

(VANT's) Veículos Aéreos Não Tripulados em Projetos Ambientais:

Aplicações e Técnicas na Perspectiva do Planejamento Local

**Adriano Chaves de França,
Prefeitura de Naviraí-MS, UFGD,
adrianoch@gebio.org.br**

**Carlos Eduardo Batista da Silva,
Prefeitura de Naviraí-MS, UFGD,
carlooseduardo.arq@outlook.com**

**Helder Matsubara,
Prefeitura de Naviraí-MS,
engseg@hotmail.com**

**Rodrigo Angelo Zanin,
Prefeitura de Naviraí-MS,
arq.rodrigozanin@gmail.com**

**Fernando Firmino Messias,
Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Mato Grosso do Sul,
fernando.messias@ifms.edu.br**

RESUMO

Diante ao desenvolvimento tecnológico, atualmente temos a possibilidade de ampliar nossas capacidades em coleta de informações espaciais com plataformas de mapeamento remoto, como é o caso dos veículos aéreos não tripulados (VANT's). Estes quando utilizados de maneira criteriosa e com uso de metodologias adequadas permite sua vasta utilização em áreas de projetos nos campos das engenharias, geografia, arquitetura, meio ambiente e entre outras aplicações. Neste estudo demonstramos que o sensoriamento remoto VANT's permite a realização de projetos que visam o planejamento a execução e gestão de intervenções das áreas destacadas, sendo que sua relevância para o planejamento público local assegura melhorias significativas que até então não eram possíveis. Neste sentido, as tecnologias que envolvem a aquisição de dados espaciais, o processamento e a extração de resultados confiáveis tem sido o objetivo dos trabalhos técnicos desenvolvidos por uma equipe da Prefeitura Municipal de Naviraí, sempre com o ensejo de contribuir ao planejamento mais eficiente, capaz de promover a execução de projetos locais coerentes as realidades do nosso município.

Palavras-chave: Geotecnologias; Espaço; Desenvolvimento; Modelagem.

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A obtenção de informações para mapeamento, reconhecimento do território, planejamento, a própria gestão do espaço e todas as demais formas de aquisição de dados espaciais via sensoriamento remoto com o desenvolvimento tecnológico, tem recebido um forte impulso com as possibilidades inauguradas diretamente pelos (VANT's) Veículos Aéreo Não Tripulados.

Este equipamento também corresponde na Língua Inglesa ao que se denomina (UAV) Unmanned Aerial Vehicles, tendo sido popularizado amplamente no planeta com o termo “Drone”; sobretudo, a tecnologia tornou-se famosa infelizmente em favor do seu alto potencial e uso para fins militares, entre os quais episódios, não se pode esquecer de sua aplicabilidade no conflito dos EUA no Iraque pós 2010. Por outro lado temos aproveitado mais recentemente as potencialidades benéficas, principalmente porque permitem a coleta de dados espaciais com um custo significativamente menor em relação as metodologias tradicionais como o sensoriamento remoto orbital e a aerofotogrametria convencional.

Segundo Moutinho e Azinheira (2018, p. 03); VANT's, UAV, drone, ou remotely piloted aircraft (RPA) “são aeronaves que operam sem piloto humano a bordo, sendo então remotamente pilotadas ou pilotadas de modo automático por um microcontrolador a bordo denominado piloto automático, sendo parte de um Sistema de Aeronaves Pilotadas Remotamente”. Na figura 1 é demonstrado o Sistema de Aeronaves Pilotadas Remotamente.

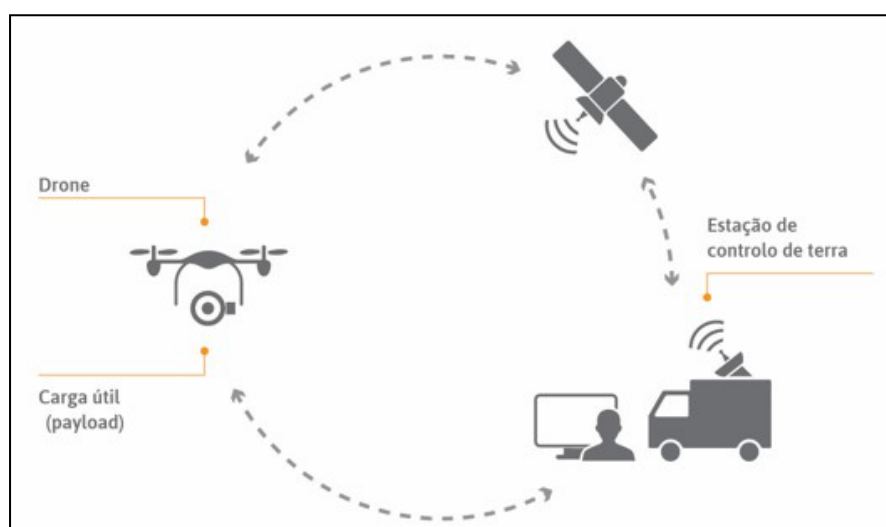


Figura 1: Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas. **Fonte:** Moutinho e Azinheira; 2018

Ainda com base em Moutinho e Azinheira (2018), o sistema de aeronaves pilotadas

remotamente compreende, além da aeronave propriamente dita, com toda sua carga útil onde inclui-se as câmeras e/ou demais sensores, a estrutura de comunicação, todo sistema de voo (subida e pouso automático), estações de controle e planejamento e o sistema de comunicação da aeronave com as estações de controle.

Segundo a Normativa da Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC (2017) a terminologia “drone” refere-se de maneira popular aos equipamentos do tipo aeronave não tripulada com alto grau de automação, sendo estes equipamentos os RPAs, VANT’s e/ou ainda os aeromodelos; quaisquer destes são aeronaves não tripuladas utilizadas, respectivamente, para lazer e fins corporativos comerciais (ANAC, 2017; BAZAN, 2018).

Almar (2015) destaca que o uso desta plataforma vem se desenvolvendo muito rápido, permitindo realizar voos para o reconhecimento terrestre com finalidades específicas de seus usuários finais; ocorre ainda que devido às características dos equipamento realizamos a obtenção de imagens de alta qualidade (alta resolução, diferentes tipos de sensores, grandes escalas e etc.). Esta peculiaridade permite desenvolver produtos cartográficos variados e em espaço de tempo de muito pequeno para produtos como ortoimagens, ortomosaicos, modelos digitais de superfície e do terreno baseados em tecnologias de sensoriamento remoto usando sensores a laser (Laser Imaging Detection and Ranging ou lidar), produtos raster para uso em sistemas de informações geográfico e outras aplicações diversas (ALMAR, 2015; PRUDKIN, 2019).

Os veículos aéreos não tripulados (VANT’s) ou os populares drones têm desbancado nos últimos anos aeronaves comuns, principalmente por serem de um custo muito inferior a outras plataformas de mapeamento. Os VANT’s além de mais baratos, são pilotados de forma remota e inteligente dependendo da tecnologia embarcada. Nos últimos anos é visível o crescimento no setor de mapeamento, inspeção, levantamento e os demais, naquilo que implica o uso de aeronaves não tripuladas, novas oportunidades como o mapeamento da flora e monitoramento do crescimento e da saúde das culturas são bons exemplos (MAXWELL, 2014)

A medida que houveram progressos na tecnologia das aeronaves, também houve o desenvolvimento de novos softwares capazes processar especialmente dados dos sensores embarcados nos VANT’s para lidar com as imagens que essas plataformas coletam e que necessitam de tratamento e manipulação.

Com estes avanços, hoje o processo para criação de um mosaico de centenas imagens aéreas georreferenciadas e ortorretificadas é de possível execução algumas horas, dependendo do software e das imagens; isso demonstra que a capacidade dos programas computacionais de analisar cada uma das imagens capturadas, atribuir o ângulo exato, a posição da câmera/sensor e os demais parâmetros de ajustes e calibração para a construção da representação de uma área da superfície terrestre. Uma das características dos softwares é sua alta capacidade na observação das feições comuns nas imagens adjacentes e marcando-os como pontos de ligação (tie points); desta forma, em dada imagem de uma floresta ou de um estacionamento, onde um dos elementos (objetos) desejado por exemplo, conste em duas ou mais imagens; podemos utilizar as feições deste objeto (MEO, ROGLIA, BOTTINO, 2012).

A partir destas informações o software faz a calibragem das posições da câmera/sensor para todas as fotos de uma só vez, de modo que as diferentes imagens combinem para produzir uma projeção coerente com os ponto de ligação; posteriormente todos os pontos de ligação são então projetados para a criação de uma representação espacial de 3D e da ortoimagem. A inteligência artificial dos algoritmos presentes nos programas conseguem realizar tais procedimentos sem ter conhecimento da forma exata do terreno naquela localidade, por isso o a incorporação do GNSS e todas as ferramentas cartográficas presente nos sistemas utilizados é de suma relevância para a modelagem da superfície terrestre (YOU, 2014). Vejamos na figura 2, uma exemplificação da geração de mosaícos.

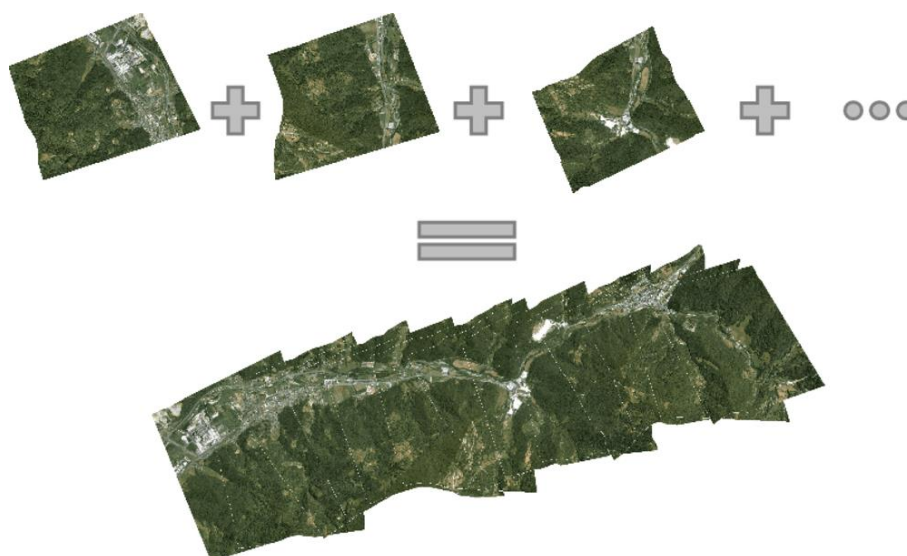


Figura 2: Geração de mosaico ortorretificado. Fonte: MEO *et al*, 2012

Considerando que os softwares tem capacidade em manipular uma grande quantidade de imagens, respectivamente os VANT's nos creditam a executar cada dia mais ações que levem em conta a necessidade de varredura em diferentes áreas do território para mapeamentos diversos. Ao mesmo tempo que podem ser usados para produzir imagens de alta resolução para o planejamento urbano e ambiental, de culturas, demonstram potencialidade para atuação emergencial em desastres.

2 DESENVOLVIMENTO

Para elaboração de projetos de engenharia, precisamos inicialmente realizar a coleta de informações com precisão, servindo de base para tomada de decisão na escolha da melhor concepção pelo projetista. Como ferramenta de apoio nesta coleta de informações, a aplicação da tecnologia embarcada nos VANT's, acelera a obtenção destes resultados, propiciando uma grande velocidade e precisão para que estes dados de levantamento cheguem à equipe de desenvolvimento.

Nos levantamentos cartográficos, o uso de VANT's tem se mostrado cada vez mais comum, devido a sua mobilidade para sobrevoar áreas com qualquer tipo de obstáculo. Através de equipamentos com custos relativamente baixo, é possível realizar levantamentos em áreas urbanas ou rurais com rapidez. Estas imagens são processadas em softwares especializados que transformam as imagens coletadas em coordenadas espaciais nos planos cartesianos x,y,z ; por sua vez tais coordenadas capturadas são convertidas em nuvens de pontos (OLIVEIRA, 2017).

Quanto maior a qualidade das imagens capturadas pelo VANT, mais densa será a nuvem de pontos e mais preciso será o modelo gerado, desta forma estes dados podem então ser exportados para outros softwares de CAD, SIG, BIM¹ e entre outros que utilizarão estas informações como referência no desenvolvimento de projetos.

No método tradicional para obtenção destes dados, seriam necessários ter equipamentos topográficos como por exemplo: estação total ou GNSS²-RTK, prismas, piquetes, no mínimo 2 operadores, entre outros acessórios, todo este aparato para realizar o levantamento que dependendo das condições do terreno e tamanho da área, podendo se

¹ CAD: Desenho Assistido por Computador; SIG: Sistema de Informações Geográficas; BIM: Modelagem da Informação da Construção

² Sistema Global de Navegação por Satélite

arrastar por dias (FRANÇA, 2018).

Atualmente, podemos afirmar que o uso de VANT's nos levantamentos cartográficos é uma opção que se tornará mais comum com o passar do tempo, devido ao baixo custo de equipamentos, operação e manutenção; sem deixar de ressaltar a capacidade dos softwares que tem oferecido possibilidades na integração de outras plataformas.

A metodologia aplicada na maioria dos trabalhos realizados pela equipe técnica dos projetos desenvolvidos com os VANT's na Prefeitura de Naviraí é demonstrada na figura 3; há de considerar que alguns os procedimentos estão em constante revisão, buscando sempre a execução dos trabalhos em menor tempo hábil e com maior qualidade.



Figura 3: Síntese do processo de um projeto em aerofotogrametria com VANT's. Fonte: FRANÇA, 2018. Adaptado de: BAZAN, 2018.

Como visto na figura 3, são necessárias quase sempre 5 etapas, aqui chamamos a atenção para o planejamento e algumas definições importantes para o projeto, uma delas diz respeito a Fotogrametria Digital que permite a utilização do fator de aumento da escala para o mapeamento igual a 5 sem que isso leve ao aumento degradativo ou significativo dos erros (BAZAN, 2018; WOLF, DEWITT, 2000).

Já sobre a identificação dos objetos imageados, Paredes (1987) e Rodrigues (2009), ressaltam que o menor objeto passível de identificação em uma fotografia, corresponde diretamente a 5x o menor valor do tamanho detectável, que em aerofotogrametria é chamado de GSD (Ground Sample Distance), que expressa em cm a distância entre os centros de dois pixels consecutivos medidos no terreno.

Isto posto, apresentamos na figura 4 alguns exemplos de resultados obtidos em etapas diferentes do projetos.

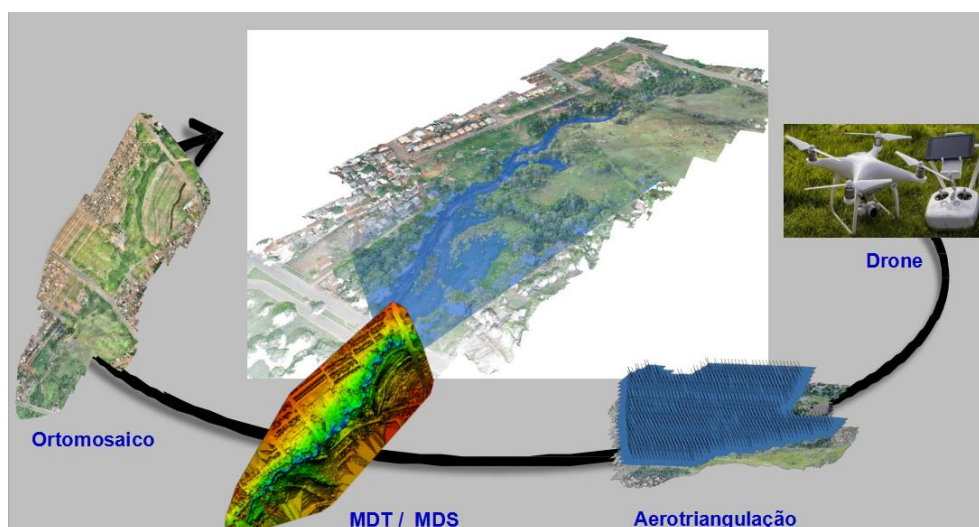


Figura 4: Síntese de alguns produtos nas etapas de um projeto em aerofotogrametria com VANT's. Fonte: FRANÇA, 2018. Adaptado de: BAZAN, 2018.

Os produtos destacados acima, atendem a uma diversidade de usos, muitas das vezes apenas o reconhecimento visual da área é bastante para o entre planejador na tomada de decisão, em outros caso é necessário que se utilize de processamentos adicionais, como a nuvem de pontos, modelo de superfície, ortomosaico e em casos bem específicos os produtos da aerofotogrametria são consumidos por técnicos para novas simulações, atribuições de medidas da construção civil, inspeção da saúde ambiental da flora, modelagem construtiva com a tecnologia BIM entre outros usos.

Ao certo é que os VANT's na gestão pública podem contribuir de maneira imensurável, desde o estudo da topografia até as ações de combate de doenças, apoio a decisão em projetos de infraestrutura, inspeções prediais, combate a incêndio, modelagem para ampliação de estruturas; estes equipamento são hoje uma ferramenta de planejamento e gestão para o meio ambiente, urbanismo, arquitetura e engenharia civil (FRANÇA, 2018).

Isso é decorrente de ser uma tecnologia mais acessível que tantas outras como os próprios sistemas GNSS-RTK, além de tudo é um sistema que tem técnicas praticamente consolidadas e confiáveis, seus produtos apresentam riqueza visual com um grau de detalhamento até então não conhecidos.

Um dos mais ricos produtos da aerofotogrametria com VANT's que subsia aplicações muito interessantes é a nuvem de pontos, ela é substancial para a perfeita

modelagem BIM (Building Information Modeling), permite determinar com precisão os volumes de corte e aterro; os desníveis do terreno para uma intervenção mais acessível a pessoas com necessidades especiais; as melhores áreas para a drenagem das águas superficiais; evitar custos extras por falta de conhecimento da topografia existente; desenhar tubulações com inclinações corretamente; identificar as inclinações reais de telhados; localizar infraestrutura existente.

A primeira etapa do projeto é planejamento, momento em que são definidos os parâmetros da aquisição dos dados e a observação aos aspectos limitadores como as condições meteorológicas e a própria legislação; ademais, inclui neste momento definições sobre algumas especificidades da aerofotogrametria e dos sistemas a utilizar no trabalho.

Em um segundo momento (etapa) é realizado voo e a captura das imagens, este processo consiste basicamente em tirar fotos de um objeto e processar as imagens em um software de fotogrametria para se gerar uma nuvem de pontos 3D colorida como na figura 5.



Figura 5: Nuvem de pontos. Fonte: Autores, 2019.

A segunda parte é a modelagem BIM das edificações a partir da nuvem de pontos. Com a nuvem de pontos o projeto pode ser desenvolvido com mais segurança e precisão. Para a etapa de aquisição dos dados foram utilizados um GNSS (GPS GEODÉSICO) para definição de pontos de controle no terreno e um VANT para aquisição das imagens de modelo Phantom 4 Pro da DJI, conforme figura 6. Após a aquisição das fotos e pontos de controle o processamento foi executado nos softwares Precision Mapper e Recap da Autodesk.

Foram feitos a captura de 4 pontos de controle. Cada ponto ficou-se aproximadamente 10 mm com a estação GNSS para coleta. Os pontos foram determinados junto a referências construtivas claras como a borda de uma calçada, a tampa de uma caixa de passagem, um ponto em uma área rachada da calçada. Pontos que pudessem ser identificados com precisão posteriormente nas fotos aéreas, posteriormente foram feitas uma sequência de fotos com o VANT de forma assistida por plano de voo com o app DroneDeploy.



Figura 6: VANT Phantom 4 Pro e especificações sintetizadas. **Fonte:** DJI, 2018

Após a captura das fotos em mídia digital, as mesmas são transferidas para o computador onde serão processadas, com o software Precision Mapper foi possível carregar todas as fotos obtidas pelo VANT para processamento e geração da nuvem de pontos. Nesse processo é feita a seleção das imagens que serão processadas e a identificação dos pontos de controle, obtidos pela estação GNSS. Após, as imagens são processadas e o software libera para download a nuvem de pontos no formato .las e como a extensão .las não é reconhecida na maioria dos software usados, realiza-se a conversão para o formato .rcp.

No processo de classificação no Autodesk InfraWorks busca identificar automaticamente na nuvem, elementos como: Asfalto, Vegetação rasteira, Vegetação alta, Edificações, Elementos lineares como faixas na rua e outros. Para isso é criado um arquivo novo informando a localização geográfica da área de interesse que gera um modelo, então carregamos a nuvem de pontos segundo as coordenadas já adquiridas nos pontos de controle. Em seguida é feito o processamento para classificação automática, o processamento resulta em um arquivo um arquivo somente com os pontos relativos a superfície do terreno.

Para a modelagem BIM, utilizamos softwares que trabalham e permitem a integração com projeto BIM, desta forma conseguimos criar edificações de forma mais assertiva, especialmente pela possibilidade do uso da nuvem de pontos.

Primeiramente, no software Autodesk Revit, foi criado um arquivo com base em um arquivo modelo padrão e em seguida feitas configurações de localização geográfica do projeto e unidades de medidas, posteriormente as configurações iniciais inserimos a nuvem de pontos completa e também a nuvem de pontos só com as informações do terreno e então é gerado o modelo do terreno através do plugin OnBOX.

Além disso, outros elementos puderam ser locados como os sumidouros, pontos de entrada e água e energia e postes de iluminação; como o terreno não é terreno regular e também um obra de arquitetura complexa, vários são as dificuldades para se fazer essa locação manualmente.

Para o desenho da edificação existente usou-se um projeto anterior mas que foi possível posicioná-lo com maior exatidão no terreno pela nuvem de pontos, sendo geradas plantas e cortes onde foi possível identificar a correta inclinação das coberturas e altura de elementos da edificação e desníveis entre uma edificação e outra.

Com as informações modeladas das construções existentes e informação do terreno foi possível projetar uma edificação que estivesse adequada ao terreno. Prevendo possíveis problemas de execução da obra, como a necessidade de um aterro ou corte no terreno. O projeto também buscou deixar mais acessíveis os acessos da edificação, podendo serem verificadas todas as caimentas do terreno e a criação de rampas segundo as normas vigentes.

Com a integração dos projetos de estrutura e projeto hidrosanitário foi possível prever as caixas de passagem em alturas que não dificultassem a sua manutenção e as tubulações com as inclinações adequadas segundo as normas. A nuvem de pontos também permitiu uma maior precisão nos estudos de insolação e iluminação natural dos ambientes, já que tínhamos todas as informações de posição altura e volume das copas das árvores e edificações do entorno.

3 RESULTADOS, DESAFIOS E APRENDIZADO

A nuvem de pontos dá viabilidade a uma série de levantamentos que outrora seriam feitos manualmente e com grande esforço, além de uma imensa suscetibilidade ao erro

humano. É notória a possibilidade da criação de um projeto tendo sempre disponível o seu local de implantação visível e em 3D, podendo-se gira-lo conforme a necessidade, tirar medidas, passear pelo ambiente.



Figura 7: Nuvem de pontos com modelagem da estrutura ampliada. Fonte: Autores, 2019

Muitas vezes, só por algumas fotografias não se tem a visão completa do objeto de estudo. Poder manipular em 3 dimensões um objeto real é algo que agrega muito valor ao processo de projeto. Além de ser um instrumento que dá mais assertividade a execução da obra pois considera a geometria real ambiente.

Há algumas pesquisas sendo feitas que buscam melhorar o processo de fotogrametria com a utilização da visão computacional em drones autônomos. Também as nuvens de pontos geradas por equipamentos a laser, que ainda são equipamentos com preços mais altos, que conseguem automatizar o reconhecimento de espécies vegetais em toda uma floresta (MARIA et al., 2018; NEVALAINEN et al., 2017; SPERLICH et al., 2014; LIVNY et al., 2007).

Também há pesquisas que estamos acompanhando que tem conseguindo gerar modelos em tempo real com câmeras RGB-D usando uma tecnologia chamada SLAM (NEWCOMBE; FOX; SEITZ, 2015; WHELAN et al.; 2015). Outras mostram que é possível gerar um modelo chamado canônico em que mesmo que o objeto esteja em movimento com uma certa deformação é possível recriar uma modelagem estática do objeto.

Uma perspectiva futura seria o uso de drones autônomos com câmeras RGB-D e visão computacional para inspeção de áreas ambientais, identificação de espécies e controle de

poluição. Em obras de infraestrutura públicas poderíamos ter um histórico de obras anteriores. Estudo de desastres ambientais e simulação de erosões para previsão e identificação de áreas de vulnerabilidade (POURSHAHBAZ; ABBASI; TAGHVAEI, 2017).

Como visto as geotecnologias, o BIM, os VANT's e suas possibilidades de integração entre si e com diversos sistemas tem demonstrado o quanto é viável e o diferencial que estas plataformas trazem ao planejamento local quando aplicadas de forma coerente, clara e segura; tem-se assim a certeza que tanto dos pontos de vista econômico, social e ambiental como técnico; existem os VANT's como uma possibilidade de maior acessibilidade e com capacidade para a produção e coleta de dados geoespaciais conforme as necessidades especiais dos agente públicos.

Em âmbito geral, temos uma tecnologia que propicia conhecer melhor o território e sobre este realizar a construção de modelos com alto grau de detalhamento, cada vez mais o sensoriamento remoto tem se tornado dinâmico e estado muito próximo dos olhos do homem, o mesmo se pode dizer sobre as possibilidades de um planejamento e gestão cada dia mais eficiente e a favor da sociedade.

REFERÊNCIAS

ALMAR, E. R. Las tecnologías de la información geográfica: desarrollo, estado actual y perspectivas de futuro. In: RANGEL, C. G; BUZAI, G. D. (Orgs.). **Geografía aplicada en Iberoamérica**. Avances, retos y perspectivas Orgs. Zinacantepec, Estado de México: El Colegio Mexiquense, 2015.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. **Orientações para usuários de drones**. Assessoria de comunicação social (ASCOM), ed. 1, 2017.

BAZAN, W. S. Drones aplicados à gestão ambiental: geração de produtos métricos, edição e visualização dos dados em 3D. (Palestra). **Congresso Brasileiro de Geotecnologias para o Meio Ambiente**. ClickGeo, 2018.

DJI. **Phantom 4 Pro**. 2018. Disponível em: <<https://www.dji.com/phantom-4-pro>>. Acesso em: 28 set.. 2018.

FRANÇA, A. C. Introdução ao Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais com VANT's (Veículos Aéreos Não Tripulados). (Curso). **XVIII Semana de Meio Ambiente e XXI EcoDourados**. Dourados, IMAM, 2018.

_____. VANT's (Veículos Aéreos Não Tripulados) e Aplicações em Geociências e Engenharias. (Case Técnico). **Encontro Tecnológico ASSENAR**. Naviraí. ASSENAR, 2018.
LIVNY, Y. et al. **Automatic Reconstruction of Tree Skeletal Structures from Point Clouds**. 2007.

II Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação

25 a 28 de setembro de 2018 - Naviraí - MS



MARIA, Â. et al. Treedetection : automatic tree detection using uav- based data. v. 1, p. 393–402, 2018.

MAXWELL, R, Using Drones to Create Fast Orthorectified Map. **GIS Lounge**. 2014 Disponível em: <<https://www.gislounge.com/using-drones-create-fast-orthorectified-maps/>> Acesso em: 03 ago. 2019.

MEO, R; ROGLIA, E; BOTTINO, A. The Exploitation of Data from Remote and Human Sensors for Environment Monitoring in the SMAT Project. **Sensors** 2012, 12, 17504-17535.

MOUTINHO, A; AZINHEIRA, J. R; **Simulação e Controle de Drones**. Texto de Apoio (Curso) Instituto Superior Técnico (IST) Lisboa, Lisboa, 2018

NEVALAINEN, A. et al. Individual Tree Detection and Classification with UAV-Based Photogrammetric Point Clouds and Hyperspectral Imaging. v. 9, n. 3, 2017.

NEWCOMBE, R. A.; FOX, D.; SEITZ, S. M. DynamicFusion: Reconstruction and tracking of non-rigid scenes in real-time. 2015, Seattle: [s.n.], 2015. p. 343–352.

OLIVEIRA, D. R. et al. Geração de modelo digital do terreno a partir de imagens obtidas por veículo aéreo não tripulado. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 6, p. 1143–1151, 2017.

PAREDES, E. A. **Introdução à aerofotogrametria para engenheiros**. CNPq, 1987.

POURSHAHBAZ, H.; ABBASI, S.; TAGHVAEI, P. Numerical scour modeling around parallel spur dikes in FLOW-3D. n. June, p. 1–16, 2017.

PRUDKIN, G; BREUNIG, F. M. **Drones e Ciência: teoria e aplicações metodológicas**. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2019

RODRIGUES, D. D. Fotogrametria I–**Notas de aula**. Disciplina do Curso de Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Viçosa, 2009.

SPERLICH, M. et al. Potential of Unmanned Aerial Vehicle Based Photogrammetric Point Clouds for Automatic Single Tree Detection. p. 1–6, 2014.

WHELAN, T. Robotics: Science and Systems ssss ElasticFusion: Dense SLAM Without A Pose Graph. . [S.l: s.n.], 2015. Disponível em: <<http://www.roboticsproceedings.org/rss11/p01.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2018

WOLF, P. R; DEWITT, B. A. **Elements of Photogrammetry (with Applications in GIS)**. 2000.

YOU, J. Drones could 3D-map scores of hectares of land in just a few hours. **Science Mag**. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/news/2014/10/drones-could-3d-map-scores-hectares-land-just-few-hours>> Acesso em: 25 jul. 2019.