

USO DE UM SISTEMA AÉREO NÃO TRIPULADO NA CULTURA DA CANA DE AÇÚCAR E DO EUCALIPTO

RUBENS ANDRE TABILE¹, RAFAEL VIEIRA DE SOUSA², ARTHUR JOSE VIEIRA PORTO³,
RICARDO YASSUSHI INAMASU⁴

¹ Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Depto. Engenharia de Biosistemas, FZEA, USP, Pirassununga – SP, tabile@usp.br

² Eng. Eletricista, Prof. Doutor, Depto. Engenharia de Biosistemas, FZEA, USP, Pirassununga – SP, rafael.sousa@usp.br

³ Eng. Mecânico, Prof. Titular, Depto. Engenharia Mecânica, EESC, USP, São Carlos – SP, ajvporto@sc.usp.br

⁴ Eng. Mecânico, Pesquisador, Embrapa Instrumentação, São Carlos-SP, ricardo.inamasu@embrapa.br

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: Nos últimos anos, diversos temas passaram a figurar em pesquisas relacionadas a atividades agroindustriais, dentre eles o *Farm Management Information Systems* e o *Unmanned Aerial System*. O primeiro sistema é utilizado para coleta, processamento, armazenamento e difusão de dados para o gerenciamento agrícola, é o segundo para coleta de dados para sensoriamento remoto. Este trabalho teve por objetivo utilizar um UAS de asa rotativa para realizar coleta de imagens, no espectro visível, das culturas de cana de açúcar e eucalipto. As imagens obtidas foram processadas no software Pix4Dmapper, que por meio de técnicas de estereoscopia digital gerou resultados na forma de nuvem de pontos georeferenciados, ortomosaicos e modelos digitais de superfície, que podem ser empregados para cálculos de volume e área, cobertura, etc. Os dados gerados podem ser utilizados para alimentar uma base de dados e processados de forma integrada a fim de melhorar o custo-benefício para uma determinada aplicação. Isto propicia o uso de novas ferramentas de gestão no meio rural, como é o caso do FMIS. Espera-se que, no futuro, estas técnicas possam ser úteis em outras áreas, como a logística agrícola, controle da variabilidade espacial e temporal, robótica agrícolas, déficit de insumos, deficiências no solo, entre outras.

PALAVRAS-CHAVE: Fotogrametria, geoprocessamento, nuvem de pontos.

USE OF AN UNMANNED AERIAL SYSTEM IN SUGAR CANE AND EUCALYPTUS CROPS

ABSTRACT: In recent years, several topics began to appear in research related to agro-industrial activities, including the Farm Management Information Systems, and, Unmanned Aerial System. The first system is used in collection, processing, storage and data diffusion for agricultural management, the second is used for data acquisition for remote sensing. This study aimed to use a rotorcraft UAS in image gathering in the visible spectrum, from sugar cane and eucalyptus crops. The images were processed in the Pix4Dmapper software, using digital stereoscopy techniques, yielding georeferenced cloud points, orthomosaic and digital surface models, which were used to calculate volume, area coverage, amongst others. Obtained data are suitable as database, and can be processed in an integrated manner, in order to improve the cost-benefit for variety of applications. This provides the use of new management tools in rural areas, as the FMIS. It is expected that, in the near future, these techniques could be effective to other areas, such as agricultural logistics, spatial and temporal variability control, agricultural robots, supplies deficit, soil deficiency, among others.

KEYWORDS: Photogrammetry, geoprocessing, cloud points.

INTRODUÇÃO: O FMIS (Farm Management Information Systems – Sistema de gerenciamento de informação da fazenda) é um sistema que visa o processamento de informações do ambiente agrícola de forma integrada a fim de melhorar a gestão da produção, armazenagem, logística e comercialização dos produtos. O FMIS necessita ser abastecido com grande quantidade de dados para gerar informações relevantes para o gestor. Assim, ferramentas para aquisição de dados também devem ser consideradas e aprimoradas para que o conceito FMIS seja difundido de maneira positiva com o passar do tempo (FOUNTAS *et al.*, 2015).



Considerando a intercambialidade da tecnologia dentro das mais diversas áreas de produção, o UAS (Unmanned Aerial System – Sistema aéreo não tripulado) é um exemplo de técnica que passa ser usado no setor agropecuário. Pesquisadores têm mostrado interesse crescente na utilização de UAS para diversos fins não militares. Eles são usados em aplicações florestais e agrícolas (SAARI *et al.*, 2011; RANGO *et al.*, 2006). Especificamente no ambiente agrícola, estudos recentes têm demonstrado a viabilidade da realização de sensoriamento remoto quantitativo para o monitoramento da vegetação utilizando câmeras multiespectrais e térmicas se mostrado eficientes para a estimação de variáveis agrícolas como índice vegetativo, o qual pode ser correlacionado com a produtividade além de indicar deficiências (YANG *et al.*, 2006; YE *et al.*, 2008; DOBERMANN & PING, 2004; VIÑA *et al.*, 2011) tanto em culturas anuais como perenes, todos usando câmeras miniaturizadas embarcadas em plataformas UAS de baixo peso.

Isso é devido principalmente ao baixo custo, alta velocidade, grande manobrabilidade e segurança desses sistemas para a coleta de imagens. Além disso, eles não têm a desvantagem da baixa flexibilidade e do alto custo de imagens aéreas obtidas por satélites ou aviões tripulados. Atualmente existem muitos fabricantes e tipos de UAS, parte deles são construídos sobre aeromodelos, helicópteros ou multirrotores, com exceção dos militares, que entram em outra categoria.

O presente trabalho teve por objetivo utilizar um UAS de asa rotativa para realizar coleta de imagens no espectro visível de diferentes culturas agrícolas, e analisar sua capacidade de destacar ou realçar informações importantes para o gestor da área de plantio, através da confecção de nuvens de pontos, mapas de altitude e ortomosaicos.

MATERIAL E MÉTODOS: O presente trabalho foi realizado nas dependências da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA - USP), situada na cidade de Pirassununga - SP. Foram utilizadas duas áreas experimentais. A área 1 possui aproximadamente 0,4ha, estava cultivada com cana-de-açúcar e fica localizada nas coordenadas geográficas 21°57'35"S 47°27'21"W. A coleta dos dados foi realizada em junho de 2016. A área 2 possui aproximadamente 0,9 ha, estava cultivada com eucalipto e fica localizada nas coordenadas geográficas 21°58'12"S 47°28'28"W. O plantio foi feito em outubro de 2008 com espaçamento entre plantas de 1,80m e entre fileiras de 3,00m. A coleta dos dados foi realizada em junho de 2016.

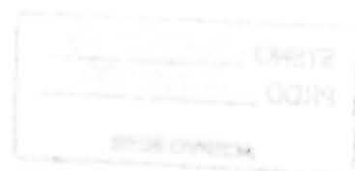
Para a coleta de dados utilizou-se um UAS do tipo multirrotor com diâmetro de 450 mm, propelido por quatro motores, gerando *payload* (capacidade de carga) de 300 gramas, alimentado por uma bateria LiPo 14,8V - 8 Ah que possibilita um tempo de voo de aproximadamente 15 minutos. A principal diferença entre um UAS e uma aeronave para aeromodelismo ou remotamente pilotada é a sua capacidade de executar missões pré-programadas. O planejamento da missão é feito por um conjunto de softwares/hardware e estão diretamente relacionados com sua FCU (*Flight Control Unit* - Unidade de Controle de Voo). Esse sistema é comumente chamado de *Ground Station* (Estação de Solo) e é composto por subsistemas de telemetria e registro, planejamento de missão, manobras automáticas, entre outros.

Os dados coletados são imagens no espectro visível, utilizou-se uma câmera compacta modelo GoPro Hero 3 Black. A câmera possui sensor de imagem visível tamanho 1/2,3", com abertura óptica de f/2.8, e resolução de até 4000 x 3000 pixels (12 MP), lente fixa com distancia focal de 3 mm, o que possibilita um campo de visão horizontal de 118 graus. A câmera foi fixada em um sistema de amortecimento e correção de orientação (*Gimbal*) e orientada perpendicularmente ao solo.

Os parâmetros de voo foram definidos com base na resolução espacial ou GSD (*Ground Sample Distance*). O GSD representa o tamanho real, em unidade do terreno, que um determinado pixel representa em função da resolução da imagem. Por sua vez, o GSD depende da aplicação que será feita. Para este trabalho foram avaliados diferentes GSD's a fim de verificar sua influência nos resultados. A escolha da velocidade de deslocamento horizontal da aeronave deve permitir que as imagens coletadas sejam nítidas. Velocidades muito altas podem causar um efeito de arrasto ou desfoque, causando borrões na imagem. Nesse trabalho a velocidade horizontal foi de 3 m/s, definida por testes preliminares.

No caso de restituição fotogramétrica (construção de mosaicos, mapas de elevação, mensurar áreas), o percurso da aeronave e o tempo entre fotos define o recobrimento aerofotogramétrico. Se o objetivo da cobertura é o mapeamento da região, as linhas de voo devem ser planejadas para que se obtenha sobreposição transversal (*sidelap*) de 25% e sobreposição longitudinal (*overlap*) de 80%. As imagens de borda, que são aquelas onde não a dados de interesse, são eliminadas e as de interesse são selecionadas para processamento.

Para realizar a restituição fotogramétrica é necessário coletar dados georeferenciados, que podem ser das próprias imagens e/ou GCP's (*Ground Control Points* - Pontos de Controle de solo). Os GCP's são marcos (*landmarks*)



georeferenciados que podem ser identificados nas imagens e são usados pelo software de processamento de imagens para corrigir posição e orientação da restituição.

Os dados de GCP's foram coletados usando um GNSS modelo Topcon GRS- 1 fabricando pela Topcon INC. Os valores de HRMS (precisão horizontal, m) VRMS (precisão vertical, m) e PDOP se mantiveram constantes nas duas áreas com médias de 1,45m para o HRMS; 2,67m para o VRMS e 1,59 para o PDOP.

O processamento dos dados foi realizado pelo software Pix4Dmapper (www.pix4d.com). O software identifica pontos homólogos nas imagens e as organizam de modo a construir uma região contínua, e por estereoscopia gera resultados na forma de nuvem de pontos, ortomosaicos, mapas de índices, modelos digitais de superfície, que podem ser usados para cálculos de volume, área, cobertura, etc.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A coleta de dados foi realizada em diferentes alturas de voo a fim de verificar a influência dessa variável nos dados obtidos. Na área 1, foram coletadas imagens a 20, 30 e 40 metros de altura (média de 150 imagens por voo). Na área 2, foram coletadas imagens a 50, 75, 100 e 125 metros de altura (média de 70 imagens por voo). A resolução no terreno (GCP) variou de 1,03cm/pixel a 20m e 6,42cm/pixel a 125m. A primeira análise feita foi a geração da nuvem de pontos. Nesse processo as imagens são inseridas no software Pix4d, apesar das imagens coletadas não serem georeferenciadas o software pode realizar o processamento dos dados, entretanto esses não terão escala. Para que seja feito o georeferenciamento é necessário informar algumas referências com coordenadas de latitude, longitude e altura conhecidos, estas referências são os GCP's. Na figura 1 são apresentadas uma nuvem de pontos georeferenciados para cada área sendo, a) cana de açúcar a 40m, que gerou um total de 360 mil pontos e b) eucalipto a 125m, que gerou um total de 1,8 milhões de pontos. Somente as imagens do eucalipto a 50 metros não geraram resultados satisfatórios porque a copas das arvores estavam muito próximas da aeronave, isso prejudicou a análise de profundidade.

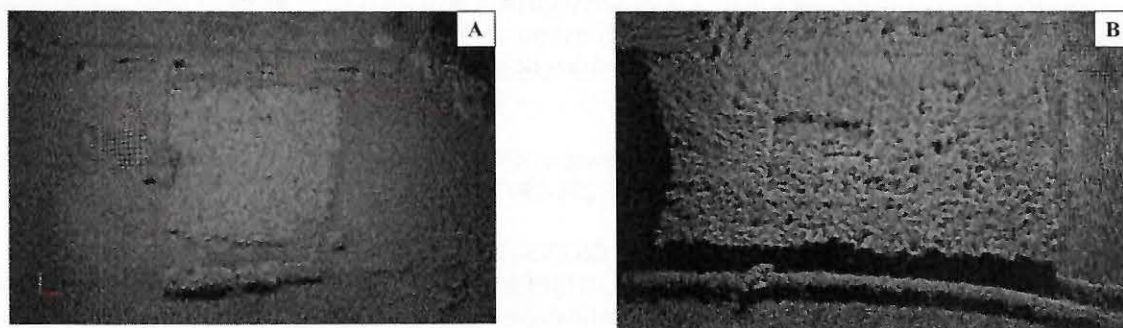


Figura 1. Nuvem de pontos. a) cultura da cana a 40m, b) cultura do eucalipto a 125m

Com a nuvem de pontos georeferenciados e possível gerar um mosaico da área. O mosaico combina informações dos pontos com as imagens originais formando uma superfície tridimensional texturizada. Entretanto para as áreas analisadas o mosaico não é uma boa representação pois ele tende a unir os pontos próximos. Como nem todas as partes das plantas foram amostradas (partes próxima ao solo não são visíveis do ar) o mosaico tende a unir solo com a copa das plantas, causando uma deformação. A figura 3 mostra o mosaico da área de cana e o detalhe de onde os pontos foram ligados e texturizados. O mesmo fenômeno ocorreu para a cultura do eucalipto.

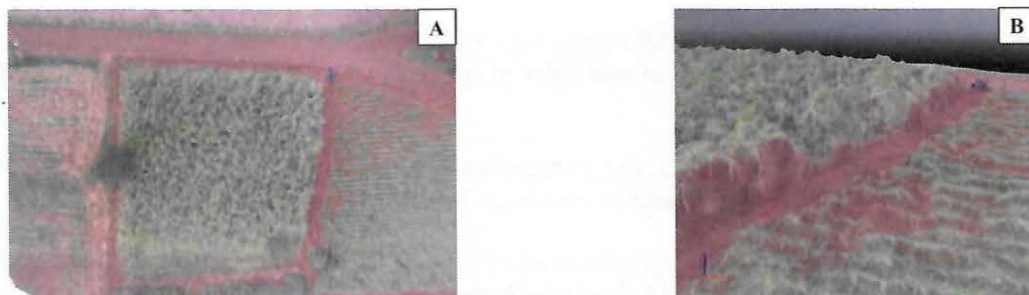


Figura 2. Mosaico da cultura da cana a 40m. a) vista completa, b) vista em detalhe

Também usando a nuvem de pontos georeferenciadas como base gerou-se um DSM (*Digital Surface Model* – Modelo Digital de Superfície). Na literatura podem ser encontrados outras siglas como DEM (*Digital Elevation Model* – Modelo Digital de Elevação) e DTM (*Digital Terrain Model* - Modelo Digital do Terreno). Em síntese:

DTM mostra a superfície da terra sem nenhum objeto, DSM mostra a superfície da terra incluindo os objetos, DEM termo geral. Com esse modelo é possível calcular o volume de material em uma determinada área, no caso do setor agrícola isso pode ser usado para estimar o volume e consequentemente massa do material vegetal. No exemplo mostrado a área cultivada possui 3968 m² com volume de material vegetal de 7397 m³. A figura 4 apresenta um modelo digital de superfície e a figura 5 a estimativa de volume da área, ambas da área cultivada com cana de açúcar.



Figura 3. Modelo digital de superfície - DSM.

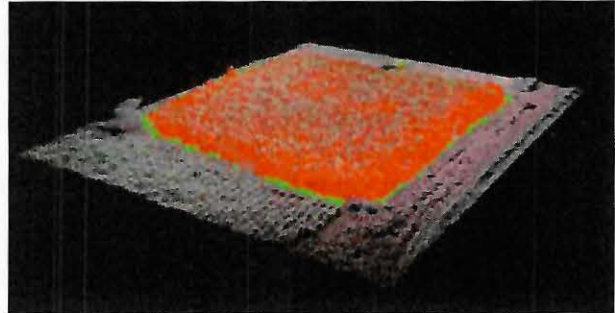


Figura 4. Estimativa de volume.

CONCLUSÃO: A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que o UAS é alternativa eficiente para o mapeamento tridimensional com alta resolução, tanto espacial como temporal. Com base nas técnicas de fotogrametria digital foi possível estimar atributos de interesse, porém pouco pode-se dizer a respeito do manejo apenas com base nos resultados encontrados. Eles serviram para identificação de algumas falhas sendo necessário inspeção terrestre para encontrar o motivo de ocorrerem. A nuvem de pontos georeferenciados mostraram potencial para serem utilizados para cálculos de variáveis de interesse.

REFERÊNCIAS:

DOBERMANN, A.; PING, J.L. Geostatistical integration of yield monitor data and remote sensing improves yield maps. *Agronomy journal*, v.96, n.1, Jan-Feb, p.285-297. 2004.

FOUNTAS, S.; CARLI, G.; SØRENSEN, C.G.; TSIROPOULOS, Z.; CAVALARIS, C.; VATSANIDOU, A.; LIAKOS, B.; CANAVARI, M.; WIEBENSOHN, J.; TISSERYE, B. Farm management information systems: Current situation and future perspectives. *computers and electronics in agriculture*, v.115, 7//, p.40-50. 2015.

RANGO, A.; LALIBERTE, A.; STEELE, C.; HERRICK, J.E.; BESTELMEYER, B.; SCHMUGGE, T.; ROANHORSE, A.; JENKINS, V. Using unmanned aerial vehicles for rangelands: current applications and future potentials. *Environ. Pract.*, v.8, n.3, p.159-168. 2006.

SAARI, H.; ANTILA, T.; HOLMLUND, C.; MÄKYNEN, J.; K. OJALA, H.T.; PELLIKKA, I.; TUOMINEN, S.; PESONEN, L.; HEIKKILÄ, J. *Unmanned Aerial Vehicle (UAV) operated spectral camera system for forest and agriculture applications*. Proc. SPIE 8174, 2011, p.

VIÑA, A.; GITELSON, A.A.; NGUY-ROBERTSON, A.L.; PENG, Y. Comparison of different vegetation indices for the remote assessment of green leaf area index of crops. *Remote Sensing of Environment*, v.Article in Press, n.0. 2011.

YANG, C.H.; EVERITT, J.H.; BRADFORD, J.M. Comparison of QuickBird satellite imagery and airborne imagery for mapping grain sorghum yield patterns. *Precision Agriculture*, v.7, n.1, Mar, p.33-44. 2006.

YE, X.; SAKAI, K.; SASAO, A.; ASADA, S.-I. Potential of airborne hyperspectral imagery to estimate fruit yield in citrus. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, v.90, n.2, p.132-144. 2008.