

## Determinação do peso da matéria verde do milho através da análise de imagens

### Determination of corn green matter weight through image analysis

DOI:10.34117/bjdv8n2-355

Recebimento dos originais: 20/01/2022

Aceitação para publicação: 22/02/2022

#### **Nilton Leno Ribeiro do Carmo Santos**

Engenheiro Agrônomo, pelo IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes

Instituição: SLC Agrícola

Endereço: Praça Tiradentes, 416, Centro - Inconfidentes, MG, CEP: 37576-000

E-mail: leno98.r@gmail.com

#### **José Luiz de Andrade Rezende Pereira**

Doutorado, pela Universidade Federal de Lavras - UFLA

Instituição: IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes

Endereço: Praça Tiradentes, 416, Centro - Inconfidentes, MG, CEP: 37576-000

E-mail: joseluiz.pereira@ifsuldeminas.edu.br

#### **Camila Souza dos Anjos Lacerda**

Doutorado, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Instituição: IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes

Endereço: Praça Tiradentes, 416, Centro - Inconfidentes, MG, CEP: 37576-000

E-mail: camila.lacerda@ifsuldeminas.edu.br

#### **Marcelo Araújo Junqueira Ferraz**

Engenheiro Agrônomo, pelo IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes

Instituição: Mestrando na Universidade Federal de Lavras - UFLA

Endereço: Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário - Lavras, MG  
CEP:37200-900

E-mail: harasmjf@gmail.com

#### **Gabriel Araújo Junqueira Ferraz**

Graduando Engenharia Agrônômica, pelo IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes

Instituição: IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes

Endereço: Praça Tiradentes, 416, Centro - Inconfidentes, MG, CEP: 37576-000

E-mail: Gabriel.junqueira@alunos.ifsuldeminas.edu.br

#### **Ygor de Cassio Garcia Ferreira**

Graduando Engenharia Agrônômica, pelo IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes

Instituição: IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes

Endereço: Praça Tiradentes, 416, Centro - Inconfidentes, MG, CEP: 37576-000

E-mail: Ygor.ferreira@alunos.ifsuldeminas.edu.br

### **RESUMO**

Culturas anuais como milho (*Zea Mays L.*) apresentam enormes desafios técnicos relacionados à estimativa de sua produtividade de matéria verde em  $\text{kg h}^{-1}$ . A estimativa

da produtividade do milho para silagem em kghá-1 é baseada no corte e pesagem de algumas plantas em diferentes locais da lavoura e então é realizada a extrapolação para a área total, mas o método é demorado e impreciso. O presente estudo objetiva desenvolver um método para determinar o volume da matéria verde de híbridos de milho a partir de imagens digitais capturadas por câmeras a bordo de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) e fazer uma análise de correlação entre o volume amostrado pelo *software* (*Agisoft Metashape Professional 1.7.2*) e o peso coletado manualmente gerando assim uma equação que determine de maneira mais rápida e precisa o peso baseado no volume. Medidas manuais de 8 híbridos de milho plantados em delineamento em blocos casualizados com três repetições foram comparados com dados obtidos pelo método apresentado neste trabalho. Concluiu-se que a produtividade de matéria verde dos híbridos de milho, uma variável de grande importância na definição do planejamento da colheita (além de outros usos), pode ser determinada de forma prática e precisa pelo processamento digital das imagens capturadas por Aeronaves Remotamente Pilotadas e pela equação de ajuste gerada por meio do processamento dos dados. Além disso, as estimativas de peso baseadas neste método e no método tradicional de coleta e pesagem de plantas não foram estatisticamente diferentes e possuem uma correlação alta e positiva.

**Palavras-chave:** agricultura de precisão, cálculo de volume, *Zea mays L.*

## ABSTRACT

Annual crops like corn (*Zea Mays L.*) present enormous technical challenges related to estimating its green matter productivity in kghá-1. Estimation of corn yield for silage in kghá-1 is based on cutting and weighing a few plants at different locations in the field and then extrapolation to the total area is performed, but the method is time consuming and inaccurate. The present study aims to develop a method to determine the volume of green matter of corn hybrids from digital images captured by cameras on board Remotely Piloted Aircraft (RPA) and to make a correlation analysis between the volume sampled by the *software* (*Agisoft Metashape Professional 1.7.2*) and the weight collected manually, thus generating an equation that determines more quickly and accurately the weight based on volume. Manual measurements of 8 corn hybrids planted in randomized block design with three repetitions were compared with data obtained by the method presented in this paper. It was concluded that the green matter productivity of corn hybrids, a variable of great importance in the definition of harvest planning (besides other uses), can be determined in a practical and precise way by the digital processing of images captured by Remotely Piloted Aircraft and by the adjustment equation generated by data processing. Moreover, the weight estimates based on this method and the traditional method of plant collection and weighing were not statistically different and have a high and positive correlation.

**Keywords:** precision agriculture, volume calculation, *Zea mays L.*

## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*) é considerado uma das principais culturas de grãos utilizadas no mundo. No Brasil a produção de grãos vem alcançando recordes de

produtividade. Na safra 2020/2021 a produção total alcançou 86.650,1 milhões de toneladas colhidas em 19.823,2 milhões de hectares (área total) (CONAB,2020).

No entanto, a cultura não fica limitada somente à produção de grãos é a planta mais utilizada para a produção de silagem pelos produtores de leite e de carne do Brasil (OLIVEIRA E MILLEN, 2014). Ela é usada para garantir alimento volumoso em quantidade e qualidade suficientes para uma boa nutrição dos animais durante os períodos em que as pastagens tropicais não conseguem, seja por falta de chuva ou baixa temperatura.

A produção da silagem de milho é uma tarefa que exige do produtor muito planejamento. Começa com a escolha da cultivar adaptada para sua região em seguida preparo do solo e qual a quantidade de área a ser plantada baseada na produtividade da cultivar e no número de cabeças de animais a serem alimentados. Para as produtoras de semente de milho silagem o desafio é conhecer as adaptações dessas cultivares nas diferentes regiões do país. Segundo Pereira Filho e Borghi (2016) existem muitos genótipos no mercado que se diferenciam quanto ao ciclo, tolerância às pragas e doenças, tipos de solos, condições ambientais e tipos de manejo. Bastos (2019) com o objetivo de conhecer e avaliar características agronômicas das variedades de milho plantadas para produção de silagem montou um experimento com 74 campos comerciais em 4 estados brasileiros, demandando um grande número de amostragens.

Tais desafios técnicos podem ser solucionados de maneira mais prática e eficiente com auxílio de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) que podem acompanhar e monitorar a lavoura com a ajuda de sensores embarcados. Segundo Gómez-Candón et al. (2014) a agricultura está cada vez mais ligada à tecnologia da informação e automação e, neste contexto, as Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) são uma ferramenta com muitas aplicações no campo.

As aeronaves remotamente pilotadas mais conhecidas como drones foram desenvolvidas a muito tempo, primeiramente para uso militar e posteriormente foi expandido para uso civil como objetivo recreativo, somente nos últimos anos o uso destes aparelhos tem se tornado cada mais frequente em diversas áreas do conhecimento como: Mineração, estradas, vigilância e para a agricultura não é diferente segundo Peña et al., (2013) e Castaldi et al., (2016) essa ferramenta tem se mostrado eficiente para inspeção de safras, detecção de ervas daninhas, identificação de falhas de plantio, volumetria alvo, Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI), detecção de manchas em áreas cultivadas e análise de modelo digital de terreno.

A combinação de fotogrametria com ARP's é uma alternativa viável para várias aplicações agrícolas o que tem aumentado consideravelmente o interesse dos pesquisadores sobre o tema nos últimos anos (KHOT et al., 2015).

No momento da colheita, as adaptações e ajustes necessários ao maquinário, mão de obra, clima e preparo do local do silo são pontos importantes para atenuar as perdas durante o processo. Assim, é essencial conhecer as expectativas de produtividade das cultivares de milho para silagem. Os objetivos deste estudo foram desenvolver um método para determinar a produtividade da matéria verde de híbridos de milho a partir de imagens digitais capturadas por câmeras a bordo de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) fazer uma correlação entre o volume amostrado pelo software e o peso coletado manualmente gerando assim uma equação, na qual a partir do volume amostrado pelo *software Agisoft Metashape Professional* seja possível determinar o peso de matéria verde em kg/ha de uma lavoura de milho.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental da Fazenda do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, campus Inconfidentes, no município de Inconfidentes-MG. Foram avaliados oito híbridos de milho, caracterizados por diferentes expectativas de produtividade (FIGURA 1).

Figura 1- Híbridos avaliados no local de estudo da fazenda IFSULDEMINAS



Fonte: Do autor, 2019.

### 2.1 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados (DBC) com três repetições, utilizando um espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,16 m entre plantas e população final de 75.000 plantas por hectare. As parcelas foram constituídas de seis linhas de cinco metros de comprimento, sendo as duas centrais consideradas como úteis.

A instalação do experimento foi realizada sob sistema de plantio convencional. Realizou-se uma aração de 30 centímetros de profundidade, seguida de duas gradagens para nivelamento do terreno. Posteriormente, foi realizado um sulcamento no espaçamento de 0,8 metros entre linhas. A adubação de plantio 400 kg há<sup>-1</sup> de 08-28-16 e cobertura 400 kg há<sup>-1</sup> da fórmula 30-00-20.

O experimento foi instalado em outubro de 2019, época de plantio na região, a semeadura foi realizada com o dobro de sementes, para alcançar o estande final de 75.000 plantas por hectare. Após vinte dias da realização do plantio, a planta se encontrava no estágio de V3, ou seja, três folhas totalmente desenvolvidas, e neste momento foi realizada a prática do desbaste.

## 2.2 OBTENÇÃO DAS IMAGENS

O modelo ARP utilizado para obtenção das imagens foi um quadricóptero DJI Phantom 4 pro (DJI, Shenzhen, China), que foi utilizado devido ao seu recurso de voo estabilizado, geração de imagens georreferenciadas, modos de voo manuais e/ou automáticos e bateria que fornece 5.350 mAh de potência, o que permite um tempo de voo autônomo de aproximadamente 28 minutos em condições ideais de voo (baixa velocidade do vento). Seu sistema de câmera (modelo FC330, DJI, Shenzhen, China) possui um estabilizador de imagem de 3 eixos (x, y e z), captura de vídeo 4K a 30 quadros por segundo, captura de vídeo Full HD 1080p a 120 quadros por segundo.

O rádio controle opera a uma frequência de 2,4 GHz, permitindo um voo de aproximadamente 3.5 km de distância horizontal sem interferência (na ausência de obstáculos). A distância vertical é limitada a 120 m pela legislação nacional em vigor. O equipamento foi operado com *iPad* Pro (10,5 polegadas) (2,4 GHz) com memória de 64 GB e sistema operacional iOS 12.

## 2.3 COMPARANDO OS DOIS MÉTODOS

O peso da matéria verde dos híbridos de milho foi estimado por dois métodos. O método manual segundo metodologia da EMBRAPA (2007) para colheita em ensaios experimentais que consiste na colheita de 5 plantas individuais selecionadas aleatoriamente das duas linhas centrais de cada parcela. Posteriormente essas plantas devem ser cortadas na sua base, agrupadas com o auxílio de um barbante e então pesadas com uma balança digital e feita a extrapolação do peso para a parcela total (FIGURA 2).

Figura 2- Colheita e pesagem das 5 plantas de milho ano agrícola 2019/2020 segundo metodologia da EMBRAPA



Fonte: Marques,2019.

O segundo método consistiu em fazer a estimativa do volume com imagens coletadas pelo ARP um quadricóptero DJI Phantom 4 pro, a partir do processamento dessas imagens foi correlacionado o volume em  $m^3$  obtido de cada parcela com peso kg/matéria verde obtido manualmente gerando uma equação que determina o peso baseado no volume.

Primeiramente para a execução do voo, delimitou-se a região de sobrevoo do ARP com o software *DroneDeploy* instalado em um *iPad* Figura 3. Para finalizar o plano de voo, alguns parâmetros no software tiveram que ser definidos, tais como altitude de voo (40m), direção de voo, sobreposição de imagem frente (75%) e lateral (75%) para gerar modelos de qualidade, uma sobreposição maior que 60% é recomendado por Wolf & Dewitt (2000) e a velocidade máxima de voo ( $11 \text{ ms}^{-1}$ ). Após a entrada dos parâmetros, foi gerado um relatório contendo informações sobre o voo, como a área a ser voada, a distância da amostra do solo (GSD, ou tamanho do pixel em cm) para esse caso 1,2 cm e a quantidade de baterias necessárias.

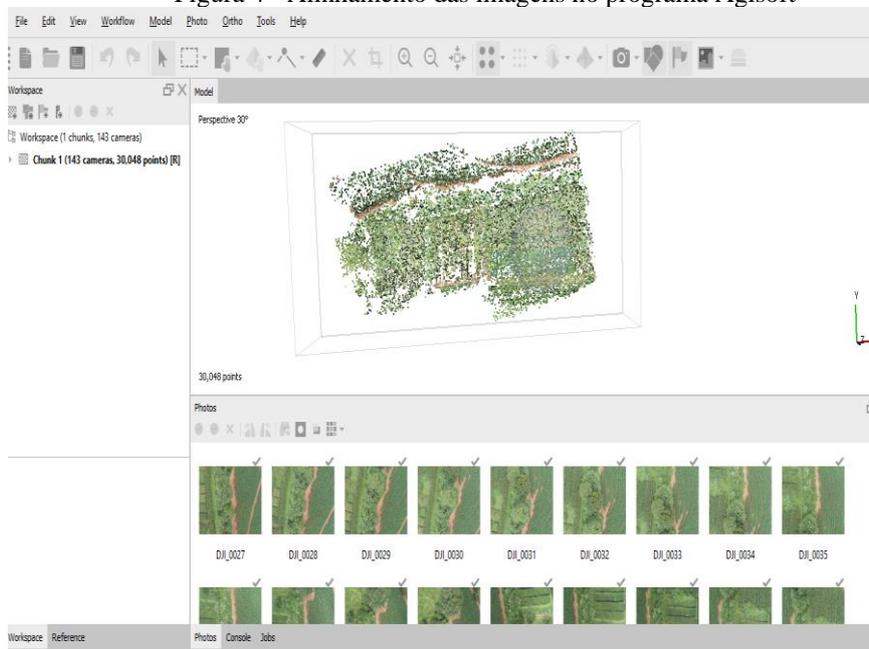
Figura 3 - Exemplo de polígono da rota de voo autônoma ilustrada no software DroneDeploy.



Fonte: Do autor, 2019.

O software *Agisoft Metashape Professional 1.7.2* foi utilizado para processar as imagens georreferenciadas obtidas pelo ARP em um computador desktop. Para maior precisão no processamento foi coletado pontos de controles GNSS no terreno para reduzir as distorções nos modelos de elevação. O processamento da imagem foi realizado em três etapas: 1 - Alinhamento das imagens Figura 4, 2 - Geração da nuvem de pontos e 3 - Ortomosaico vermelho-verde-azul (RGB), modelo digital de superfície (MDS).

Figura 4 - Alinhamento das imagens no programa Agisoft



Fonte: Do autor, 2021.

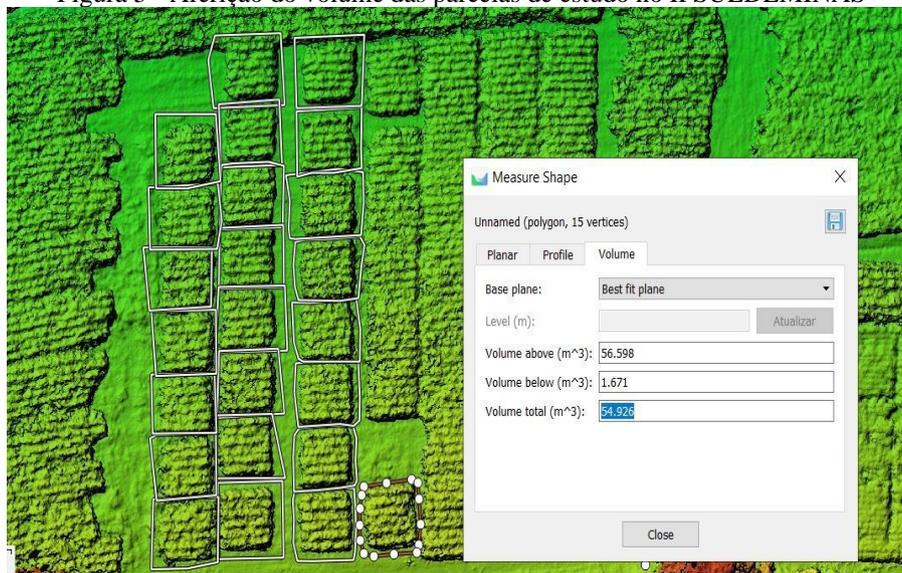
As imagens obtidas foram selecionadas e alinhadas na sequência de captura e posteriormente calibradas utilizando o método padrão do *software*, com base nos

parâmetros e na densidade da nuvem de pontos, com a escala de resolução da imagem. A resolução espacial da ortofoto é automática, variando de acordo com seu valor GSD.

Posteriormente, o volume dos alvos em cada parcela Figura 5, foi medido usando o *software Agisoft Metashape Professional*. Todas as parcelas dos 8 híbridos diferentes foram selecionadas individualmente para o cálculo do volume e as plantas dentro da área foram consideradas. O cálculo foi executado para toda a área da parcela. O *software* possui uma rotina computacional específica que permite estimar o volume do alvo e consiste em cinco etapas:

1. Na barra de menus, selecione o modelo MDS, no submenu selecione o Modelo Digital de Altura (MDA).
2. Na barra de ferramentas superior, clique em *Draw polygon* e selecione a base dos vértices da superfície do alvo cujo deseja medir o volume
3. Finalize o vértice para criar a base do volume.
4. Para maior precisão, corrija o posicionamento dos vértices na posição correta.
5. Finalmente, clique no centro da região de interesse a qual deseja medir e clique com botão direito e em seguida a opção *Measure* → volume.

Figura 5 - Aferição do volume das parcelas de estudo no IFSULDEMINAS



Fonte: Do autor, 2021.

O volume é calculado usando o MDA (Modelo Digital de Altura). Para obter o MDA é necessário fazer a subtração do MDS (Modelo Digital Superfície) que leva em consideração tudo que está acima do solo - MDT (Modelo Digital Terreno) que leva em consideração só o terreno. Agisoft cria a base levando em consideração a altitude de cada

vértice. O software projeta uma grade com espaçamento GSD na base. Para cada célula da grade, o volume é dado usando o comprimento, largura e altura da célula. O comprimento e a largura são iguais ao GSD do projeto (ELMIRO,2008).

#### 2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

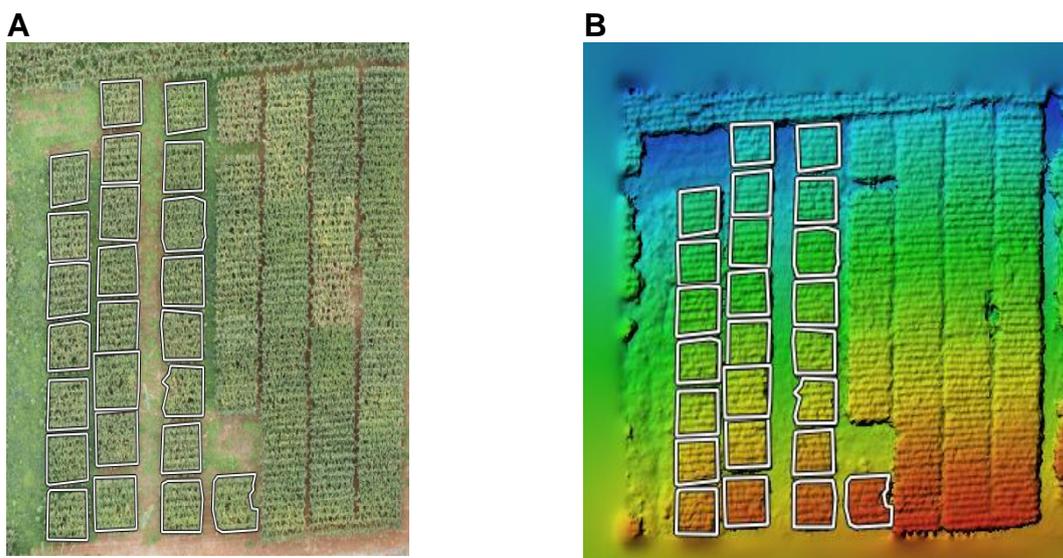
Todas as variáveis foram submetidas a tratamentos estatísticos com o auxílio do *software* Sisvar 5.6 para comparar a adequação dos valores obtidos pelo resultado da equação (1) (que correlaciona o volume com o peso) e os dados medidos manualmente em campo (Kg/parcela). Foi procedida a análise da variância uma das técnicas estatísticas mais usadas entre os pesquisadores para estudar os efeitos do seu objeto de estudo em um modelo linear, em seguida foi realizado o teste F que é apropriado para a aferição do teste de igualdade de médias entre os tratamentos, quando F for significativo indica que pelo menos um dos tratamentos difere dos demais (FERREIRA, 2011).

Por fim foi procedido o teste Scott & Knott (1974), por ser um teste isento de ambiguidade e seus resultados são claros e objetivos para averiguar as diferenças entre os resultados, em nível de 5% de probabilidade de erro, para a comparação das médias (FERREIRA, 2000).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Depois das imagens processadas foi gerado também o Ortomosaico vermelho-verde-azul (RGB) e modelo de superfície digital (DSM) para uma melhor visualização da área de estudo e as parcelas (FIGURA 6).

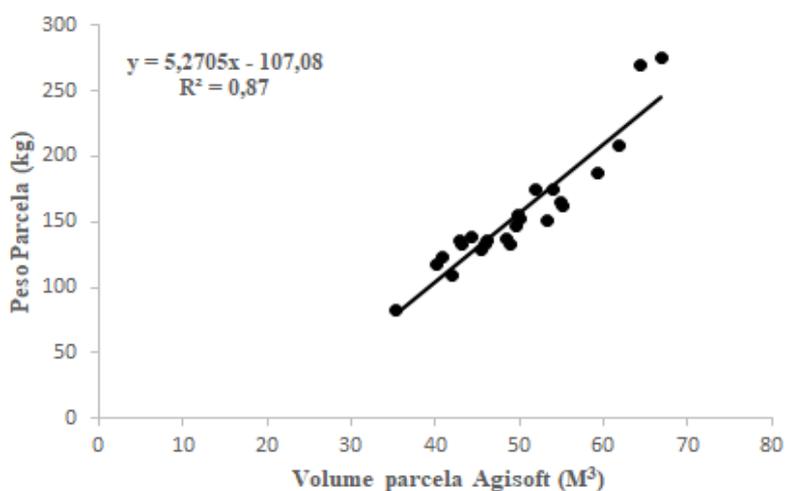
Figura 6 - Ortomosaico RGB (A) e o Modelo Digital de Superfície (MDS) correspondente (B).



Fonte: Do autor 2021.

Após calculado o volume de cada parcela dos 8 híbridos foi necessário converter esses dados para (kg de Matéria verde) e para isso foi feito uma correlação entre as duas variáveis: uma, o peso por parcela coletado manualmente e dois, o volume coletado em cada parcela usando o método Processamento Digital de Imagens. Correlacionando as duas variáveis obteve-se um  $R^2$  de 0,87 Figura 7, o que mostra um bom ajuste entre as duas variáveis (são dependentes) (NETO,2002).

Figura 7 - Gráfico de correlação entre peso parcela coletado manualmente e volume medido por meio do software Agisoft.



Fonte: Do autor,2021.

Posteriormente foi gerada a equação (Equação 1) usando o programa *Microsoft Excel*.

Equação 1 - Equação de correlação entre volume em m<sup>3</sup> e peso em kg/parcela.

$$Y = 5,2705 - 104,07 X \quad (1)$$

Fonte: Do autor,2021

No qual,

Y= Peso em (kg de matéria verde) da cultura do milho em uma determinada área.

X= Volume amostrado em m<sup>3</sup> da área de interesse a qual se deseja calcular o peso em kg de Matéria verde de milho.

Em seguida foi realizada a análise estatística e verificar que o teste F foi significativo foi procedida a hipótese estatística de que as estimativas do peso em kg/parcela das 24 parcelas dos 8 híbridos produzida pelos dois métodos seriam as mesmas. Os resultados do teste Scott & Knott (1974) não foram significativos Tabela 1, indicando que não houve diferença significativa entre o método manual (MM) e o método com Processamento Digital de Imagens (PDI), conseqüentemente, da capacidade de estimativa do método de processamento digital de imagens e geração da equação (1).

Tabela 1 - Peso médio em kg/parcela de 8 híbridos utilizando o método manual (MM) e o método com Processamento Digital de Imagens.

Híbridos	MM. (kg /híbrido/Parcela)	PDI Equação (kg/híbrido/parcela)	Com
B433PW	108,18 b	108,26 b	
CD3410PW	128,58 b	127,12 b	
2A510PW	131,86 b	131,13 b	
B2360PW	138,01 b	141,12 b	
2B688PW	145,39 b	149,86 b	
B2612PW	172,41 a	174,50 a	
DKB363PR3	186,17 a	185,39 a	
DKB255PR3	218,23 a	209,95 a	
MÉDIA	153,61	153,41	

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor,2021.

É possível observar na Tabela 1, que o peso de matéria verde em kg/parcela diferiu estatisticamente entre os híbridos avaliados de igual maneira para os dois métodos mostrando que não há diferença estatística entre os métodos de avaliação para quantificar peso matéria verde de milho forrageiro. A partir dos valores médios (kg/parcela) obtidos

nas 3 repetições dos 8 híbridos com o método PDI com equação foi realizada a extrapolação para uma área de um hectare e da mesma forma foi feita a extrapolação dos valores coletados manualmente (TABELA 2).

Tabela 2 - Peso médio em kg/hectare de 8 híbridos utilizando o método manual (MM) e o método com Processamento Digital de Imagens.

Híbridos	MM. (kg/há- 1/híbrido)	PDI Com Equação (kg/há- 1/híbrido)
B433PW	45076,66 b	45109,02 b
CD3410PW	53576,66 b	52968,57 b
2A510PW	54942,08 b	54637,20 b
B2360PW	57504,58 b	58801,35 b
2B688PW	60580,83 b	62442,74 b
B2612PW	71838,33 a	72709,10 a
DKB363PR3	77575,00 a	77247,49 a
DKB255PR3	90931,94 a	87482,99 a
MÉDIA	64003,26	65251,61

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor, 2021.

Os Híbridos B2612PW, DKB363PRO3, DKB255PRO3 foram superiores aos demais nos dois métodos avaliados mostrando a solidez do método (Tabela 2). Burkart et al. (2016) analisando o ensaio de campo com duas cultivares de cevada durante 2 anos com 28 voos com uma alta resolução temporal observaram uma distinção notável entre os diferentes estágios de desenvolvimento desde a germinação à colheita. Eles concluíram que as imagens aéreas coletadas pelo ARP podem ser usadas para fornecer dados quantitativos no manejo de culturas e agricultura de precisão.

Ferraz et al. (2022) conseguiu determinar com precisão altura de plantas de milho com base no processamento de imagens digitais capturadas a bordo de um ARP, e destaca ser uma excelente ferramenta para o monitoramento, acompanhamento do ciclo de cultura e programas de melhoramento genético, devido sua flexibilidade e praticidade

A determinação da massa em kg/matéria verde pelos meios convencionais torna-se cara, morosa pelo tempo de execução maior e podem gerar dados imprecisos. Quando se coleta dados manualmente, as plantas são escolhidas aleatoriamente e essas podem não entregar uma representação fidedigna de toda a área de estudo. Com o processamento digital de imagens e uso da equação, o tamanho da amostra tem pouca influência, resultando ainda em dados mais precisos. Castaldi et al. (2017) obteve bons resultados na

quantificação da vegetação de ervas daninhas para aplicação de herbicidas em taxa variada.

O peso em kg de matéria verde da vegetação de milho por área pode ser determinado usando o PDI com equação, otimizando o processo de dimensionamento de silos, número de maquinário e pessoal a ser destinado para a colheita. Então produtor rural que deseja conhecer sua expectativa de produtividade, pode fazer um voo sobre a área com um ARP, determinar o volume da vegetação em seguida o peso/kg Matéria verde usando a equação e calcular quais recursos serão empregados para uma boa colheita, vale lembrar que esse recurso é importante também quando se fala em análise de um grande número de parcelas, grandes empresas chegam a avaliar milhares de parcelas de híbridos de milho por ano esse recurso deixaria o processo mais ágil e eficiente. Cunha et al. (2019) estudando o volume da vegetação em quatro áreas de café com imagens de um ARP conseguiu determinar com precisão o volume da vegetação do cafeeiro para dimensionamentos de aplicação de defensivos com base no índice de área foliar.

Cabe destacar que a área de estudo era levemente declivosa, os pontos de controles GNSS no terreno ajudaram a reduzir as distorções nos modelos de elevação e superfície e melhoram a precisão dos cálculos pelo software. Para finalizar, mais estudos são necessários em áreas maiores, diferentes variações do relevo para verificar a aplicabilidade da metodologia para diferentes situações.

## 5 CONCLUSÃO

É possível determinar o volume da matéria verde de milho com uso de ARP e processamento digital de imagens e fazer a correlação entre o volume coletado e peso em kg/Matéria verde com uso da equação. Este método é mais rápido e permite a avaliação de grandes áreas ou até grande número de parcelas de estudo quando se trata de ensaios de pesquisa de grandes empresas. Além disso, o método não apresenta diferença estatística significativa em relação aos resultados obtidos com o método tradicional de coleta aleatória de plantas e pesagem.

A correlação entre a produtividade e o volume amostrado pelo ARP foi alta e positiva obtendo um  $R^2$  de 0,87 o que mostra um bom ajuste entre as duas variáveis (são dependentes).

É possível determinar a produtividade de matéria verde da biomassa de milho utilizando o processamento de imagens do ARP.

## REFERÊNCIAS

BASTOS, M. D. S. **CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE HÍBRIDOS DE MILHO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM CULTIVADOS EM QUATRO ESTADOS BRASILEIROS**. 2019. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019. Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/33433/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_Caracter%C3%ADsticas%20agron%C3%B4micas%20de%20h%C3%ADbridos%20de%20milho%20para%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20silagem%20cultivados%20em%20quatro%20estados%20brasileiros.pdf](http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/33433/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Caracter%C3%ADsticas%20agron%C3%B4micas%20de%20h%C3%ADbridos%20de%20milho%20para%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20silagem%20cultivados%20em%20quatro%20estados%20brasileiros.pdf)>. Acesso em: 31 ago. 2021.

BURKART, A.; HECHT, V. L.; KRASKA, T.; RASCHER, U. Phenological analysis of unmanned aerial vehicle based time series of barley imagery with high temporal resolution. **Precision Agriculture**, v.19, n.1, p.134-146, 11 fev. 2017.

CASTALDI, F.; PELOSI, F.; PASCUCCI, S.; CASA, R. Assessing the potential of images from unmanned aerial vehicles (UAV) to support herbicide patch spraying in maize. **Precision Agriculture** v.18, n.1, p 76-94, 25 ago. 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-Conab (2020). **Boletim da safra de grãos: 11º levantamento – safra 2020/21**. Disponível: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 22 de ago. de 2021.

CUNHA, J. P. A. R. da; SIRQUEIRA NETO, M. A.; HURTADO, S. M. C. ESTIMATING VEGETATION VOLUME OF COFFEE CROPS USING IMAGES FROM UNMANNED AERIAL VEHICLES. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. p. 41-47, set. 2019.

ELMIRO, M. A. T. **CORREÇÃO DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO INSAR ATRAVES DE SUPERFÍCIES DE AJUSTES GERADAS POR METODOS DE INTERPOLAÇÃO ESPACIAL**. 2008. 209 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós - Graduação em Computação Aplicada, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008. Disponível em: <<http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.14.14.09/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-(EMBRAPA). **Avaliação de cultivares de milho para silagem: resultados do ano agrícola 2006/2007**. Juiz de Fora-MG. OLIVEIRA.J.S.; SOBRINHO.F.S.2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/595705/1/CT93Cultivmilhosilagem.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

FERRAZ M. A. J.; PEREIRA J. L. de A. R.; FERRAZ G. A. J.; SANTOS N. L. R. C. Determinação de altura de plantas através da análise de imagens aéreas de milho obtidas com ARP / determinação de altura de plantas de milho através da análise de imagens aéreas de plantas de milho obtidas com ARP. **Brazilian Journal of Development**. v.8, n.1, p.6900 -6917691769176917. Jan. 2022. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/43255>. Acessado em: 11/12/2021.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, dez. 2011.

FERREIRA, D. F. **UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS**: manual do sistema sisvar para análises estatísticas. 200. Disponível em: <<https://des.ufla.br/~danielff/meusarquivospdf/sisvarmanual.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2021.

GÓMEZ-CANDÓN, D.; CASTRO, A. I. de; LÓPEZ-GRANADOS, F. Assessing the accuracy of mosaics from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery for precision agriculture purposes in wheat. **Precision Agriculture**, v.15, n.1, p. 44-56, 8 nov. 2014.

KHOT, L. R.; SANKARAN, S.; CARTER, A. H.; JOHNSON, D. A.; CUMMINGS, T. F. UAS imaging-based decision tools for arid winter wheat and irrigated potato production management. **International Journal Of Remote Sensing**, v. 37, n. 1, p. 125-137, 13 dez. 2015.

NETO, P. L. de O. C. **Estatística**. 1. ed. São Paulo – SP: Editora Blucher, 2002.  
OLIVEIRA, C.A.; MILLEN, D.D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 64-75, 2014.

PEÑA, J. M.; TORRES-SÁNCHEZ, J.; DE CASTRO A. I; KELLY, M.; LÓPEZ-GRANADOS F. Weed Mapping in Early-Season Maize Fields Using Object-Based Analysis of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Images. **PLoS ONE**, v. 8, n. 10, p. 77151, 11 out. 2013.

PEREIRA FILHO, I.A.; BORGHI, E. **Mercado de sementes de milho no Brasil: safra 2016/2017. Embrapa Milho e Sorgo - Documentos (INFOTECA-E)**, 2016

SCOTT, A.J., KNOTT, M.A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

Wolf PR, Dewitt BA (2000) **Elements of Photogrammetry**: Elements of Photogrammetry with Application in GIS (Vol. 3). Nova York, McGraw-Hill, 624.