

## **Monitoramento da cultura do milho: Análise da altura por meio de nuvens de pontos**

Ricardo Kwiatkowski da Silva<sup>1</sup>, Selma Regina Aranha Ribeiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Geógrafo, Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Brasil.  
ricardoks@live.com

<sup>2</sup> Doutora em Ciências Geodésicas, Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Brasil.  
Selmar.aranha@gmail.com

A altura das plantas é um parâmetro biofísico importante, principalmente para a cultura do milho. Por meio desta é possível acompanhar o desenvolvimento da lavoura. Para este fim, o levantamento aerofotogramétrico por meio de Aeronaves Remotamente Pilotadas (tradução para *Remotely Piloted Aircraft-RPA*) e o posterior processamento de dados por meio de algoritmos *Structure from Motion-Multi View Stereo* (SfM-MVS), cresce devido a maior acessibilidade que estas tecnologias oferecem. Neste experimento, foram realizados voos sobre uma área de cultivo de milho, com o objetivo de verificar o seu desenvolvimento por meio da determinação da altura. A técnica utilizada foi a determinação da distância euclidiana do eixo Z de uma mesma área definida pelos eixos X e Y entre o Modelo Digital de Terreno (MDT) e as nuvens de pontos pelas quais representa-se dossel da cultura em 2 momentos de seu ciclo fenológico.

**Palavras-chave:** Monitoramento agrícola, Milho, Nuvens de pontos.

### **1 Introdução**

A utilização de produtos obtidos por meio do processamento de fotos levantadas por RPA apresenta-se como uma alternativa acessível para monitorar as culturas. Para o milho, tem-se como forma de verificar o seu desenvolvimento a aferição da altura.

As imagens referentes a um estágio fenológico são processadas por meio de fotogrametria para obtenção de nuvens de pontos e MDT. Por meio dos algoritmos SfM-MVS, estimam-se a posição da câmara no instante da tomada de cada foto criando-se a nuvem esparsa [1] para posteriormente gerar-se a nuvem densa [2].

Neste trabalho aferiu-se a altura das plantas calculando-se a distância euclidiana entre o MDT e os pontos das nuvens que representam as plantas de milho. Desta forma não utilizou-se um Modelo Digital de Elevação MDE, conforme proposto por [3].

O monitoramento das lavouras é essencial para detecção de problemas e assim permitir a tomada de decisões. Desta forma, este trabalho analisa de forma quantitativa o desenvolvimento de uma área cultivada com a variedade de milho AG 9025 PRO3, localizada nas coordenadas UTM 596.270, 7.224.070 (Datum SIRGAS 2000-22S), por meio da aferição da altura em 2 momentos de seu ciclo fenológico.

## 2 Materiais e Métodos

### 2.1 Levantamento e Processamento de dados da RPA

Inicialmente, foi elaborado um plano de voo por meio do software *DroneDeploy*, compatível com a RPA rotor quadricoptero Mavic 2 Pro, utilizada neste trabalho. A câmera embarcada é o sensor L1D-20c Hasselblad RGB, com resolução máxima 5472X3648 pixels e distância focal de 10.26 mm. Foi determinada uma altura de voo de 100 m, uma sobreposição longitudinal de 80% e lateral de 70%.

Com a utilização de 10 *Ground Control Points (GCPs)* (levantados com *Global Navigation Satellite System GNSS* de dupla frequência portadoras L1/L2 e pós-processados), as imagens levantadas foram submetidas ao processo de alinhamento de forma controlada, por meio da opção *Accuracy* em modo *Highest* no programa *Agisoft Photoscan*. Para os processamentos, a opção que determina a quantidade de pontos correspondentes entre as sobreposições foram: no máximo 40.000 e mínima de 4.000.

Desta forma, obteve-se as nuvens de pontos esparsas referentes a 2 dias de levantamento. Estas foram submetidas separadamente a densificação por meio do processamento *Build Dense Cloud* (Construir Nuvem Densa) com o nível de qualidade *Ultra high* (Ultra Alta).

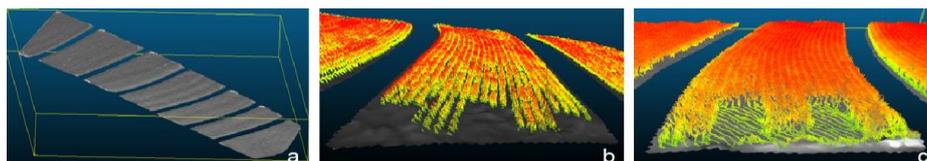
Aplicou-se o processo de classificação dos pontos relativos ao solo na nuvem densa referente a data de 01/11/2019 com a ferramenta *Classify Ground Points* (Classificar pontos relativos ao solo). A partir destes foi elaborado o modelo MDT utilizando-se do processamento *Build Mesh* (Construir Malha). Na referida data, o solo apresentava palhada, resultante da rolagem da aveia preta por meio de rolo mecânico articulado e o estádio inicial da cultura do milho R3.

Devido à este fato, aplicou-se ao MDT gerado a técnica *Smooth* (Suavizar), para atenuar as irregularidades que não referiam-se ao terreno. Este foi exportado para o formato .obj e os pontos das nuvens referentes a cultura foram selecionados e exportados para formato texto.

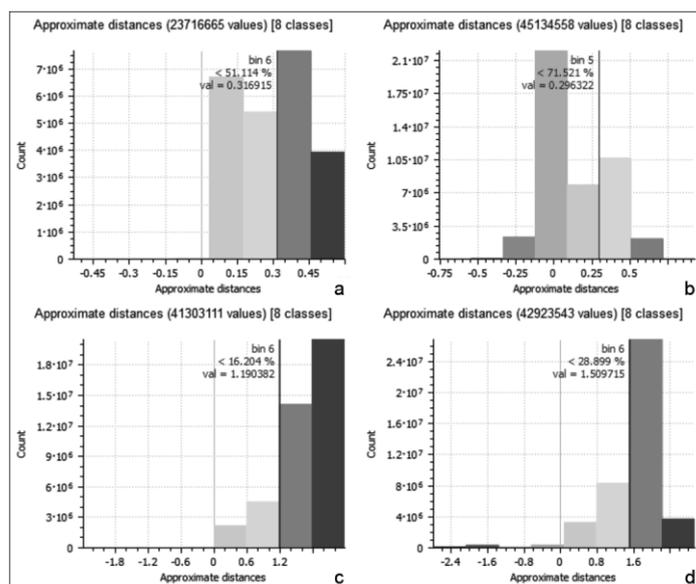
### 2.2 Análise das nuvens de pontos

Os arquivos texto e o arquivo MDT foram inseridos no programa *CloudCompare*.

Considerando-se o modelo MDT como referente a superfície do solo, e as nuvens de pontos das outras 2 datas como representações do dossel da cultura do milho, avaliou-se quantitativamente a altura do milho com a ferramenta *Compute cloud/mesh distance* (Calcular distância nuvem/malha). Visualizam-se por meio da figura 1 os modelos obtidos e na figura 2 os resultados dos cálculos realizados.



**Fig. 1.** MDT e nuvens de pontos geradas respectivamente com as fotos aéreas do levantamento RPA nas datas de 01/11/2019 em **a**, 20/11/2019 em **b** e 10/01/2020 em **c**. Em detalhe demonstra-se uma das parcelas do experimento onde as cores amarela e laranja representam as alturas das plantas. O MDT é representado em cinza.



**Fig. 2.** Resultados das análises em forma gráfica dos cálculo da distância euclidiana em metros entre o MDT e as nuvens de pontos obtidas com o processamento das fotos RPA (gráficos **a** e **b** referem-se ao dia 20/11/2019 e gráficos **c** e **d** ao dia 10/01/2020).

Representa-se respectivamente por meio do gráfico **a** e **c** que 48,9 % e 83,8 % dos pontos computados referem-se ao dossel da cultura. Nos gráficos **b** e **d** constata-se que a faixa de altura predominante das plantas ocupava respectivamente 23,7 % no primeiro levantamento e 62,5% no segundo. As medidas das alturas referentes a estas porcentagens e as medidas das plantas em solo podem ser visualizadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Faixa predominante das plantas e variação da altura do dossel em metros

Data	Estádio	Faixa de Altura Predominante (m)	Altura do dossel		Medida em solo	
			Menor	Maior (m)	Menor	Maior (m)
20/11/2019	V6	0,29 – 0,50	0,29	0,60	0,30	0,70
10/01/2020	R1	1,50 – 2,22	1,20	2,40	1,20	2,20

Tabela 1: Determinou-se a amostragem para medição das alturas mínimas e máximas das plantas em solo, com base na densidade da cultura (60.000 plantas/ha). Desta forma, para uma área plantada de 1 ha, escolheu-se 70 indivíduos aleatoriamente.

### 3 Conclusões

Os resultados das alturas aferidas por meio das nuvens de pontos resultantes dos processamentos das imagens RPA apresentaram resultados adequados quando comparadas às alturas medidas em solo por meio de trena métrica graduada.

A aferição da altura nas fases de desenvolvimento amostradas, tem sua utilidade na medida em que no estágio fenológico V6, a altura da planta aumenta conforme o alongamento do caule e no estágio fenológico R1 atingi-se a altura máxima da planta [4]. Desta forma, é adequado um acompanhamento do desenvolvimento da cultura do milho que respectivamente inicie-se e termine nos referidos estádios fenológicos.

O experimento resultou na quantidade final de pontos referentes a ruídos de 21.417.893 para o processamento das imagens do dia 20/11/2019 e 1.620.432 para o processamento das imagens do dia 10/01/2020 o que determinou a filtragem por meio de valores mínimos e máximos de altura.

A maior quantidade de pontos não válidos proveniente da nuvem densa original do primeiro levantamento deve-se ao fato de que este possui maior proporção de pontos que não correspondem as plantas e desta forma, estariam próximos ao MDT. Outros fatores reference a erros inerentes ao modelo e atitude da aeronave durante a coleta das imagens. Cogita-se também que o processamento extremo das nuvens de pontos por meio da implementação *Build Dense Cloud* gere pontos desnecessários para o objetivo, ocorrendo assim o Fenómeno de *Hughes*.

### Referencias

1. Szeliski, R. Computer Vision: Algorithms and Applications, (2010) 967 p.
2. Furukawa, Y., Ponce, J., 2007. Accurate, Dense, and Robust Multi-View Stereopsis. Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, v. 1, n. 1, 8 p.
3. Bending, J. *et al*: Estimating biomass of barley using crop surface models (CSMs) derived from UAV-based RGB imaging. Remote Sensing, v. 6, n. 11, (2014) 10395-10412 p.
4. Abendroth, L. J. *et al*: Corn Growth and Development. Iowa State University Cooperative Extension Service. PMR 1009 (2011).