

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

USO DE DRONES E APLICAÇÃO DE MODELOS NA DEFINIÇÃO DE COTAS PARA INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE HUMAITÁ - AM

*Maycon Douglas de Oliveira Castro¹; Fábio Leite Dias¹; Carlossandro Carvalho de Albuquerque²;
Joecila Santos Da Silva³; José Carlos da Matta⁴ & Luna Gripp Simões Alves⁴.*

RESUMO

Aplicou-se técnicas de aerofotogrametria com uso de drone e posterior tratamento dos dados em software para fins de identificação das áreas atingidas pela cheia junto as condições geotécnicas e hidráulicas dos centros urbanos do município de Humaitá. Com a produção de mapa-imagem, modelos digitais de terreno, georreferenciados, admite-se que o equipamento otimiza os trabalhos em campo e aumenta a confiabilidade nos resultados obtidos.

No mapeamento buscou-se modelar as informações das áreas inundáveis de acordo com os níveis de referência e dados hidrológico do rio Madeira em uma escala de detalhes de 1:180, a fim de unificar os dois métodos para melhoria do monitoramento e o diagnóstico das áreas afetadas.

Palavras-Chave: Mapeamento, drones, topografia de precisão.

ABSTRACT

Aerial photogrammetry techniques were applied using a drone and subsequent data processing in software for the purpose of identifying the areas affected by the flood, together with the geotechnical and hydraulic conditions of urban centers in the municipality of Humaitá. With the production of image-map, digital terrain models, georeferenced, it is assumed that the equipment optimizes field work and increases the reliability of the results obtained.

In the mapping, an attempt was made to model the information on the floodable areas according to the reference levels and hydrological data of the Madeira River at a scale of details of 1:180, in order to unify the two methods for improving monitoring and diagnosis of the affected areas.

Keywords: Mapping, drones, precision topography.

1) Mestrandos do Programa de Pós Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade do Estado do Amazonas – ProfÁGUA/UEA, Escola Normal Superior – ENS, Avenida Djalma Batista, 2470, Chapada, CEP 69050-010, Manaus/AM – Brasil: mddoc.mgr21@uea.edu.br; fld.mgr21@uea.edu.br;

2) Professor da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Escola Normal Superior – ENS, Avenida xxx, Manaus/AM, Brasil. E-mail: cscarvalho@uea.edu.br

3) Professora da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Escola Superior de Tecnologia – EST, Avenida Darcy Vargas, 1200, Parque 10, CEP: 69050-020, Manaus/AM, Brasil. E-mail: jsdsilva@uea.edu.br;

4) Pesquisadores do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, Avenida André Araújo, 2010 - Petrópolis Manaus - AM - Brasil CEP: 69067-375. E-mail: lunagripp@yahoo.com.br.

INTRODUÇÃO

O avanço da degradação mundial, especialmente no Brasil, é resultado de mudanças artificiais e/ou perturbações no meio ambiente provocadas pela ação humana (LEVINO & MORAIS, 2009). O processo de ocupação das planícies de inundação no estado do Amazonas ocorreu a fim de facilitar os meios de sobrevivência e facilidades de transporte e escoamento de carga. A grande concentração urbana é considerada por Tucci (2000), como um problema que favorece as enchentes urbanas pelo uso inadequado do solo e da ocupação do espaço, tanto quanto pelo insuficiente gerenciamento da drenagem urbana. Porém com o decorrer do tempo, o crescimento populacional e a ocupação desordenado das cidades do interior, corroboraram para que eventos extremos de inundações atingissem um grau elevado de danos socioeconômicos e ambientais. Segundo Kobiyama (2006), as inundações consistem no processo de ocupação das planícies pelas águas, ou seja, é quando a água extravasa do canal fluvial. A manifestação de um evento de inundação que, por sua vez, atrelado aos processos hidrológicos urbanos, promovem o extravasamento do rio que repercute espacialmente nas sociedades.

No Plano Estadual de Recursos Hídricos do Amazonas (PERH/AM) nota-se que alguns eventos hidrológicos excepcionais foram observados nos últimos anos, como as cheias em 2009, 2012, 2014 e 2017 (PERH-AM, 2020). Barichivichet al. (2018) estudaram a recente intensificação dos eventos de enchentes na Amazônia devido a fenômenos de circulação de massas de ar na parte mais baixa da atmosférica (Circulação de Walker). Segundo os autores, há diversas evidências de que extremos hidrológicos de cheias e de secas se intensificaram na Amazônia desde a década de 1990.

Com a crescente alteração do cenário hidrológico, a implementação de geotecnologias e utilização de Sensores Remotos tornaram-se indispensável para entender, modelar e mitigar eventos de cheias em grandes centros urbanos.

A utilização de drones junto aos sistemas de posicionamentos de altíssima precisão são implementados com frequência em estudos topográficos de pequenas e grandes áreas. A partir do mapeamento com sensores embarcados é possível modelar de forma tridimensional a superfície terrestre e gerar bases cartográficas de altíssima resolução e acurácia. Tendo em vista que os modelos digitais de elevação obtidos por satélite não conseguem ter um bom detalhamento pois as escalas de trabalhos são altas

Considerando os fenômenos recorrente de cheia do rio Madeira, este trabalho teve como objetivo unir os métodos de monitoramento hidrológico e modelos digitais de terreno gerados a partir de aerolevanteamento com uso de drones para identificação de áreas atingidas em Humaitá simulando a cheia histórica de 2014.

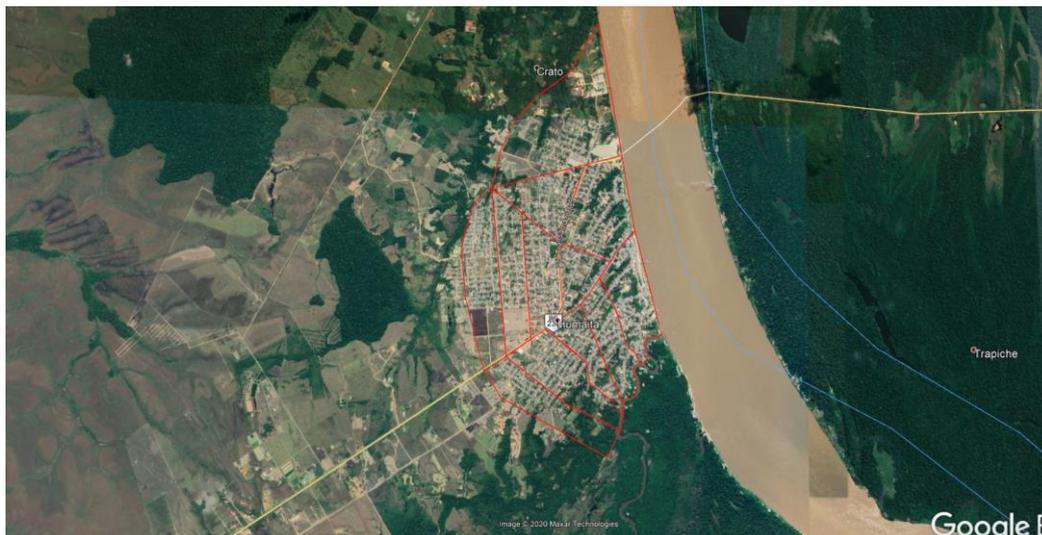
MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

Os estudos ocorreram no município de Humaitá, cuja população chega a 56.144 habitantes (IBGE, 2020). A cidade fica as margens esquerda do rio Madeira, onde sua principal economia é ligada ao escoamento de grãos e a agropecuária (Figura 01).

Segundo Filizola (2002), o rio Madeira possui uma área de drenagem de aproximadamente 1.420.000 km², distribuídas na Bolívia (51%), no Brasil (42%) e Peru (7%). Quanto à sua importância, o rio favorece aos municípios pelos quais transcorre, oferecendo oportunidade de pesca, transporte e fonte de água para agricultura, tornando-se essencial na economia dessas regiões, além de contribuir para o equilíbrio ecológico da região amazônica.

Figura 01: Planejamento dos quadrantes a serem mapeados na zona urbana de Humaitá.



Fonte: Google Earth, 2019.

A cidade de Humaitá sofre com a influência das cheias do rio Madeira, em 2014, ano da maior cheia, segundo a Defesa Civil do Estado, cerca de 9 bairros da cidade foram tomados pela enchente do rio e mais de 20 mil pessoas ficaram desabrigadas e em situações críticas (DEFESA CIVIL – AM, 2014).

Métodos utilizados

Dados

Para obtenção de dados de cota do rio Madeira, utilizou-se as informações da estação localizada no município de Humaitá, cadastrada no banco de dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA), com a identificação 15630000, os dados são obtidos a partir do portal Hidroweb (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb>).

Este trabalho também contou com levantamento de campo ocorrido no período de 09 a 14 de dezembro de 2019, com objetivo de realizar o mapeamento aéreo da zona urbana e identificação das zonas inundáveis no qual se utilizou o drone da DJI modelo PHANTOM 4 PRO, com sensor RGB de 24 megapixel, bem como para o referenciamento dos pontos de controle utilizou-se dois pares de GPS geodésicos GNSS Tech Geo-Gtr-G2, antena modelo Novatel 702 GG.

Para o planejamento de voo com o Drone foi utilizado o aplicativo móvel gratuito *DroneDeploy* (DroneDeploy, 2020), a plataforma conta com suporte *on-line* via desktop onde é possível fazer o planejamento e depois descarregar em um smartphone e enviar ao drone para fazer a missão de voo e no próprio aplicativo é possível acompanhar a rota de voo e os status do drone como bateria, velocidade de voo, angulação da câmera, tempo estimado da missão dentre outros. A cidade foi dividida em 12 polígonos com uma área total de 1.101 hectares, as sobreposições latitudinais e longitudinais foram de 75% e altitude de 120 metros o recomendado para esse levantamento.

Para os pontos de controle foram utilizados os 2 pares de GPS geodésicos, a partir de informações dos pontos de controle foi possível corrigir os valores de cota de terreno gerados a partir do mapeamento feito com o drone. Os pontos de controle foram identificados e correlacionados através do imageamento, normalmente utilizam Cal ou tinta branca para identificação dos mesmos (Figura 2).

Figura 02: Coleta de pontos de controle e rastreo do nível e referência.



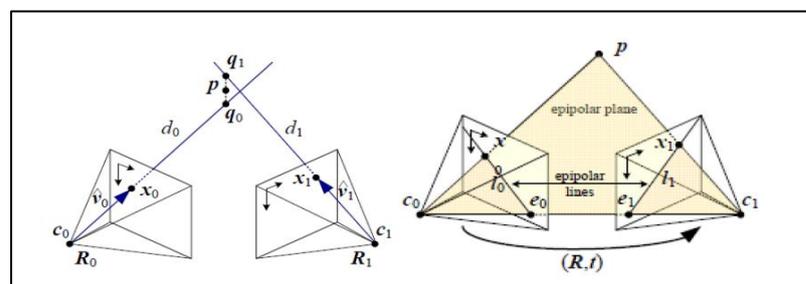
Fonte: Maycon Castro & Carlos da Mata (2019).

Processamento de imagens

O equipamento de GPS, foi instalado no eixo do R.N (Referencial de Nível) N° 13, ficou coletando informação de latitude, longitude e altimetria durante 9:45 h, após isso, esperou-se 48 h para o processamento da informação que se utilizou das 02 constelações, GPS e GLONASS junto ao site posicionamento por ponto preciso do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

O mapeamento a partir do imageamento com sensores embarcados em Aeronaves Remotamente Pilotadas - ARP fundamenta-se em conceitos da visão computacional de modelagem baseada no objeto (DEBEVEC *et al.*, 1996; REMONDINO *et al.*, 2011) em que o algoritmo *Structure from Motion - SfM* reconstrói a posição das câmeras a partir da detecção e descrição de pontos de interesse num conjunto de imagens resultando numa nuvem esparsa de pontos (FONSTAD *et al.*, 2013, SNAVELY *et al.*, 2008, SZELISKI, 2010) segundo a Figura 3. Os dados do mapeamento foram processados no *Agisoft Metashape* (Agisoft, 2020) utilizando algoritmos para geração de nuvens de pontos. Um dos algoritmos utilizados é o *SfM* (estrutura do movimento) e funções geométricas para calcular os dados obtidos em voo.

Figura 03: aplicação do método SfM.



Fonte: SZELISKI, 2010.

Para classificar o terreno, especificamente o solo, foi atribuída a condicionante onde: se a declividade $> 35^\circ$ a uma distância de 0,5 metros, o terreno se caracteriza como outro objeto qualquer, se as condições não forem as citadas se caracteriza como solo.

Para a validação dos modelos, foram simulados as cotas da maior cheia, que ocorreu no ano de 2014, para verificar a mancha de inundação e confirmação das mesmas com o levantamento local.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Nivelamento do R.N N° 13 resultou em uma cota ortométrica de 50,62 m, conforme Tabela 01.

Tabela 01: Coleta de pontos de controle.

Item	Estação	Código	Lat	Long	N° -RN	Cota Arbitrária (m)	Cota Ortometrica (m)	Delta (m)
1	Humaitá	15630000	-7,51	-63,02	13	25,816	50,624	24,808

Fonte: Autores (2021).

Maior cheia em Humaitá ocorreu no dia 11/04/2014 atingindo a cota arbitrária 25,63 m, convertendo para ortométrica o dado obtido corresponde a 50,438 m. De acordo com a curva de permanência, gerada no Hidroweb 1.4 da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a cota máxima 25,63 m com uma vazão de 82.003 m³/s, apareceu em cerca de 1%, apenas uma vez (2014), desde o início do monitoramento em março de 1967.

Figura 04: cotas de permanência da Estação de Humaitá.



Fonte: Hidroweb – ANA, 2021.

Processamento de imagens

A nuvem de pontos espaça foi gerada com 4.607.112 pontos amostrais. Ao todo foram processadas 4.835 imagens, totalizando um perímetro de 14,9 km e uma área de 1.101 hectares.

A figura abaixo mostra a qualidade de sobreposição de imagens, em grande maioria da área houveram sobreposições acima de 9 imagens, as bordas foram as áreas que tiveram menos sobreposição.

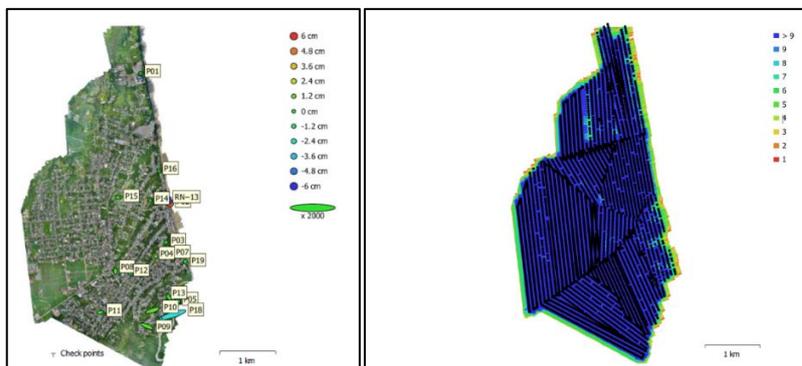
A tabela a seguir mostra o total de erro do processamento inicial nos eixos X (longitude), Y (latitude) e Z (altitude) sem levar em consideração os pontos de controle em solo.

Tabela 02: Erros de deslocamento sem pontos de controle.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
3.31943	9.52119	21.38	10.0832	23.6384

Fonte: Autores (2021).

Figura 05: Alocação dos pontos de controle e índice de sobreposições de imagens.



Fonte: Autores (2021).

Sem os pontos de controle o erro é discrepante devido ao GPS embarcado do Drone ser um GLONASS, a precisão varia de 1,5 a 3 metros. O processamento feito com os pontos de controle mostra que o erro diminui drasticamente chegando à precisão centimétrica.

Tabela 03: Erros de deslocamento com os pontos de controle.

Número	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
18	5.61237	2.31937	2.02017	6.07274	6.39994

Fonte: Autores (2021).

Cabe destacar que o erro total foi de 6,39 cm levando em consideração os eixos X, Y e Z. A tabela acima mostra a o resultado do processamento com os pontos de controle.

Classificação da nuvem de pontos

A nuvem de pontos mais densa, foi processada com um total de 52.446.879 pontos gerados e em alta qualidade. Com a nuvem de pontos foi possível classificar o terreno de forma precisa e gerar os modelos digitais de superfície e de terreno. A figuras abaixo mostra a nuvem de pontos densa gerada e a classificação.

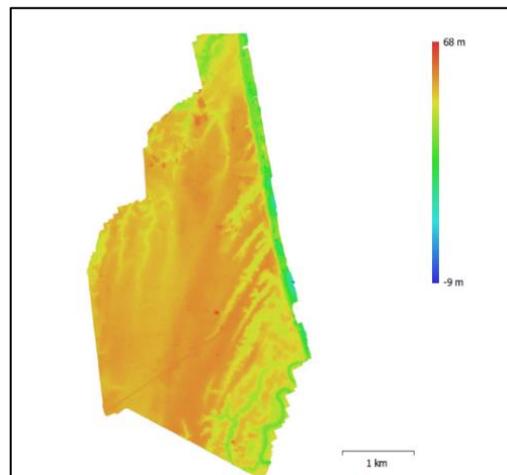
Figura 06: imagem do terreno sem classificação e imagem do terreno classificada, cor marrom caracteriza solo e branco objetos que estão acima dele.



Fonte: Autores (2021).

O Modelo Digital de Terreno (MDT) gerado após a classificação ficou com resolução espacial de 18 cm/pixel e com uma densidade de 30,4 pontos/m², também foi gerado uma ortofoto com 4,96 cm/pixel de resolução.

Figura 07: Modelo Digital de Terreno gerado a partir da nuvem densas de pontos classificadas.



Fonte: Maycon Castro (2020).

Mapas e Manchas de Inundação

Foram elaborados mapas e modelos de inundação feitos a partir dos registros de cotas, com os valores para atenção (22 metros) na cor amarela, alerta (22,5 metros) na cor laranja, e emergência (23,5 metros) na cor vermelha. A produção desses modelos geraram a superfície de inundação para cada cota de referência apresentada.

Figura 08: Modelo Digital de Terreno gerado a partir da nuvem densas de pontos classificadas.



Fonte: Autores (2021).

CONCLUSÃO

Unir os métodos de monitoramento hidrológico e modelos digitais de terreno gerados a partir de aerolevanteamento com uso de drones para identificação de áreas atingidas em Humaitá simulando a cheia histórica de 2014, resultou no mapeamento das áreas atingidas por inundações e mostrou-se perfeitamente recomendável para aplicações e simulações de novas enchentes. Após a coleta e tratamento das imagens foi possível mensurar e mapear as áreas de risco a inundação, inclusive acompanhar mudanças e evoluções da cheia ao longo do tempo

Todas as bases geradas como ortofoto e MDT estão numa escala de trabalho de 1:180, com as informações que foram geradas podemos fazer o cruzamento de dados com outras bases e obter informações de locais propensos a inundação. Sendo assim é possível definir os níveis de referência quanto a inundação (atenção, alerta e emergência).

Futuramente quando o município de Humaitá formalizar o cadastro multinalitário e sua base de imóveis urbanos, será possível também quantificar o total de imóveis afetados pela inundação e em áreas de risco geológico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Código de financiamento 001, ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, projeto CAPES/ ANA AUXPE nº 2717/2015, Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA), a Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA), o Serviço Geológico Brasileiro – CPRM e a Defesa Civil do Estado do Amazonas.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). (2021). Base de Dados Hidrológicos. Disponível em: Acesso em: 22 de mai. 2021;
- BARICHIVICH, J. et al. (2018). Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation. *Science Advances*. 4. Eaat8785. 7 p.
- FILIZOLA, N.; GUYOT, J.L.; MOLINIER, M.; GUIMARÃES, V.; OLIVEIRA, E.; FREITAS, M.A. (2002). “Caracterização hidrológica da bacia Amazônica”, In: RIVAS, A. & FREITAS, C.E.DEC. *Amazônia uma perspectiva interdisciplinar*, Manaus, Brasil: EDUA, 2002, p.33-53
- FONSTAD, M. A. et al., Topographic Structure from Motion: A New Development in Photogrammetric Measurement. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 38, No. 4, 2013. pp. 421–430.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. (2021). Rio Madeira: Humaitá (AM). Disponível em: < <https://biblioteca.ibge.gov.br/bibliotecacatalogo.html> >. Acesso em: 01 jun. 2021;
- KOBIYAMA, M. et al. *Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos*. Curitiba, PR: Ed. Organic Trading, 2006. 109 p.
- LEVINO, N. A; MORAES, D. C. Análise da degradação ambiental do Complexo Estaurino-Lagunar Mundaú/Manguaba – Alagoas. In: XVI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Produção. Bauru, 2008.
- PERH-AM, 2020. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em <http://meioambiente.am.gov.br/plano-estadual-de-recursos-hidricos/>. Acesso em 4 de junho de 2021.

REMONDINO, F. et al. UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling – current status and future perspectives. In Anais Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Zurich, Suíça: ISPRS, 2011. pp. 25-31.

SNAVELY, N. et al. R. Modeling the World from Internet Photo Collections. International Journal of Computer Vision, Vol. 80, No. 2, nov. 2008. pp. 189–210.

SNAVELY, N.; SEITZ, S. M.; SZELISKI, R. Modeling the World from Internet Photo Collections. International Journal of Computer Vision, v. 80, n. 2, 2008, pp. 189–210.

SZELISKI, R., 2010. Computer vision: algorithms and applications. Washington dc, EUA: Springer. Vol. 1. 979 páginas.

TUCCI, Carlos E. M., Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. REGA – Vol. 1, no. 1, p. 59-73, jan./jun. 2004.