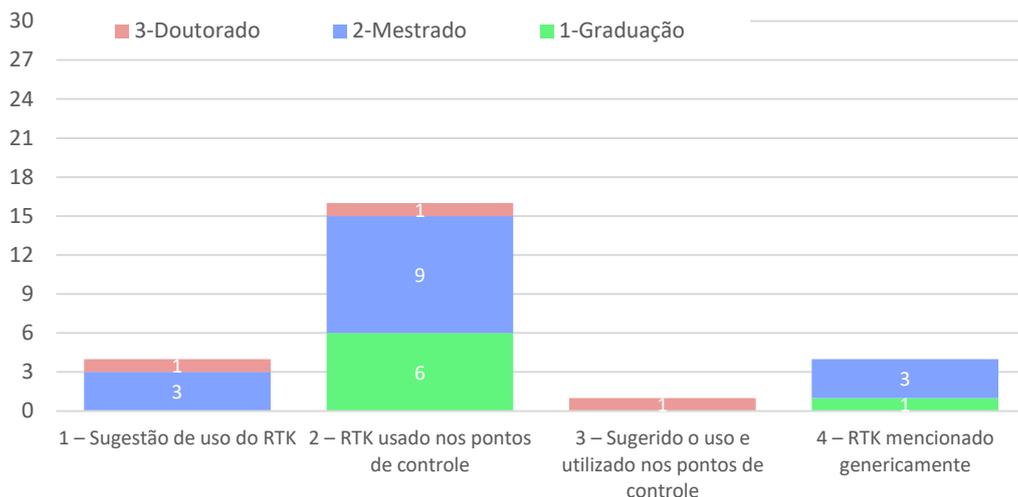
3.1.5 (TR) UTILIZA POSICIONAMENTO RELATIVO GNSS EM TEMPO REAL (RTK) PARA CONTROLE DO RPA

Nenhuma monografia utilizou o posicionamento cinemático relativo GNSS em tempo real (RTK - *Real Time Kinematic*) para o controle da ARP (chave ‘TR’).

A grande maioria dos trabalhos, 40 monografias (~62%), nem cita o termo RTK. Ainda assim, foram identificados 5 trabalhos em que os autores sugeriram essa investigação; 4 em que esse tipo de coleta é citado de forma genérica; e 17 em que a técnica RTK foi utilizada na coleta de pontos de controle.

A Figura 10 apresenta a distribuição dos trabalhos em que o posicionamento RTK é citado, sugerido ou utilizado para os pontos de controle nos tipos de monografias em que foram identificados.

Figura 10 - Trabalhos que citam o termo 'RTK'.



Fonte: Os autores (2020).

3.1.6 (NC) UTILIZA NORMAS CARTOGRÁFICAS PARA VERIFICAÇÃO DOS PRODUTOS GERADOS E (PR) IMPLEMENTA PONTOS DE REFERÊNCIA

A qualidade dos produtos cartográficos (NC) das monografias foi verificada pelo “Padrão de Exatidão Cartográfica”, PEC (BRASIL, 1984) ou pelo “Padrão de Exatidão Cartográfico dos Produtos Cartográficos Digitais”, PEC-PCD (EB, 2011), ora por um ou outro, ora por ambos.

A maioria das coordenadas dos pontos de referência foi determinada através de posicionamento relativo GNSS, utilizando receptores de dupla frequência (L1/L2) que, eventualmente, eram compatíveis com o método de posicionamento RTK.

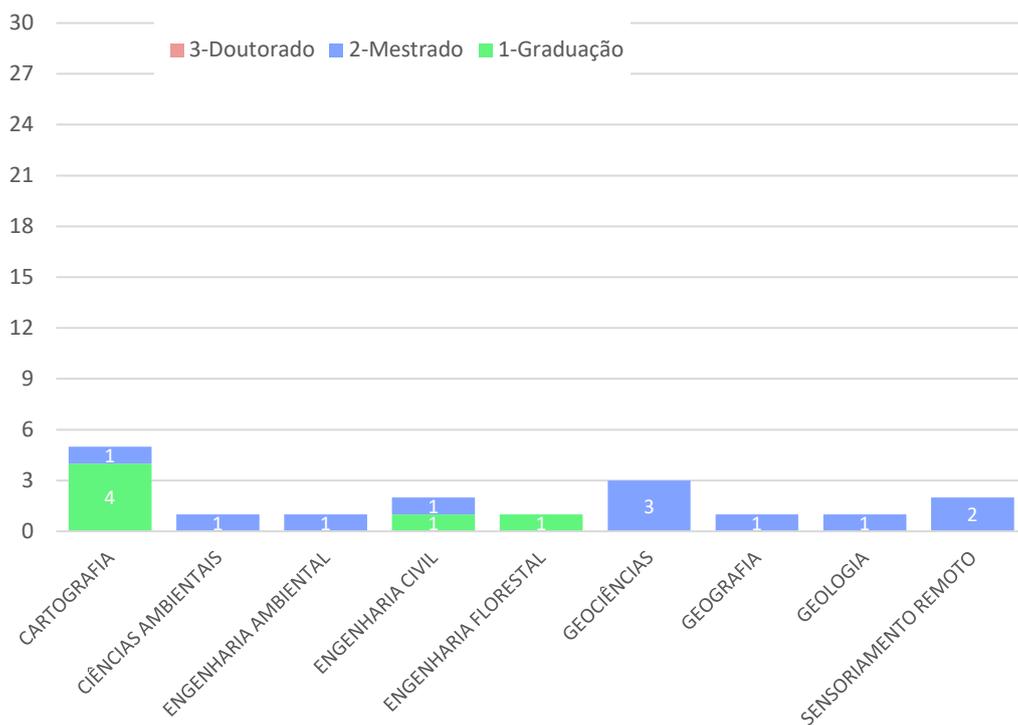
Percebeu-se trabalhos que implementaram pontos de controle e/ou de checagem através do serviço de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) do IBGE, e outros que determinaram as coordenadas de seus pontos de interesse através de posicionamento absoluto, com receptores de navegação.

As 17 das monografias (~26%) que apresentaram a verificação dos produtos pelas normas cartográficas (NC) implementaram seus pontos de controle e/ou de checagem através de posicionamento relativo e uso de receptores GNSS de dupla frequência, sendo que em 7 dessas foi utilizado o método RTK.

Outras 23 monografias programaram pontos de referência para outros fins ou não apresentaram a qualidade dos produtos pelas normas cartográficas, totalizando 40 trabalhos (~63%), onde há a presença do parâmetro ‘PR’.

A Figura 11 apresenta os 17 trabalhos que verificaram os produtos de acordo com as orientações das normas cartográficas (NC), correlacionado os tipos das monografias e suas áreas.

Figura 11 - Monografias em que se verifica a qualidade dos produtos por normas cartográficas (NC).



Fonte: Os autores (2020).

3.1.7 (VC) PROCESSA DADOS POR ALGORITMO SIFT, SFM OU SIMILAR (VISÃO COMPUTACIONAL)

O uso de software dotados de algoritmos de visão computacional para a geração de dados (VC) apresentou-se em aproximadamente 82% das monografias avaliadas (53 trabalhos).

A maioria dos autores utilizou o aplicativo computacional AGISOFT PHOTOSCAN (atualmente, comercializado como METASHAPE) nos processamentos, tendo também sido observada o uso do programa PIX4D Mapper em algumas monografias.

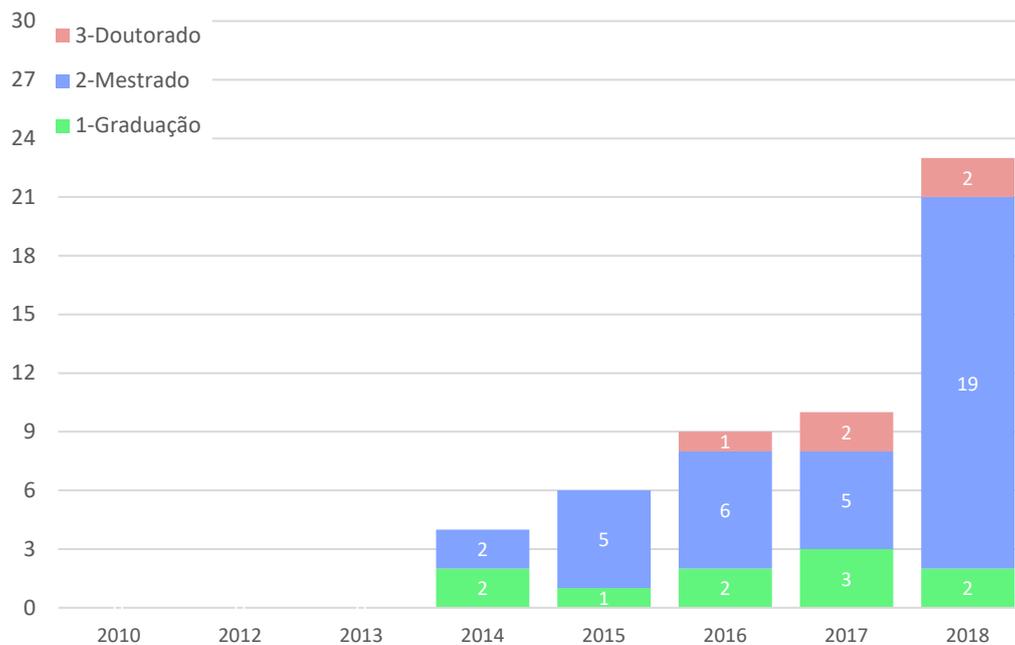
Ambos usam o algoritmo SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*) na obtenção das distâncias entre o ponto central da lente da câmera e os pontos de um objeto imageado.

A técnica usada para a determinação dessas distâncias é aquela do campo da visão computacional, conhecida pela sigla SfM (*Structure from motion*), uma “forma passiva para determinar múltiplos pontos tridimensionais de objetos que estejam em áreas sobrepostas por duas imagens bidimensionais sequenciais” (adaptado de MOONS, 2008); ou seja, segue o princípio da estereoscopia, utilizado pela aerofotogrametria tradicional.

Enquanto a maioria dos trabalhos realizou um processamento automatizado através dos parâmetros *default* dos programas, alguns autores aplicaram filtros nas imagens e usaram de opções avançadas na geração dos resultados.

A Figura 12 aponta a evolução da presença desse tópico ao longo do tempo.

Figura 12 - Uso de visão computacional nas monografias.



Fonte: Os autores (2020).

3.1.7.1 (CT): Compara dados obtidos com os de topografia, fotogrametria ou imageamento terrestre; e (CA): Compara dados obtidos com imagens aéreas, orbitais ou similares.

A maioria dos produtos gerados pelos autores é imagem do tipo raster e a resolução espacial dos produtos finais (tamanho do pixel) variou entre 1,5 cm e 1,9 m. Foram observados dois trabalhos em que o tipo de saída foi exclusivamente vetorial.

A maioria utilizou sensores imageadores do tipo passivo, captando a faixa espectral do visível e, em alguns casos, do infravermelho próximo. Percebeu-se uns poucos casos de uso de sensores passivos hiperespectrais (com capacidade de captar dados em centenas de bandas na faixa de 400 a 900 nm) e, ainda, de sensores ativos, do tipo LIDAR (*Light Detection and Ranging*).

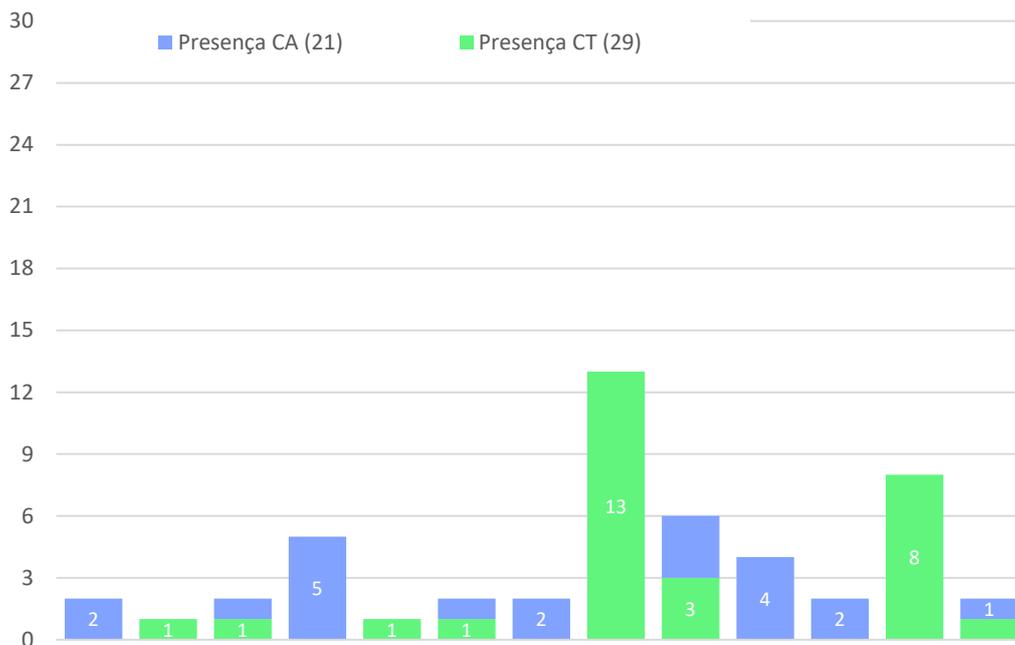
Das 21 monografias (~32%) que compararam os dados gerados a imagens aéreas ou similares (CA), 6 também compararam os dados com informações de topografia, fotogrametria ou imageamento terrestre (CT). Outros 23 trabalhos compararam seus dados somente com informações coletadas em terra, totalizando 29 trabalhos (~46%), com a presença do parâmetro 'CT'. Ao todo foram 44 (~69%) trabalhos que apresentaram CA ou CT.

No caso das monografias 'CA', ganham destaque (pelo número de vezes que foram citadas) as imagens da plataforma *Google Earth*, as imagens da série LANDSAT, e as imagens de relevo do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Também foram feitas comparações com dados coletados por voos tripulados, em especial com uso de sensores LIDAR.

Nas comparações com dados de levantamentos terrestres (CT), a maioria das monografias usou a topografia associada ao posicionamento GNSS, obtendo feições do terreno e/ou de edificações que foram comparadas àquelas geradas pelo processamento dos dados obtidos por ARP.

A Tabela 12 apresenta a distribuição dos trabalhos com o parâmetro 'CT' pelas áreas de conhecimento e principais finalidades das monografias revisadas.

Figura 13 - Comparações com outros dados nas monografias (CA/CT) em suas aplicações.



Fonte: Os autores (2020).

4 DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Para as perspectivas futuras das soluções obtidas por ARP, destaca-se o contínuo desenvolvimento da tecnologia embarcada que, associado a uma possível melhoria da infraestrutura de transmissão de dados – com uma maior e melhor distribuição da tecnologia celular 4G e a futura implementação da tecnologia celular 5G, há de demandar soluções de processamento embarcado nas aeronaves; permitindo a obtenção de informações confiáveis de forma mais rápida e com melhores resoluções espaciais e radiométricas.

Nesse sentido ganha destaque a popularização, com a diminuição dos custos de aquisição, dos sensores LIDAR (*Light Detection and Ranging*); dos sensores de medição de atitude mais precisos (IMU); dos sensores de posicionamento GNSS de múltipla frequência e dos sensores imageadores multiespectrais e hiperespectrais.

Esse futuro há de exigir, ainda, o desenvolvimento de uma nova linha de processadores embarcados nas aeronaves que, aliados a sistemas computacionais baseadas em aprendizagem de máquina e inteligência artificial, serão capazes de processar os dados e ter um consumo de bateria compatível com as demandas da atividade.

A bateria em si, aliás, é um desafio a ser vencido: com os equipamentos demandando cada vez mais autonomia e capacidade de processamento, elas deverão ser capazes de manter a carga por mais tempo e ter um peso que não onere muito a sustentação das ARP, em especial no caso de equipamentos de asa rotativa.

A manter o contínuo aumento pelo interesse por soluções baseadas em coleta por ARP (bem como por outros sistemas remotamente pilotados – terrestres, aquáticos etc.), as instituições regulamentadoras devem estar preparadas para essa crescente demanda, tanto em termos de pessoal, capacidade computacional e ferramentas de fiscalização, sendo esse um desafio a ser enfrentado pelo poder público do Estado.

Estado que deve atualizar as normas que norteiam a produção dos produtos. A disseminação de produtos para várias áreas do conhecimento, em especial nas engenharias, exige que os produtos sejam normatizados. Acontece que as atuais normas, por vezes, se encontram pouco adequadas aos produtos digitais que são gerados pelos processos, sendo por vezes reinterpretadas por cada órgão produtor de dados geoespaciais.

Nesse sentido seria urgente uma atualização das normas técnicas da Cartografia Nacional, que data de meados da década de 80 do último século do milênio passado, pelo Decreto nº 89.817 de 20 de julho de 1984; o que poderia embasar a atualização de inúmeras normas técnicas de órgãos e institutos geradores de dados geoespaciais. Um bom exemplo é o DNIT, que baseia os projetos em normativa de 2006 – época em que a aerofotogrametria era analógica e extremamente restritiva em seus custos – e, hoje, tem esboçado uma tentativa

de atualizar as exigências técnicas para aceitar dados coletados por ARP em seus fluxos de projetos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta investigação apresenta um panorama acadêmico dos diferentes usos de ARP para Fotogrametria e Sensoriamento Remoto no Brasil ao longo de 10 anos (2008-2018). Tais trabalhos, tanto no nível de graduação quanto de pós-graduação, indicam uma tendência de crescimento do uso dessa tecnologia, bem como as áreas de conhecimento e finalidades mais procuradas no país, refletindo o nível de aprendizado e investimentos nas universidades públicas e privadas. Evidentemente, uma parcela considerável destes estudos foi publicada em periódicos especializados, nacionais e internacionais, ajudando a disseminar o conhecimento e os avanços científicos.

Há grande variedade de aplicações para as ARP, com uso de equipamentos que devem ser escolhidos de acordo com as finalidades pretendidas e dos recursos disponíveis para a aquisição deles. Os custos de aquisição dos equipamentos usados nas pesquisas avaliadas variam de aproximadamente US\$ 500,00 até aos que superam facilmente os US\$ 100.000,00.

Os órgãos reguladores para uso profissional de ARP no Brasil, a citar a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), Ministério da Defesa (MD), Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), têm investido na simplificação e modernização dos processos, legislações e sistemas.

Nesse sentido, vale ressaltar as iniciativas da ANAC, com o Sistema de aeronaves não tripuladas (SISANT) para o registro dos equipamentos, e do DECEA, na implementação do sistema de Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARPAS), para utilização do espaço aéreo (vulgo NOTAM). Vale ressaltar os esforços de atualização da legislação, com a recente edição e publicação do documento “Compêndio de legislações e questões técnicas e legais sobre aerolevanteamento” (MD, 2020) por parte do Ministério da Defesa e pela atualização, válida a partir de primeiro de Julho de 2020, da legislação do acesso ao espaço aéreo por parte do DECEA².

O controle das aeronaves através dos sistemas GNSS, que usam o método de posicionamento RTK, não apareceu em nenhum dos trabalhos avaliados, ainda que alguns autores apontem essa implementação como uma possível solução para melhorar a qualidade posicional no processamento dos dados, implementando a técnica do Georreferenciamento Direto. Como exemplo, pode-se citar a PIX4D, fabricante de software para processamento fotogramétrico de dados ARP, ao oferecer 3 soluções de posicionamento: implementação RTK; uso de pontos de controle; e pós-processamento dos dados do receptor (PPK) (PIX4D, 2018).

Boa parte dos estudos analisados foi feita em uma cobertura de voo planejada de ‘Bloco’, e não em ‘Corredor’. Os poucos trabalhos que coletaram dados em ‘Corredores’ não ultrapassaram de 5 km de extensão nas linhas de voo.

Os estudos que avaliam a qualidade cartográfica dos produtos gerados não são conclusivos, pois não é possível verificar uma consistência ou padrão nas metodologias das análises realizadas pelos autores. Há indicações de que a qualidade não seria superior a ‘Classe B’, em escalas 1/10.000, ainda que com produtos similares aos gerados por autores que classificaram os mapeamentos como ‘Classe A’ (PEC-PDC) em escalas desde 1/1000 até 1/2500.

Na maioria dos trabalhos revisados, não houve variação entre a resolução espacial da coleta dos dados (valor do *Ground Sampling Distance* – GSD) e da resolução espacial do produto raster gerado (tamanho do *pixel*). Apenas cinco trabalhos indicaram a degradação geométrica do GSD para a geração do produto final, chegando a até um fator de 1/21 na geração do dado (i.e., uma coleta com GSD de 9 cm e *pixel* do produto avaliado de 189 cm).

6 LISTA DAS MONOGRAFIAS REVISADAS

Ordem alfabética das monografias revisadas nesse trabalho, composta pelos dados: AUTOR; ANO;

2 A legislação mais recente está disponível em <https://www.decea.gov.br/drone/>, acesso em 02/07/2020.

TÍTULO; TIPO; ÁREA; INSTITUIÇÃO; ESTADO > GERAL.

1. ALENCAR, Pedro; 2018; **MEDIÇÃO E MODELAGEM DE VOÇOROCAS NO BIOMA CAATINGA: O CASO DA BACIA REPRESENTATIVA DE MADALENA**, CE; 2-Mestrado; ENGENHARIA AGRÍCOLA; UFC; CE > *MDT / MDS*
2. ALMEIDA, Danilo; 2018; **ASSESING TROPICAL FOREST DEGRADATION AND RESTORATION THROUGH LIDAR REMOTE SENSING**; 3-Doutorado; ENGENHARIA FLORESTAL; USP; SP > *VEGETAÇÃO*
3. ALMEIDA, Igor; 2014; **ESTUDO SOBRE O USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) PARA MAPEAMENTO AÉREO COM FINS DE ELABORAÇÃO DE PROJETOS VIÁRIOS**; 1-Graduação; ENGENHARIA CIVIL; UNICAP; PE > *MDT / MDS*
4. ALMEIDA, Pedro; 2018; **AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE MOSAICO DE IMAGENS APLICADOS EM IMAGENS AGRÍCOLAS OBTIDAS POR MEIO DE RPAS**; 2-Mestrado; CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO; UEPG; PR > *QUALIDADE*
5. ALVES JR., Leomar; 2015; **ANÁLISE DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS OBTIDOS COM CÂMERA DIGITAL NÃO MÉTRICA ACOPLADA A UM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO EM ÁREAS URBANAS E RURAIS NO ESTADO DE GOIÁS**; 2-Mestrado; GEOGRAFIA; UFG; GO > *CADASTRO*
6. BARBOSA, Bruno; 2017; **GERAÇÃO DE BASE CARTOGRÁFICA PARA ÁREA DE INTERESSE HISTÓRICO/CULTURAL POR MEIO DE LEVANTAMENTO FOTOGRAMÉTRICO ADQUIRIDO COM VANT (RPAS)**; 1-Graduação; CARTOGRAFIA; UFRGS; RS > *CADASTRO*
7. BARCELOS, Anna; 2017; **O USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) EM MONITORAMENTOS DE CAMPO: APLICABILIDADES E VIABILIDADES**; 1-Graduação; GEOGRAFIA; UFU; MG > *VEGETAÇÃO*
8. BRASIL, Guilherme; 2012; **MONITORAMENTO AMBIENTAL COM A UTILIZAÇÃO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTS)**; 2-Mestrado; CIÊNCIAS AMBIENTAIS; UFPR; PR > *INSPEÇÃO*
9. CALOU, Vinícius; 2018; **USO DE VANTs NO MONITORAMENTO DA SIGATOKA-AMARELA DA BANENEIRA**; 2-Mestrado; ENGENHARIA AGRÍCOLA; UFC; CE > *VEGETAÇÃO*
10. CÂNDIDO, Anny; 2012; **TRATAMENTO DE IMAGENS ORBITAIS E SUBORBITAIS PARA CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA CABECEIRA DO RIO SÃO LOURENÇO-MT**; 2-Mestrado; ENGENHARIA FLORESTAL; UFMT; MT > *VEGETAÇÃO*
11. CARNEIRO, Marciano; 2016; **GERAÇÃO DE MODELO DIGITAL DE TERRENO POR RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA COM APOIO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO DE PEQUENO PORTE: ESTUDO DE CASO NA PEDREIRA DA EMPRESA INCOPEL - ESTÂNCIA VELHA / RS**; 2-Mestrado; CIÊNCIAS AMBIENTAIS; UNILASALLE; RS > *MDT / MDS*
12. CARVALHO, Naiallen; 2014; **REFERENCIAMENTO DE IMAGENS AÉREAS UTILIZANDO DADOS DE NAVEGAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO AUTOMÁTICA DE MOSAICO DE IMAGENS**; 2-Mestrado; ENGENHARIA ELETRÔNICA; ITA; SP > *GENERALIDADES*
13. COSTA, João Vitor; 2018; **ANÁLISE DA DINÂMICA DE ESPELHOS D'ÁGUA EM LAGOS ARTIFICIAIS NO SUL DA AMAZÔNIA, MATO GROSSO, UTILIZANDO DRONES**; 1-Graduação; CIÊNCIAS AMBIENTAIS; UFG; GO > *MDT / MDS*

14. CUNHA, Alexandre; 2018; **AVALIAÇÃO DE EROÇÃO POR IMAGENS A CURTA DISTÂNCIA**; 2-Mestrado; ENGENHARIA CIVIL; UFBA; BA > *MDT / MDS*
15. CUNHA, João Paulo; 2018; **MAPEAMENTO CADASTRAL DE SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS COM USO DE DADOS REMOTAMENTE ADQUIRIDOS - UM EXEMPLO DO MAPEAMENTO DE PETRÓGLIFOS DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO DO BISNAU**; 2-Mestrado; GEOCIÊNCIAS; UNB; DF > *MDT / MDS*
16. DIAS, Gilda; 2014; **LEVANTAMENTO DE LIMITES DE IMÓVEL RURAL COM USO DE VANT, ELDORADO DO SUL – RS**; 1-Graduação; CARTOGRAFIA; UFRGS; RS > *CADASTRO*
17. FAGUNDES, Manuella; 2016; **GERAÇÃO DE BASE CARTOGRÁFICA TRIDIMENSIONAL COM O USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)**; 1-Graduação; CARTOGRAFIA; UFRGS; RS > *CADASTRO*
18. FARIA, Alexandre; 2015; **AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE USO E OCUPAÇÃO DO PARQUE PARAHYBA – JOÃO PESSOA/PB**; 2-Mestrado; CIÊNCIAS AMBIENTAIS; UFPB; PB > *INSPEÇÃO*
19. FELIX, Felipe; 2018; **COMPORTAMENTO SAZONAL DE COBERTURAS VEGETAIS A PARTIR DE IMAGENS DE SENSORES EMBARCADOS EM VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADO**; 2-Mestrado; CIÊNCIAS AMBIENTAIS; UNIFAL; MG > *VEGETAÇÃO*
20. FERREIRA, Alexandre; 2014; **AVALIAÇÃO DE CÂMARA DE PEQUENO FORMATO TRANSPORTADA POR VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO – VANT, PARA USO EM AEROLEVANTAMENTOS**; 2-Mestrado; GEOCIÊNCIAS; UNB; DF > *QUALIDADE*
21. FRANCA, Elias; 2015; **DETECÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE, POR MEIO DE IMAGENS AÉREAS DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL**; 2-Mestrado; GEOGRAFIA; UFMT; MT > *CADASTRO*
22. GONÇALVES, Luana; 2018; **ESTIMATIVA DE PARÂMETROS BIOFÍSICOS DE LAVOURA CAFEEIRA A PARTIR DE IMAGENS OBTIDAS POR AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA**; 2-Mestrado; ENGENHARIA AGRÍCOLA; UFLA; MG > *MDT / MDS*
23. JIM, André; 2018; **IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ESPECTRAL DA FERRUGEM (AUSTROPUCCINIA PSIDII) DO EUCALIPTO POR IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO OBTIDAS DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT) E EM LABORATÓRIO (ESPECTRORADIÔMETRO)**; 3-Doutorado; ENGENHARIA FLORESTAL; UNESP; SP > *VEGETAÇÃO*
24. LENZI, Italo; 2018; **SISTEMA DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (RPAS) APLICADA AO INVENTÁRIO FLORESTAL DE TECTONA GRANDIS LINN F**; 2-Mestrado; ENGENHARIA FLORESTAL; UFMT; MT > *VEGETAÇÃO*
25. LINHARES, Mayklyns; 2016; **USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NA DETERMINAÇÃO DE ÍNDICE DE VEGETAÇÃO EM ÁREA DE PASTAGEM EM NOVA MUTUM-MT**; 2-Mestrado; GEOGRAFIA; UFG; GO > *VEGETAÇÃO*
26. LONGHITANO, George; 2010; **VANTS PARA SENSORIAMENTO REMOTO: APLICABILIDADE NA AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO DE IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR ACIDENTES COM CARGAS PERIGOSAS**; 2-Mestrado; ENGENHARIA DE TRANSPORTES; USP; SP > *GENERALIDADES*
27. LOPES, Tito; 2018; **ANÁLISE DA APLICABILIDADE DE SISTEMA MINI-VANT COMERCIAL NO DIAGNÓSTICO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE DESASTRES NO BRASIL**; 2-Mestrado; CIÊNCIAS AMBIENTAIS; USP; SP > *INSPEÇÃO*
28. LUZ, Cristhyano; 2015; **AVALIAÇÃO DA EXATIDÃO ABSOLUTA DE ORTOFOTO**

- OBTIDA POR MEIO DE DADOS BRUTOS ORIUNDOS DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (SISVANT); 2-Mestrado; CARTOGRAFIA; UFPR; PR > QUALIDADE**
29. MACHADO, Marcela; 2018; **SINCRONIZAÇÃO POR PÓS-PROCESSAMENTO DE UM SISTEMA DE VARREDURA A LASER EMBARCADO EM VANT; 2-Mestrado; CARTOGRAFIA; UNESP; SP > MDT / MDS**
30. MARTELLO, Maurício; 2017; **ESTIMATIVA DA ALTURA E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇUCAR UTILIZANDO IMAGENS OBTIDAS POR AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA; 2-Mestrado; AGRONOMIA; USP; SP > VEGETAÇÃO**
31. MELO JR., Carlos; 2016; **METODOLOGIA PARA GERAÇÃO DE MAPAS DE DANOS DE FACHADAS A PARTIR DE FOTOGRAFIAS OBTIDAS POR VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO E PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS; 3-Doutorado; ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL; UNB; DF > INSPEÇÃO**
32. MELO, Roseneia; 2016; **DIRETRIZES PARA INSPEÇÃO DE SEGURANÇA EM CANTEIROS DE OBRA POR MEIO DE IMAGEAMENTO COM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT); 2-Mestrado; ENGENHARIA CIVIL; UFBA; BA > INSPEÇÃO**
33. MIRANDA NETO, Milton; 2016; **SISTEMA AUTOMÁTICO DE PLANEJAMENTO DE VOOS E TRATAMENTO DE IMAGENS PARA VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS; 2-Mestrado; ENGENHARIA ELÉTRICA; UFU; MG > INSPEÇÃO**
34. NASCIMENTO, Santiago; 2017; **ANÁLISE DE MODELOS DIGITAIS DE TERRENO POR MEIO DA MODELAGEM HIDRÁULICA NA DEFINIÇÃO DE ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO; 2-Mestrado; ENGENHARIA AMBIENTAL; UFBA; BA > MDT / MDS**
35. NIEMANN, Rafaela; 2017; **COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE FILTRAGEM E GERAÇÃO DE MODELOS DIGITAIS DE TERRENO A PARTIR DE IMAGENS OBTIDAS POR VEÍCULO AÉREO NÃO-TRIPULADO; 2-Mestrado; GEOGRAFIA; UNESP; SP > MDT / MDS**
36. OLIVEIRA, Luana; 2017; **AVALIAÇÃO DO USO DE SENSOR TERMAL A BORDO DE VANT ATRAVÉS DE ANÁLISES RADIOMÉTRICAS, ESPECTRAIS, ESPACIAIS E POSICIONAIS; 2-Mestrado; SENSORIAMENTO REMOTO; INPE; SP > QUALIDADE**
37. OLIVEIRA, Matheus; 2016; **DETECÇÃO DE PATOLOGIAS EM PLANTAÇÕES DE EUCALIPTOS COM APRENDIZADO DE MÁQUINA; 2-Mestrado; CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO; USP; SP > VEGETAÇÃO**
38. OLIVEIRA, Raquel; 2017; **GERAÇÃO DE MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE HIPERESPECTRAL, EM ÁREAS DE FLORESTA UTILIZANDO CÂMARA HIPERESPECTRAL DE QUADRO EMBARCADA EM VANT; 3-Doutorado; CARTOGRAFIA; UNESP; SP > MDT / MDS**
39. PARENTE, Denis; 2016; **UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) NA IDENTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) DISPOSTOS EM LOCAIS INADEQUADOS; 2-Mestrado; ENGENHARIA AMBIENTAL; UFTO; TO > INSPEÇÃO**
40. PEGORARO, Antoninho; 2013; **ESTUDO DO POTENCIAL DE UM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO/ QUADROTOR, COMO PLATAFORMA NA OBTENÇÃO DE DADOS CADASTRAIS; 3-Doutorado; ENGENHARIA CIVIL; UFSC; SC > CADASTRO**
41. PEREIRA, Bruno; 2017; **ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS COM FOTOGRAFIAS OBTIDAS POR VANT (RPAS); 1-Graduação; GEOGRAFIA; UNESP; SP > MDT / MDS**
42. PINTO, Felipe; 2018; **CLASSIFICAÇÃO DO ESTÁGIO SUCESSIONAL DA VEGETAÇÃO EM ÁREAS DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (FOM) COM O EMPREGO DE**

- IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS POR VANT (VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO); 2-Mestrado; ENGENHARIA FLORESTAL; UESC; SC > VEGETAÇÃO**
43. PORTES, Marcelo; 2018; **SENSORIAMENTO REMOTO TERMAL USANDO VEÍCULO AÉREO NÃO-TRIPULADO NA CAFEICULTURA DE MONTANHA; 2-Mestrado; ENGENHARIA AGRÍCOLA; UFV; MG > MDT / MDS**
 44. RODRIGUES, Avilmar; 2016; **USO DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS PARA MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DE EROÇÃO URBANA; 2-Mestrado; GEOGRAFIA; UFG; GO > MDT / MDS**
 45. RODRIGUES, Éder; 2018; **ESTUDO SOBRE A FISILOGIA DA PAISAGEM DO AREAL DO CERRO DA ESQUINA NO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO DE ASSIS - RS; 2-Mestrado; GEOGRAFIA; UFRGS; RS > MDT / MDS**
 46. ROSA, Joel; 2018; **DIAGNÓSTICO DE PROCESSOS EROSIVOS EM SOLOS AGRÍCOLAS MEDIANTE ANÁLISES DE MODELOS NUMÉRICOS DO TERRENO; 2-Mestrado; CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO; UEPG; PR > MDT / MDS**
 47. RUIZ, Luis; 2015; **UMA ABORDAGEM DE CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA DA TERRA EM IMAGENS OBTIDAS POR VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO; 2-Mestrado; SENSORIAMENTO REMOTO; UFRGS; RS > CADASTRO**
 48. SANTOS, Evandro; 2018; **ANÁLISE DA PERFORMANCE DOS SENSORES ÓPTICOS E POR TRANSMITÂNCIA DE RAIOS-X NO PROCESSO DE CLASSIFICAÇÃO DE CALCÁRIO EM MINA DE CAÇAPAVA DO SUL/RS; 2-Mestrado; GEOLOGIA; UNIPAMPA; RS > MDT / MDS**
 49. SANTOS, Ivaneide; 2017; **NOVAS METODOLOGIAS PARA REPRESENTAÇÃO GEOESPACIAL E VALORIZAÇÃO DOS ELEMENTOS DA GEODIVERSIDADE: INTEGRAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS, RECURSOS ONLINE E REALIDADE AUMENTADA; 3-Doutorado; GEOCIÊNCIAS; UFPE; PE > GENERALIDADES**
 50. SANTOS, Luiz; 2016; **AVALIAÇÃO DE MODELO DIGITAL DE TERRENO GERADO ATRÁVES DE VANT EM PLANÍCIES PANTANEIRAS; 1-Graduação; ENGENHARIA FLORESTAL; UFMT; MT > MDT / MDS**
 51. SARTORI, Rueliton; 2018; **AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE MODELOS HIDRODINÂMICOS PARA PREVISÃO DE INUNDAÇÕES: UM ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE GETÚLIO VARGAS-RS; 2-Mestrado; CIÊNCIAS AMBIENTAIS; UFFS; RS > MDT / MDS**
 52. SILVA, Álvaro; 2018; **DELIMITAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA E CONTROLE DE DISPERSÃO DA CASUARINA EUISETIFOLIA L NO PARQUE ESTADUAL DA COSTA DO SOL, A PARTIR DE IMAGENS AÉREAS OBTIDAS COM VANT; 2-Mestrado; ENGENHARIA AMBIENTAL; IFF; RJ > INSPEÇÃO**
 53. SILVA, Cristiano; 2015; **AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DOS ORTOMOSAICOS E MODELOS DIGITAIS DO TERRENO GERADOS POR VANT E SUA APLICAÇÃO NO CÁLCULO DE VOLUME DE PILHAS DE REJEITO DA PEDRA CARIRI; 2-Mestrado; GEOLOGIA; UFC; CE > MDT / MDS**
 54. SILVA, Daniel; 2018; **VIABILIDADE E ACURÁCIA DE VANT PARA O MONITORAMENTO COSTEIRO TRIDIMENSIONAL; 2-Mestrado; GEOCIÊNCIAS; UFPE; PE > MDT / MDS**
 55. SILVA, Elizabeth; 2018; **SENSORIAMENTO REMOTO POR MEIO DE UMA AERONAVE**

REMOTAMENTE PILOTADA PARA ESTUDOS DO MANGUEZAL DA BAÍA DE VITÓRIA (ES); 3-Doutorado; OCEANOGRAFIA; UFES; ES > VEGETAÇÃO

56. SILVA, Gabriela; 2016; **AVALIAÇÃO GEOMÉTRICA DO LEVANTAMENTO DA ÁREA CONSTRUÍDA DA UTFPR-DV POR IMAGENS DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) UTILIZANDO CÂMERA NÃO-MÉTRICA;** 1-Graduação; ENGENHARIA FLORESTAL; UTFPR; PR > *MDT / MDS*
57. SILVA, Orildo; 2016; **EVOLUÇÃO DOS PROCESSOS DE CARSTIFICAÇÃO DA FORMAÇÃO JANDAÍRA, BACIA POTIGUAR, UTILIZANDO DADOS OBTIDOS POR LIDAR E VANT;** 2-Mestrado; GEOLOGIA; UFRN; RN > *INSPEÇÃO*
58. SILVA, Thamyres; 2018; **MONITORAMENTO DE ÁREAS EM RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA POR MEIO DE LEVANTAMENTO FOTOGRAMÉTRICO EXECUTADO POR VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO: Estudo de caso para regiões na Mata Atlântica, em Miguel Pereira – RJ;** 1-Graduação; CARTOGRAFIA; UFRA; AM > *VEGETAÇÃO*
59. SOUZA, Gabriel; 2015; **ANÁLISE DA VIABILIDADE DO USO DE VANT PARA MAEAMENTOS TOPOGRÁFICO E DE COBERTURA E USO DA TERRA;** 1-Graduação; CARTOGRAFIA; UFRGS; RS > *MDT / MDS*
60. SOUZA, Gabriel; 2018; **ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS CONFIGURAÇÕES DOS PONTOS DE APOIO E DO VOO NA ACURÁCIA DE ORTOFOTOMOSAICOS ELABORADOS A PARTIR DE DADOS DE VANT;** 2-Mestrado; SENSORIAMENTO REMOTO; UFRGS; RS > *QUALIDADE*
61. TORRES, Fernanda; 2016; **MONTAGEM E AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE VARREDURA A LASER EMBARCADO EM VANT;** 2-Mestrado; CARTOGRAFIA; UNESP; SP > *MDT / MDS*
62. VALE, Daniel; 2018; **PESQUISA MINERAL E REAVALIAÇÃO DA RESERVA DE GRANITO ORNAMENTAL NO CÓRREGO ÁGUA PRETA, MUNICÍPIO NOVA VENÉCIA, ESTADO DO ESPÍRITO SANTO;** 2-Mestrado; GEOLOGIA; UNIPAMPA; RS > *MDT / MDS*
63. VINISKI, Antônio; 2018; **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO USO DA MINERAÇÃO DE DADOS CLÁSSICA E ESPACIAL NA ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE DE GRÃOS EM IMAGENS OBTIDAS POR MEIO DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADA;** 2-Mestrado; CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO; UEPG; PR > *VEGETAÇÃO*
64. ZANETTI, Juliette; 2017; **INFLUÊNCIA DO NÚMERO E DISTRIBUIÇÃO DE PONTOS DE CONTROLE EM ORTOFOTOS GERADAS A PARTIR DE UM LEVANTAMENTO POR VANT;** 2-Mestrado; ENGENHARIA CIVIL; UFV; MG > *QUALIDADE*

Agradecimentos

Ao IBGE, pela liberação funcional do autor Fábio Lobo, para o período de estudos e construção da sua Tese de doutorado. Os autores também agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por apoiar João Vitor S. Costa durante seu mestrado, bem como pelos equipamentos concedidos à Universidade Federal de Goiás/LAPIG/Pro-Vant (CAPES Pro-equipamentos 2014).

Contribuição dos Autores

O autor Fábio Lobo (UFC/IBGE) contribuiu com a ideia inicial e executou a coleta e tabulação inicial de dados, gerando uma primeira versão do texto. Os professores doutores Carlos Uchôa (UFC/LAG) e Manuel Ferreira (UFG/LAPIG) contribuíram com a revisão da primeira versão do texto, orientando forma e conteúdo. O autor João Vitor (UFG/LAPIG) auxiliou na coleta e tabulação final dos dados apresentados no artigo.

Conflitos de Interesse

Os autores declaram que não há conflito de interesse.

Referências

- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial – RBAC-E n.94**. Requisitos Gerais para Veículos Aéreos não Tripulados e Aeromodelos. Brasília: ANAC, 2017. Disponível em <http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94-emd-00/@@display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf>. Acesso em: 16/11/2017.
- BRASIL. Comando da aeronáutica. Departamento de controle aéreo. **Tráfego aéreo: Sistemas de aeronaves remotamente pilotadas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro – ICA 100-40/2016**. Brasília: DECEA, 2017. Disponível em <<https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4510>>. Acesso em: 16/11/2017.
- BRASIL. Decreto nº 89.817 de 20 de julho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF - Seção 1 - 22/6/1984, Página 8884.
- CAIADO, R.; QUELHAS, O.; RANGEL, L.; NASCIMENTO, D. Metodologia de revisão sistemática da literatura com aplicação do método de apoio multicritério à decisão SMARTER. In: XII Congresso Nacional de Excelência em Gestão e III Inovarse - Responsabilidade Social Aplicada. **Anais** Rio de Janeiro, 2016. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/318373779_METODOLOGIA_DE_REVISAO_SISTEMATICA_DA_LITERATURA_COM_APLICACAO_DO_METODO_DE_APOIO_MULTICRITERIO_A_D_ECISAO_SMARTER>. Acesso em 04/09/2018
- CÔRTEZ, J. B. R. 1998. **O uso de fotografias aéreas de pequeno formato digitalizadas em mapeamento topográfico planimétrico**. Dissertação de mestrado. (Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.
- CÔRTEZ, J. B. R. 2010. **Análise da estabilidade de câmaras digitais de baixo custo com diferentes métodos de calibração**. Tese de doutorado. (Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.
- EXÉRCITO BRASILEIRO. **Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV), ver. 2.1.3 – EB10-N-72.001 – 2ª Edição**. Brasília, 2011. Disponível em <http://www.geoportal.eb.mil.br/images/PDF/ET_ADGV_Vs_2_1_3.pdf>. Acesso em 12/12/2017.
- LOUREIRO, S. A.; NOLETTO, A. P. R.; SANTOS, L. S.; et.al. 2016. **O uso de método de revisão sistemática da literatura na pesquisa em logística, transportes e cadeia de suprimentos**. Transportes V.24, n.1. pg. 95-106. Disponível em <<https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/919/591>>. Acesso em 14/05/2018.
- MATESE, A.; TOSCANO, P.; GENNARO, S.; GENESIO, L.; et.al. 2015. **Intercomparison of UAV, Aircraft and Satellite Remote Sensing Platforms for Precision Viticulture**. Remote sensing journal. N7. pg. 2971-2990; doi:10.3390/rs70302971. Disponível em <<http://www.mdpi.com/2072-4292/7/3/2971/htm>>. Acesso em 02/05/2018.
- MCLEAN, C. 2015. **Aerial Mapping Techniques and Technologies: A cost benefit analysis**. Apresentação para o simpósio de engenharia, realizado pelo Departamento de Geodésia e Geomática da Universidade de New Brunswick (Canadá). Disponível em <http://www.villagereach.org/wp-content/uploads/2017/06/Malawi-UAS-Report_MOH-Draft_-FINAL_14_07_16.pdf> Acesso em 02/05/2018.
- MOONS, T.; GOOL, L. V.; VERGAUWEN, M. 2008. **3D Reconstruction from Multiple Images**. Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision. Vol. 4, No. 4 (2008) 287–398. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Theo_Moons/publication/

265190880_3D_reconstruction_from_multiple_images/links/5559abf408ae6943a876cee7/3D-reconstruction-from-multiple-images.pdf > Acesso em 16/5/2018

PIX4D. **Latest Articles: Applications with Pix4D Solutions.** Apresenta uma série de aplicações de drones, divididas em áreas de atuação. Disponível em: <<https://pix4d.com/blog/>>. Acesso em: 24/04/2018.

RAVINDRAN, V.; SHANKAR, S. 2015. **Systematic reviews and meta-analysis demystified.** Indian J.Rheumatol. 10, 89–94. Disponível em <<http://www.indianjrheumatol.com/article.asp?issn=0973-3698;year=2015;volume=10;issue=2;spage=89;epage=94;aulast=Ravindran;type=0>> Acesso em 26/02/2020.

Biografias dos autores



Fábio Carneiro Lobo é graduado em Sensoriamento Remoto (CEFT-GO, 2004), tem título de mestre em Ecologia e Evolução (UFG, 2006) e está cursando doutorado em Engenharia de Transportes (UFC). Servidor público concursado, ingressou em 2010 no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na Unidade Estadual do Ceará, atuando na Gerência de Geodésia e Cartografia (UECE – GGC/CE) como supervisor de Cartografia. Atualmente, tem estudado a adequação de produtos cartográficos gerados por drones em obras de infraestrutura de transportes.



Manuel Eduardo Ferreira é graduado em Geografia (UnB, 1996), mestre em Geociências (UnB, 2003) e doutor em Ciências Ambientais (UFG, 2009). Desde 2009, é professor e pesquisador da Universidade Federal de Goiás (UFG), vinculado ao IESA/Lapig (Lab. de Processamento de Imagens e Geoprocessamento), onde coordena o núcleo de pesquisa e capacitação em Veículos Aéreos Não Tripulados (Pro-Vant). Seus interesses de pesquisa englobam o sensoriamento remoto orbital e aéreo para modelagem e monitoramento de paisagens antrópicas e naturais nos biomas Cerrado e Amazônia.



Carlos Augusto Uchôa da Silva é doutor em Engenharia EESC/ USP(2003), Mestre em Engenharia de Transportes pela EESC/USP(2000), Especialista em Estradas e Aeroportos pela UFPA(1996), Engenheiro Civil pela UFPA(1991) e Técnico em Edificações pela ETFPA(1986). É professor associado no Departamento de Engenharia de Transportes-DET/CT/UFC. Coordena o LAG-Laboratório de Geomática Aplicada. Atua com Geotecnologias, dando ênfase à Topografia, Cartografia, Sistemas Globais de Posicionamento por Satélites-GNSS e Geoprocessamento.



João Vítor Silva Costa é bacharel em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Goiás (2019), cursando mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela UFG. Bolsista no Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG-UFG), possui experiência com Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS).



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.