



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MONITORAMENTO AMBIENTAL COM O USO DE VANT: GERAÇÃO DE ORTOMOSAICO NO SOFTWARE AGISOFT

Anna Carolina Barcelos ^(a), Jean Roger Bombonato Danelon ^(b)

^(a) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, barceloscarolina@hotmail.com

^(b) Instituto de Geografia/ Universidade Federal de Uberlândia, jean.geoufu@yahoo.com.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

As particularidades do veículo aéreo não tripulado atualmente contribuem para a utilização do equipamento em diversas áreas do conhecimento científico, se tornando uma excelente ferramenta para aquisição de imagens de alta resolução, dessa forma sendo considerada de alta resolução temporal e de baixo custo. O equipamento oferece hoje inúmeras vantagens como, precisão e reconhecimento de áreas de diferentes extensões, rapidez e segurança em campo, propicia mapeamento mais adequado e o desenvolvimento de pesquisas. Ao longo dos anos observa-se que o uso do sensoriamento remoto em estudos ambientais traz resultados expressivos enquanto promovedor de informações, dessa maneira, o presente estudo teve como objetivo, expor a utilização do equipamento VANT e a qualidade das imagens adquiridas em campo e a aplicação de suas imagens em software de processamento de imagens.

Palavras-Chave: Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT); Processamento de Imagens; Ortomosaico.

1. Introdução

Nos dias de hoje a utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) em estudos ambientais se mostra de grande importância, pois contribui em tempo real na precisão e reconhecimento de áreas de variadas extensões, oferecendo suporte aos pesquisadores, com auxílio de imagens áreas de alta resolução, propiciando o mapeamento das áreas de estudo e o desenvolvimento das pesquisas nesse âmbito (EISENBEISS, 2009; NAVARRO et al., 2015).

No sensoriamento remoto realizado por VANT e/ou DRONES, existem inúmeras vantagens, dentre as quais, não oferece risco de óbito de tripulantes, pelo tamanho reduzido da aeronave se tornando de difícil visualização nos sistemas de vigilância do espaço aéreo. O termo drone é mais usual nos Estados Unidos, e está sendo aplicado para referir a veículos aéreos não



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

tripulados que incluem normalmente a aplicação mais ativa com robótica e que apresentem maior independência em seu funcionamento. A década de 1970 ficou conhecida como sendo o início da área moderna dos VANTs, especificamente nos Estados Unidos e Israel, com projetos mais acessíveis e pequenos (JENSEN, 2009; LONGHITANO, 2010).

Os veículos aéreos não tripulados são utilizados em diversas aplicações como, no cadastro de propriedades, documentação arqueológica, agricultura de precisão, sistemas de segurança, em pesquisas geomorfológicas de detalhe, no monitoramento de áreas degradadas, dentre outras, dessa forma encontram-se distintas categorias de VANT que podem ser aplicados em estudos ambientais.

Atualmente são utilizados em inúmeras aplicações no mundo todo. São consideradas aeronaves pilotadas por meio do uso de controle remoto, GPS ou rádio frequência. Suas aplicações prolongam-se para o monitoramento ambiental e mapeamento de áreas específicas, de acordo com suas diversas características vantajosas, como exemplo, sua capacidade de mover-se em uma distância relevante com grande segurança em pouco tempo, reduzindo os custos e na obtenção de imagens em dias nublados (LEITE et al., 2012).

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo expor a utilização do Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e aplicação de suas imagens obtidas em campos em software de processamento de imagens (Agisoft PhotoScan), para tanto, serão especificadas as campanhas de campo e os produtos gerados através da metodologia escolhida.

2. Materiais e Métodos

A seguir serão apresentados os materiais e métodos utilizados para a realização dessa pesquisa, utilizou-se o equipamento DJI Phantom 3 Standard para o imageamento da área de interesse e obtenção das imagens, o software Agisoft PhotoScan foi utilizado para o processamento dos dados obtidos nas campanhas de campo.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Seram apresentadas todas as etapas do processamento das imagens capturadas, para posteriormente demonstrar o produto gerado no software Agisoft PhotoScan. As fotografias que apresentaram de alguma forma erros relacionados a posicionamento ou a falta de iluminação natural (com sombras), foram eliminadas a fim de reduzir possíveis erros durante a etapa de processamento de dados.

Área de Interesse

A área adotada para aplicação dos métodos propostos no objetivo deste trabalho está localizada na Fazenda Experimental do Glória, situada na bacia hidrográfica do Córrego do Glória, afluente da margem direita do Rio Uberabinha e subafluente do Rio Araguari, sendo propriedade da Universidade Federal de Uberlândia, perfazendo o município de Uberlândia, situado na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba do Estado de Minas Gerais (Figura 1).

A área em questão originou-se através da exploração inapropriada de cascalho em um trecho de vertente próximo a BR-050 causando grandes impactos ambiente-s para a bacia, como perda da capacidade produtiva do solo, ravinamento e voçorocamentos. Esses fatores contribuíram para o surgimento de um ambiente instável, favorecendo o aparecimento e evolução dos processos erosivos. Estando situada sob Domínio dos Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, a formação geológica predominante é a Formação Marília, e os solos presentes são ácidos e pouco férteis do tipo Latossolo Vermelho com textura argilo-arenosa (BEZERRA, 2006).



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

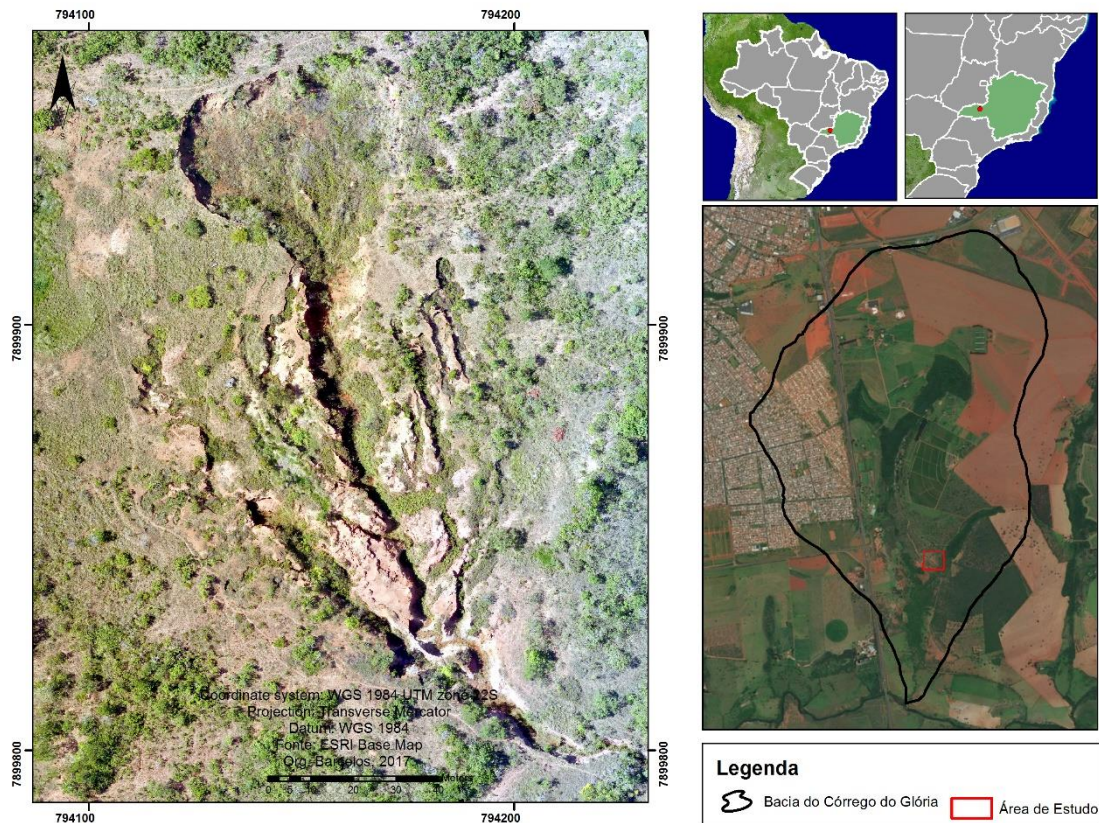


Figura 1 – Mapa de localização da área de interesse

De acordo com Silva (2010), o clima da região é caracterizado por clima tropical, sendo Aw segundo a classificação de Köppen. Apresenta invernos secos e verões chuvosos, com temperatura média anual de 22°C, variando entre médias de 24°C nos meses de Outubro a Março (meses mais quentes) e 18°C nos meses de Junho e Julho (meses mais frios). Em relação à precipitação, a variação se dá entre 1300 mm a 1700 mm/ano. As estações, chuvosa e seca, duram cerca de seis meses cada, sendo que “este processo característico ocorre devido ao deslocamento da área de influência das massas de ar que atuam sobre a região, que são elas: Massa Equatorial Continental, a Tropical Atlântica e a Massa de Ar Polar” (ALVES, 2007).

Estudo prévio da área de interesse



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Delimitou-se nesta etapa a área de interesse para ser imageada, definiu-se a altitude média do terreno e verificou-se prováveis problemas para a execução do estudo, podendo ser, obstáculos naturais (árvores, picos), cabos elétricos, construções, entre outros.

Planejamento de voo

O planejamento dos voos foi realizado no programa Pix4Dcapture (disponível para os sistemas IOS e Android), para definição da rota que o VANT deveria seguir em todos os campos para aquisição das fotografias aéreas verticais. As fotografias tiveram como finalidade, a aquisição qualitativa de dados cartográficos, o produto final desejado sendo a ortofoto. A altura média de voo foi determinada em 50 metros, devido ao estudo preliminar do relevo da área a ser imageada. Foram estabelecidos, cinco faixas de voo de (12 fotografias por faixa, em média). As sobreposições planejadas forma de 80 % lateral e 70% longitudinal, de acordo com orientações da Agisoft (2016).

A escolha do recobrimento de 80% e 70% para as fotografias entre as faixas e nas mesmas faixas teve como propósito a preocupação de maior sobreposição, diminuindo a ocorrência de perda de informações nos ortomosaicos, em princípio, quanto maior a sobreposição, mais satisfatório será a qualidade dos produtos gerados. De acordo com o planejamento realizado, foram realizados nove aerolevantamentos.

Aquisição de dados e imagens através do VANT

Para a aquisição das fotografias foi utilizado o VANT DJI Phantom 3 Standard. O equipamento se enquadra na classe 3 definida pela regulamentação da ANAC (2017), considerado um quadricoptero, após sua decolagem automática o *drone* grava o local e pode retornar para pousar automaticamente apenas com o comando de um botão, além disso ele se mantém imóvel pairando no ar quando não recebe comandos do controle remoto.

Processamento das fotografias



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O processamento das imagens se deu por meio do software aerofotogramétrico específico (Agisoft PhotoScan Professional Edition, Version 1.2.6, 2016), este procedimento seguiu etapas, a primeira etapa consistiu na seleção e filtragem das imagens para posteriormente no software Agisoft PhotoScan realizar o processamento das mesmas, as etapas desse procedimento foram apresentadas a seguir nos resultados.

3. Resultados e Discussões

A partir dos voos realizados com o VANT DJI Phantom 3 Standard, é possível atestar que o presente estudo atingiu seu objetivo principal, o qual era de expor a qualidade das imagens capturadas em campo para o processamento digital, aplicação de métodos disponíveis no software utilizado e posteriormente a geração do ortomosaico.

Para a realização deste trabalho foram executados nove aerolevantamentos durante o ano de 2017, a quantidade de imagens capturadas em cada aerolevantamento oscilou de acordo com alguns testes realizados antes de definir o software ideal para o processamento das imagens, foram realizados o processamento de todos os aerolevantamentos, menos o do dia 10/08/2017, por questões técnicas de campo. Logo foi escolhido dentre todos os aerolevantamentos apenas um para demonstração, o do dia 16/11/2017.

Para esta pesquisa não foram definidos a utilização de pontos de controle em solo, por dois motivos, o primeiro sendo a falta de conhecimento prévio nos primeiros aerolevantamentos e o segundo relacionado ao software utilizado, que atua de forma automática quando não há pontos de controle nas fotografias. Segundo Galvão (2014), não ocorre alteração significativa na qualidade de caracterização de áreas e perímetros com ou sem a utilização de pontos de controle, indicando, nessas condições, que a inserção de pontos de controle no terreno pode ser descartada, mas a utilização de pontos de controle pode melhorar o erro médio relativo à dimensão do pixel.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Com o equipamento utilizado foi possível obter imagens com baixa altitude, resultando em imagens com altas resoluções e com boa qualidade com nível de detalhamento superior ao que é obtido por satélites ou aeronaves tripuladas.

A nível de comparação, a qualidade das imagens obtidas pelo VANT se destoa da imagem disponibilizada pela malha de satélites da digitalglobe, como pode ser observado na figura 2, as imagens foram capturadas com altitude de 100 m, a resolução das imagens do Google Earth possui 15 metros por pixel, já as imagens do DJI Phantom 3 Standard conta com uma resolução de 3cm por pixel, viabilizando sua utilização para mapeamentos e atualizações cartográficas.



Figura 2 – Comparação entre foto capturada por VANT e Imagem fornecida pela malha de satélites da Digitalglobe via Google Earth. Fonte: Autor, 2017; BING, 2017.

Geração dos Ortomosaicos

Os dados de entrada no programa para a construção do ortomosaico são preparados em etapas sendo, 1ª etapa – Fotografias obtidas no voo, 2ª Etapa – Coordenadas registradas pelo



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

VANT para cada fotografia, 3ª Etapa – reconhecimento dos ângulos de atitude da aeronave (ângulos de Euler – Kappa, Phi e Ômega). A geração dos ortomosaicos para cada um dos 9 voos ocorreu de forma automática, utilizando o software Agisoft PhotoScan.

A metodologia do programa Agisoft PhotoScan para a mosaicagem automática das fotografias obtidas em voo quando não são utilizados pontos de controle de solo, o software opera em cinco etapas (AGISOFT, 2013):

1ª etapa – Verificação das coordenadas e dos ângulos de atitude respectivos a cada imagem para o alinhamento das mesmas;

2ª Etapa – Verificação e estabelecimento de Pontos de Controle (PC) nas áreas de sobreposição das imagens, gerando uma nuvem de pontos;

3ª Etapa – Otimização da nuvem de pontos (sendo opcional para o pesquisador, auxilia na aquisição de bons resultados);

4ª Etapa – Junção das imagens, através do comando Building Mesh (construção da malha);

5ª Etapa – Utilização do comando Blending (Misturando/ aplicação da textura), unindo uma imagem à outra sobre a malha obtida.

Processamento de dados

A finalidade do processamento de fotografias aéreas com o software Agisoft PhotoScan é de construir um modelo 3D da área de interesse do pesquisador, exportando por exemplo o Modelo Digital de Elevação (MDE) e a ortofoto para outras aplicações. A realização do processamento das imagens adquiridas em campo e a construção do modelo 3D da área desenvolveram-se em quatro etapas, apresentadas a seguir.

Alinhamento das fotografias



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

As imagens são inseridas no software PhotoScan, onde o mesmo realiza a leitura das informações armazenadas nas fotografias, sendo por exemplo, a dimensão do pixel, a distância focal, a dimensão do pixel para a orientação automática e os centros de projeção resultantes do posicionamento do GPS embutido no VANT.

Construção e Classificação da nuvem de pontos

Após o procedimento de alinhamento das imagens, formou-se uma nuvem de pontos esparsos, os quais auxiliaram na construção do modelo 3D. A classificação de nuvens de pontos foi realizado em alta qualidade para geração do Ortomosaico. Depois de alguns procedimentos, é selecionado novamente as coordenadas para a geração do Modelo Digital de superfície no caso dessa pesquisa utilizou-se o sistema de coordenadas WGS 84 / UTM zone 22S. O último passo desta etapa é gerar os contornos, e em seguida gerar o ortomosaico em cima da malha, para que o mesmo seja processado com excelente definição. Nesse último passo pode ser feitas correções se necessário.

Construção da malha poligonal 3D

Logo após a construção da nuvem de pontos, procedeu-se com a reconstrução da malha poligonal 3D, a partir de todas as imagens, dando origem à nuvem de pontos densa. O software aplica para superfícies planas e relevos o algoritmo “mapa de alturas/terreno” (AGISOFT, 2016), o mesmo foi utilizado para a densificação. O software em questão utiliza uma técnica própria, baseando-se na abordagem *multi vision stereo* (GONÇALVES et al., 2015; FURUKAWA & PONCE, 2010).

Em seguida, foi gerado uma grade triangular irregular (TIN – *Triangulated Irregular Network*), método de estruturação dos dados que possibilita a criação de uma superfície a partir dos pontos espaçados irregularmente. Os triângulos que integram a TIN ajustaram-se à densidade de pontos detectados no processamento para aquisição dos pontos homólogos. De acordo com a irregularidade do relevo, quanto maior ela se apresentar, maior será a densidade de pontos e,



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

portanto, maior será a densidade de triângulos de grade irregular. Dessa maneira, gerou-se o modelo digital de superfície (MDS).

Construção do Ortomosaico

O Modelo Digital de Superfície é utilizado para a geração da ortofoto verdadeira (Figura 3), sendo uma segunda opção para gerar o ortomosaico com qualidade, a primeira é utilizando a malha como mencionado anteriormente. O software Agisoft PhotoScan executa este procedimento de forma totalmente automática, além disso, as imagens que apresentarem linhas de corte devido a transição suave entre elas, são também selecionadas de forma automática pelo programa.

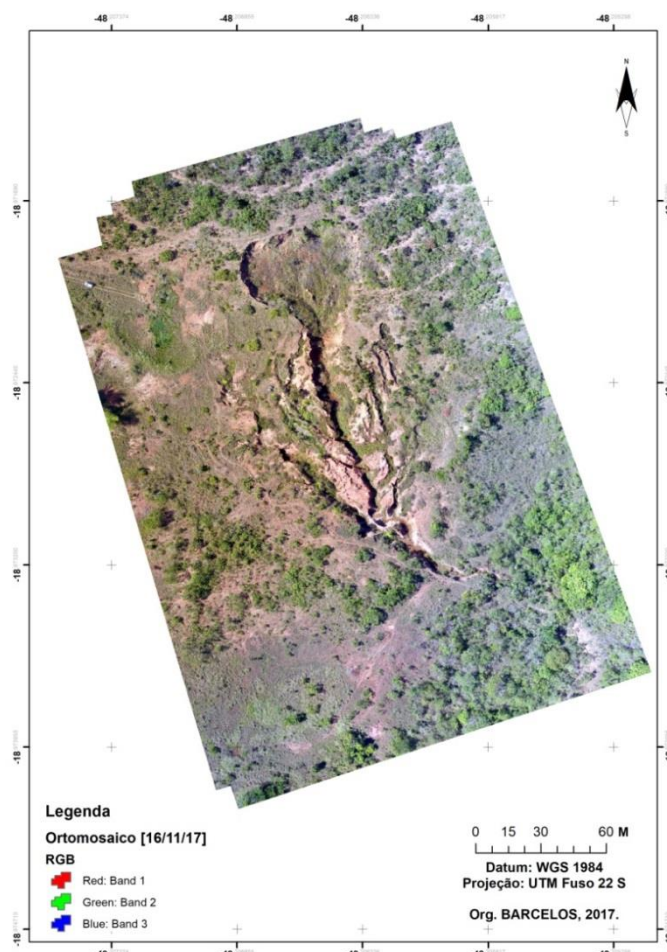


Figura 3 – Ortomosaico gerado pelo Agisoft.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

4. Considerações Finais

Diante disso, a utilização do VANT DJI Phantom 3 Standard para esta pesquisa foi de grande valia, devido ao baixo custo do equipamento frente as aeronaves tripuladas convencionais, maior flexibilidade, podendo executar manobras ou locomovendo-se em locais de difícil acesso, facilidade em capturar as imagens em menos tempo e com bons aplicativos disponíveis, como exemplo o aplicativo Pix4D Capture, sendo um ótimo aplicativo para planejamento de voo e ao mesmo tempo disponível de forma gratuita. Por outro lado, algumas dificuldades foram encontradas, sendo a escolha pelo software ideal para o processamento das imagens, a maioria dos softwares disponíveis atualmente no mercado se encontram com um alto valor, dificultando o acesso por parte de estudantes, como é o caso desta pesquisa, sendo assim, utilizamos o teste gratuito do software Agisoft, disponibilizado através do site da empresa.

Com relação à resolução espacial e temporal, os VANTs determinam novos padrões, o que antes era de difícil acesso, hoje esses equipamentos facilitam a aquisição de imagens de alta qualidade e resolução em um tempo muito reduzido se comparado com as imagens de satélite, não sendo necessário em estudos de pequenas áreas esperarem as imagens de satélites serem disponibilizadas, produzindo resultados com qualidade de resolução espacial nunca obtidas pelos métodos tradicionais.

5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Bolsista do CNPq/ Brasil (CNPq2017HUM004), agradecemos também a FAPEMIG pelo apoio concedido através do projeto APQ-00783-18 e a bolsa de pós-graduação em Geografia da discente Anna Carolina Barcelos.

6. Referências Bibliográficas



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ALVES, R. A. Monitoramento dos Processos Erosivos e da Dinâmica Hidrológica e de Sedimento de uma Voçoroca: estudo de caso na Fazenda do Glória na zona rural de Uberlândia- MG. 2007. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, ANAC. Drones. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor>>. Acesso em: 20 Set. 2017.

AGISOFT. **Agisoft PhotoScan User Manual Professional Edition, Version 1.0.0**. 2013. Disponível em: <http://downloads.agisoft.ru/pdf/photoscan-pro_1_0_0_en.pdf> Acesso em: 25 Set. 2017.

AGISOFT. **Agisoft PhotoScan User Manual Professional Edition, Version 1.2.6**. 2016. 14 p.

BEZERRA, J. F. R. **Avaliação de geotexteis no controle da erosão superficial a partir de uma estação experimental, Fazenda do Glória – MG**. 2006. 118 f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

EISENBEISS, H. **VANT Photogrammetry**. Zurich, University of Technology Dresden. Doctor of Sciences, 2009. 237 p.

FURUKAWA, Y.; PONCE, J. Accurate, dense and robust multi view stereopsis. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, Vol. 32, No. 8, 2010. 1362-1376 p.

GALVÃO, G. M. **Acurácia da mosaicação gerada por veículo aéreo não tripulado utilizado na agricultura de precisão**. 2014. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal, 2014.

GONÇALVES, J. A.; MANTA, V.; CARVALHO, M. Geração automática de orto-mosaicos de fotos aéreas de arquivo do concelho de Coimbra. **Atlas das I Jornadas Lusófonas de Ciências e Tecnologias de Informação Geográfica**. Coimbra, 2015. 748-765 p.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva sobre recursos terrestres**. São José dos Campos, SP. Ed. Parêntese, 2009.

LEITE, M. E; ALMEIDA, M. I. S; VELOSO, G. A; FERREIRA, M. F. F. Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento da dinâmica do uso do solo na Bacia do Rio Pacuí, no norte de Minas Gerais, nos anos de 1989, 1999 e 2009. **Revista do departamento de geografia – USP**. São Paulo, v. 23, 2012. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47211/50947>>. Data de acesso: 02 Set. 2017.

LONGHITANO, G. A. **Vants para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas**. 2010. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes – Geoprocessamento) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

NAVARRO, J. D; GARCIA, A; RIBEIRO, G. L; SZESZ, A. J; VAZ, M. S. M. G. Índices de vegetação para imagens capturadas por veículos aéreos não tripulados. In: XSBIAGRO, 10., 2015. Universidade Estadual de Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa, 2015. Disponível em: <http://eventos.uepg.br/sbiagro/2015/anais/SBIAGro2015/pdf_resumos/6/6_jorge_davi_navarro_235.pdf>. Data de acesso: 02 Set. 2017.

SILVA, A. H. da. **Medidas físicas e biológicas com potencial para uso em recuperação de voçoroca no município de Uberlândia – MG**. 2010. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia 2010.