



## FATOR LS DO MODELO USLE UTILIZANDO IMAGENS 3D GERADAS POR UM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO<sup>(1)</sup>

Adnane Beniaich<sup>(2)</sup>; Marx Leandro Naves Silva<sup>(3)</sup>; Rafael Pio<sup>(4)</sup>; Pedro Velloso Gomes Batista<sup>(5)</sup>; Fabio Arnaldo Pomar<sup>(5)</sup>; Leandro Boari Naves Silva<sup>(6)</sup>

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da FAPEMIG

<sup>(2)</sup> Engenheiro Agrônomo, M.Sc. Doutorando, Departamento de Ciência do Solo – Universidade Federal de Lavras/UFLA, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras, MG, beniaich@gmail.com. <sup>(3)</sup> Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Professor, Departamento de Ciência do Solo – Universidade Federal de Lavras/UFLA, Bolsistas do CNPq. <sup>(4)</sup> Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Professor, Departamento da Fitotecnia – Universidade Federal de Lavras/UFLA, Bolsistas do CNPq <sup>(5)</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestrado, Departamento de Ciência do Solo – Universidade Federal de Lavras/UFLA, <sup>(6)</sup> Aluno de iniciação científica júnior voluntário, ensino médio, Instituto Presbiteriano Gammon.

**RESUMO:** O presente estudo teve como objetivo a estimativa do fator LS da Equação Universal de Perda de Solo (USLE) a partir de modelo digital de elevação (MDE), gerado a partir de fotos tiradas de VANT DJI PHANTOM VISION®, nas parcelas de oliveira no pomar de departamento da fitotecnia de universidade federal de Lavras. As declividades obtidas foram comparadas com a declividade no campo com o uso de nível ótico. Os resultados LS calculados relevam existência de alta grau de associação (coeficiente de determinação  $r^2 = 0,93$ ) entre métodos de cálculo de fator LS entre o método manual e os métodos baseados sobre modelos gerado a partir do fotos de VANT.

**Termos de indexação:** Fator topográfico, erosão, processamento de imagens

### INTRODUÇÃO

O Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) até recentemente, estava limitado as aplicações militares. Os VANTs são aviões ou helicópteros controlados à distância ou controlados remotamente, equipados com uma ou mais câmeras fotográficas e de vídeo, podendo também ser equipados de vários tipos de sensores em função do objetivo do estudo além de sensores de precisão para reconhecer o alinhamento e a posição da aeronave em relação a uma base. O controle do VANT é feito a distância por computador manual ou automático. Atualmente o mercado dos VANT's tem uma grande variedade de equipamentos com funções específicas e valores correspondentes à funcionalidade, nível da precisão, tipos e números de sensores. Na área agrícola e ambiental, o VANT é largamente utilizado, de acordo com Jorge (2003), o VANT pode ser usado para a avaliação de danos causados por doenças, insetos, uso de herbicidas e fertilizantes, avaliação da uniformidade na irrigação, avaliação de novos produtos e mapeamento dos solos e de recursos naturais, geração de modelo digital de elevação (MDE). Além disso na área da

conservação do solo, o VANT já mostrou sua utilidade na avaliação de deslizamentos de terra (Niethammer et al., 2011). Entre as ferramentas mais importante que os VANT's podem produzir são os Modelos digitais de elevação (MDE) utilizados na aplicações pelos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para extrair diferentes atributos, tais como a declividade, perfil de curvatura, e direção de fluxo hidráulico (Ouedraogo et al., 2014). Este trabalho tem como objetivo a comparação de fator LS calculado a partir de modelo digital de elevação gerado a partir de software Photoscan® de uma sequência de fotos de VANT's.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em parcelas padrão de monitoramento de erosão, de 12 m de comprimento, cultivadas com oliveiras, pertencentes ao Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais, Brasil, nas coordenadas 21°13'20 " S e 44°58'17 " W e altitude média de 925 metros, no mês de Abril de 2015 (figura 1).

O registro das fotos foi feita pelo VANT DJI PHANTOM VISION +. Esse equipamento conta com uma câmera de resolução de 14 megapixel, e altura de voo de 10 metros. A calibração do GPS de VANT foi feita manualmente, e a programação de voo foi feita com o microcomputador de VANT. As aproximadamente 200 fotos aéreas foram tiradas em um único voo, e uma verificação manual de confirmou que todas as imagens são da área de estudo. Para a reconstrução dos modelos baseada em imagem, usou-se o software Agisoft PhotoScan® 1.1.6, pela criação da Orthofoto, e a geração de Modelos digitais de elevação (DME) com uma resolução de (0,1 m x 0,1 m), e o tratamento do MED e outros arquivos foi feita com ARCGIS® 10.1. Três métodos foram usadas para medir a declividade, a primeira método (Método 1) baseia-se na medida direta da declividade de cada parcela em campo pelo nível ótico. O segundo método (Método



2) foi usando mesmo pontos no Arcgis®, para calcular a declividade a partir da distância entre pontos no mapa e altitude dada pelo MDE. O terceiro método (Método 3) foi usando o forramento da declividade de Arcgis® (Slope) para cálculo da declividade.

Os cálculo do fator LS a partir de MDE foi baseado no trabalho de Oliveira (2011), o fator comprimento da rampa (L) é expresso pela equação (1) (Renard et al., 1997):

$$LS = (\lambda / 22.13) m \quad (1)$$

Onde  $\lambda$  é o comprimento da rampa, no qual será adotado o valor de 12 metros, o comprimento da parcela.

$$m = \beta / (1 + \beta) \quad (2)$$

na qual  $\beta$  é o coeficiente da erosão em sulcos e entressulcos. O valor de  $\beta$  é calculado pela equação (Mccool et al., 1989)

$$\beta = (\sin\theta / 0.0896) / [3.0 * (\sin\theta)^{0.8} + 0.56] \quad (3)$$

onde  $\theta$  é o anglo de declive em graus ( Mccool et al. ,1987)

O fator S (declividade da rampa) foi calculado separadamente para declives menores do que 9% (equação 4) e para declives maiores ou iguais a 9% (equação 5), de acordo com Mccool et al (1987)

$$S = 10.8 * \sin(\theta) + 0.03 \quad (4)$$

$$S = 16.8 * \sin(\theta) - 0.50 \quad (5)$$

Os dados foram submetidos à regressão linear utilizando- se o programa Sisvar (Ferreira, 1998).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No área de estudo (figura 1) foi realizado as medidas da declivadas de 15 parcelas de 12 x 4 com nível ótico.

A figura 2 apresenta o mapa a declividade gerada a partir de MDE de uma resolução de (10 cm x 10 cm) usando o forramento de declividade de Arcgis®, essa mapa mostra a capacidade de revelar as pequenas diferenças da declividades dentro da parcela, obtidos a partir de dados da medida da declividade em campo com o nível ótico e a partir de geração de MED no ARCGIS®.

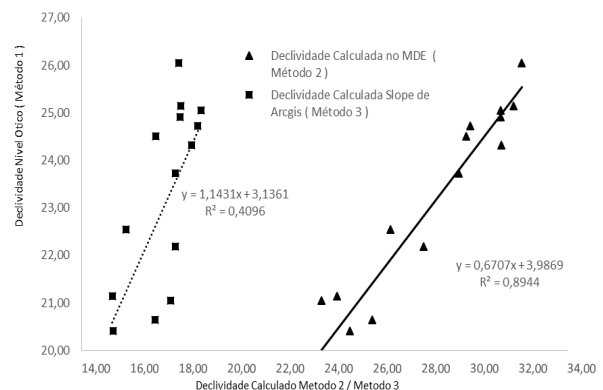
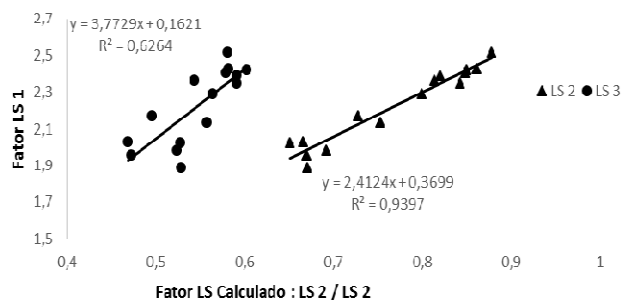


Figura 3: A relação em declividade de nível ótico e os declividades calculados pelos métodos 2 e 3.

O teste de Teste Scott-Knott relvou a existência de diferença significativa entre os três métodos, a relação entre a declividade calculada com declividade de nível ótico e a declividade calculada no MDE (método 2) apresente um coeficiente de determinação ( $r^2$ ) de 0,89 indicando um grau elevado de associação entre os dois métodos, entretanto a relação entre a declividade calculada com declividade de nível ótico e a declividade calculada com o forramento Slope de Arcgis releva um baixo coeficiente de determinação de 0,40.

A diferença obtida entre resultados pode ser explicada pelo alta nível da resolução de MDE (0,1 m x 0,1 m) obtida pelo VANT e que permite a detecção de micro variação de relevo d'entre da parcela. Thomson et al (2001) revelar-se que a diminuição da resolução horizontal de um MDE de 10 a 30 m cria uma paisagem mais suave, menos definidos, com mais gradientes de declive moderado e curvaturas reduzidas. Zhou e Liu (2004) mostraram que no caso de alta resolução de MDE o impacto de algoritmo ou do método de cálculo de declividade é mais marcante.



(LS 1: Fator LS calculado pela método de cálculo da declividade 1; LS 2: Fator LS calculado pela método de cálculo da declividade 2; LS 3: Fator LS calculado pela método de cálculo da declividade 3)

Figura 5: A relação entre os resultados de cálculo de fator LS com três métodos



O valor médio do fator LS (figura 4) pelo método 1 foi de 2,22; pelo método 2 e de 0,76 e de 0,54 pelo método 3, essa diferença pode ser explicada pela alta resolução da MDE gerado pelas fotos de VANT. A relação entre o fator LS calculado na base de declividade de nível ótico e o fator LS calculado na base de declividade de MDE (método 2) apresenta um coeficiente de determinação ( $r^2$ ) de 0,93 é indicativo de um grau elevado de associação entre os dois métodos.

### CONCLUSÕES

Neste estudo, foi demonstrado que o uso de VANT para registro de fotos resulta em MED de alta precisão. A comparação dos resultados da declividade mostra potencial significativo para a produção de MED de alta-resolução que permitem a análise da evolução de relevo e monitoramento da erosão.

A comparação entre fator LS calculado a partir da declividade manual e fator LS calculado a partir da declividade de MED gerado pelas fotos de VANT mostra um grau elevado de correlação.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o THE WORLD ACADEMY OF SCIENCES (TWAS) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq pela bolsa de estudos concedida; e à FAPEMIG e à CAPES, pelo auxílio à pesquisa.

### REFERÊNCIAS

FERREIRA, D.F. Programa Sisvar.exe: sistema de análise de variância. Lavras: Ufla, 1998.

JORGE, L.A.C. Metodologia para utilização de aeromodelos em monitoramento aéreo: análise de imagens. EMBRAPA Instrumentação Agropecuária, São Carlos, SP, Brasil. Circular Técnica 18 de Novembro de 2003.

MCCOOL, D. K.; BROWN, L. C.; FOSTER, G. R. Revised slope steepness factor for the universal soil loss equation. Trans. ASAE, 30:1387-1396, 1987.

MCCOOL, D. K.; FOSTER, G. R.; MUTCHLER, C. K.; MEYER, L. D. Revised slope length factor for the universal soil loss equation. Trans. ASAE, 32(5):1571-1576, 1989.

NIETHAMMER, U. ; JAMES M.R. ; ROTHMUND, S. ; TRAVELLETTI J., JOSWIG M. UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide: Evaluation and results. ENG GEOL, 128: 2–11 , 2012.

OLIVEIRA, A. H. Erosão hídrica e seus componentes na sub-bacia hidrográfica do horto florestal Terra Dura, Eldorado do Sul (RS). 2011. Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2011. 145p (Tese de Doutorado em Ciência do Solo)

OUÉDRAOGO, M.M ; DEGRÉ, A. ; DEBOUCHE, C ; LISEIN J. The evaluation of unmanned aerial system-based photogrammetry and terrestrial laser scanning to generate DEMs of agricultural watersheds. Geomorphology, 214:339–355, 2014.

RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A.; McCOOL, D.K. & YODER, D.C. Predicting soil erosion by water – A guide to conservation planning with Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Washington, US Gov. Print Office, 1997. 703p.

THOMPSON, J. A. ; BELL, J. C ; . BUTLER, C. A. Digital elevation model resolution: effects on terrain attribute calculation and quantitative soil-landscape modeling. Geoderma . 100:67–89,2001.

ZHOU, Q.; LIUB, X. Analysis of errors of derived slope and aspect related to DEM data properties. Comput.Geosci, 30:369–378,2004.

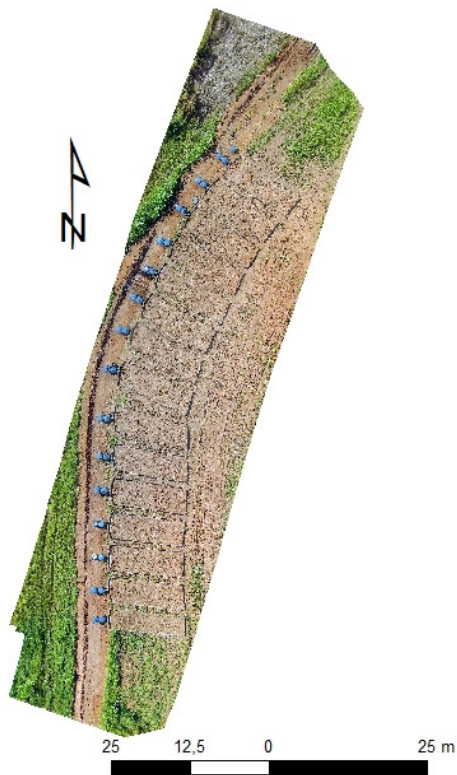


Figura 1 : Ortografia da região de estudo

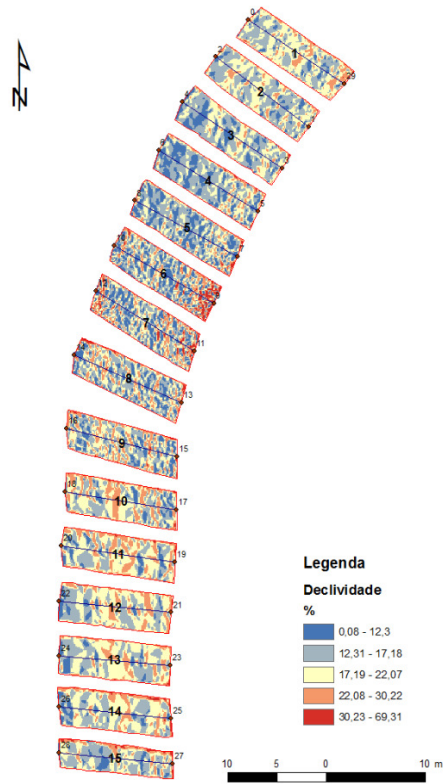
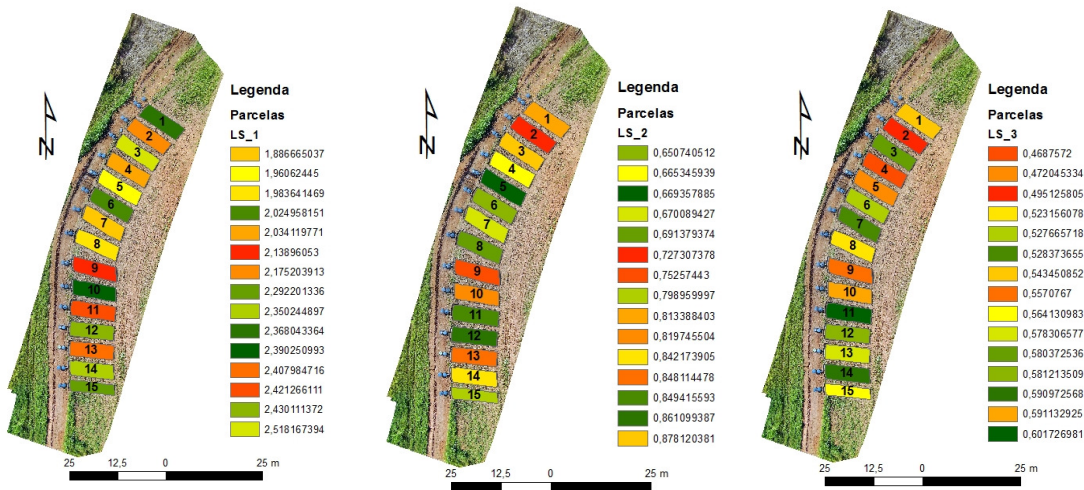


Figura 2 : Mapa da declividade da região de estudo



(LS 1: Fator LS calculado pela método de cálculo da declividade 1; LS 2: Fator LS calculado pela método de cálculo da declividade 2; LS 3: Fator LS calculado pela método de cálculo da declividade 3)

Figura 4: Mapas da distribuição de fator LS da região de pomar de departamento da fitotecnia-UFLA, Lavras (MG)