



Estimativa de falhas em plantio de soja a partir de imagens aéreas obtidas por ARP

Jadson Maximiano da Silva¹, José Luiz de Andrade Rezende Pereira², João Edson Costa Ferreira da Silva³, Ângelo Marcos Santos Oliveira⁴, Taiane Aparecida Fernandes Carvalho⁵

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), discente. jadsonsilva2014.js@gmail.com

² IFSULDEMINAS, docente. joseluiz.pereira@ifsuldeminas.edu.br

³ IFSULDEMINAS, docente. joaoedsoncosta@hotmail.com

⁴ IFSULDEMINAS, docente. angelo.oliveira@ifsuldeminas.edu.br

⁵ IFSULDEMINAS, discente. taianeapcarvalho@gmail.com

Submetido em: 28/07/2021 | Aceito em: 22/01/2022

Resumo

Com a disseminação do uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) no setor agrícola, foi possível a realização de mapeamentos de falhas de plantio e incidência de doenças. Neste trabalho foi realizada a estimativa de falhas na cultura, foram utilizados três experimentos com a cultura da soja na fazenda-escola do IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes*. Para isso foi realizado um aerolevantamento usando ARP, que gerou uma ortofoto da área de interesse; para quantificar as falhas presentes nos experimentos, foi realizada uma classificação supervisionada a fim de distinguir as plantas de soja do solo exposto. Após a classificação, foi calculado o índice kappa para verificar se a classificação foi satisfatória, com isso, foi possível realizar a contabilização do percentual de falhas obtidas em cada parcela do experimento, por fim, foi realizada uma análise de variância a fim de verificar se o percentual de falhas de cada parcela possuía diferenças significativas entre si. Foi observado que em dois experimentos houve diferença estatística na quantidade de falhas e em um experimento não houve diferença.

Palavras-chave: Falhas de plantio. Aerofotogrametria. Classificação Supervisionada.

Introdução

Atualmente, o uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) vem sendo adotado nos estudos de fotogrametria/sensoriamento remoto, pois proporciona baixo custo de aquisição de dados de alta resolução espacial e espectral quando comparados a aeronaves tripuladas ou a satélites orbitais. Uma das vantagens em obter dados com plataformas de ARPs está na sua resolução temporal que é excelente, pois são possíveis de serem obtidos a qualquer momento, inclusive de serem repetidas mais de uma vez no mesmo dia, diferentemente das imagens obtidas de satélites orbitais (CHAVES; LA SCALEA, 2015).

No Brasil, as ARPs vêm sendo cada vez mais utilizadas no setor agrícola, especialmente no setor de geotecnologias, que vem empregando ARPs com imagens de alta resolução espacial

e temporal, as quais permitem mapear com precisão onde estão localizadas falhas de plantio, incidência de doenças, bem como comparar padrões de distribuição das plantas nas imagens, entre outras aplicações (CATANI, 2018).

A identificação de falhas na lavoura auxilia o produtor rural na estimativa de produção de sua lavoura, uma vez que é possível determinar a quantidade de plantas existentes e conseqüentemente estimar a produção. O número de plantas por hectare é um importante componente na produtividade. A alta resolução espacial permite que seja possível identificar as doenças e as plantas invasoras, o que contribui para que haja a existência dessas falhas. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de quantificar falhas presentes em três experimentos da cultura da soja.

Material e métodos

Área de estudo

Foi selecionada uma área contendo a cultura de soja da fazenda-escola do IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes/MG, tendo sua localização central nas coordenadas 22° 18' 21" S e 46° 20' 3" O (FIGURA 1).

Experimentação base

Foram analisados três experimentos com a cultura da soja: VCU1 – Precocidade, VCU2 – Precocidade e VCU2 – Produtividade.

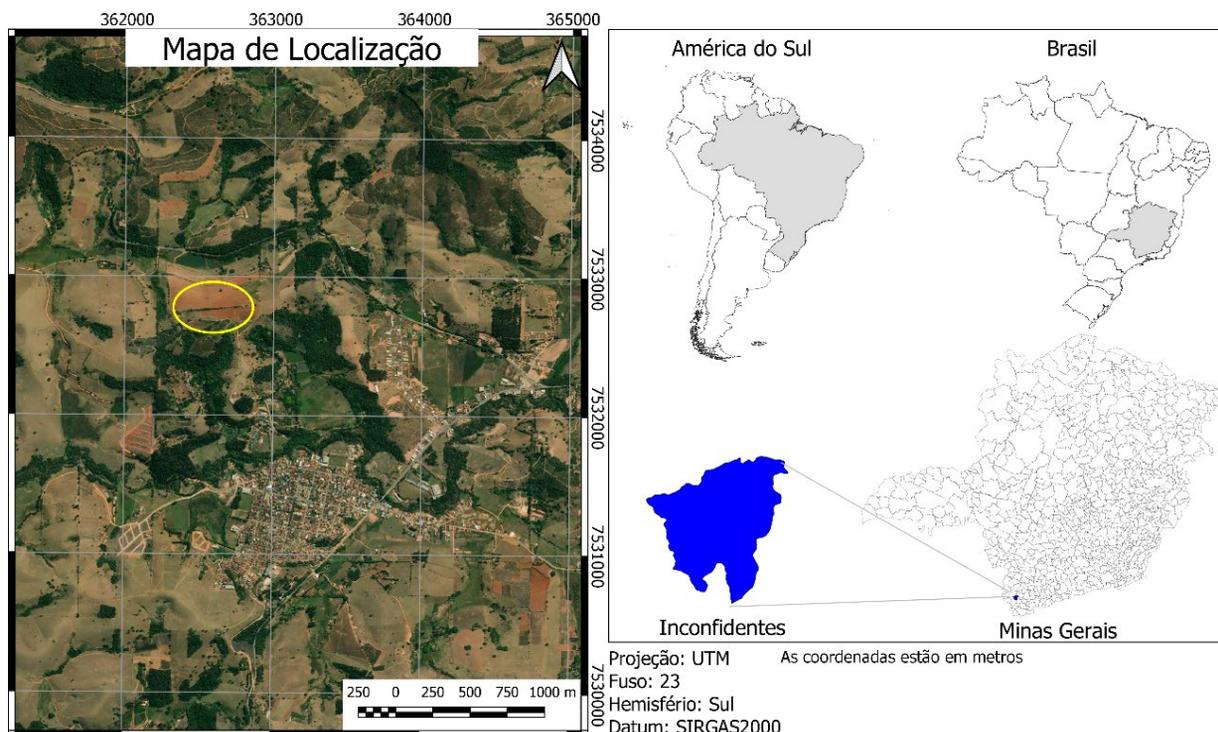
O experimento VCU1 – Precocidade conteve 12 variedades comerciais F3:6 PREC 10, F3:6 PREC 15, F3:6 PREC 9, F3:6 PREC 13, F3:6 PREC 17, F3:6 PREC 14, F3:6 PREC 8, F3:6 PREC 95R51, F3:6 PREC M 5947 IPRO, F3:6 PREC M 6410 OPRO, F3:6 PREC TMG 7067 IPRO, F3:6 PREC BMX Desafio RR.

O experimento VCU2 – Precocidade conteve 16 variedades comerciais S0:3 Prec 1, S0:3 Prec 2, S0:3 Prec 4, S0:3 Prec 5, S0:3 Prec 6, F3:5 Prec 27, F3:5 Prec 28, F3:5 Prec 31, F3:5 Prec 33, F3:5 Prec 45, Teste ANTA 82, Teste 95R51, Teste M6410, Teste NS 7300, Teste M5917, Teste M5947.

O experimento VCU2 – Produtividade conteve 16 variedades comerciais S0: 3 PROD 1, S0: 3 PROD 2, S0: 3 PROD 3, S0: 3 PROD 5, S0: 3 PROD 10, F3: 5 PROD 73, F3: 5 PROD 85, F3: 5 PROD 97, F3: 5 PROD 98, F3: 5 PROD 139, Teste CZ 48B 32 IPRO, Teste P98Y30, Teste P98Y12, Teste P98Y11, Teste TMG2185, Teste M8210.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC) com três repetições, constituídos de quatro fileiras de cinco metros de comprimento e espaçamento de 0,50 metros entre linhas.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Aerolevanteamento

Para a execução do aerolevanteamento foi realizado um planejamento, onde foram definidos os parâmetros de voo, sendo: altura 60 m; recobrimento longitudinal de 85 % e lateral de 75 % e velocidade de 15 m/s. A aeronave utilizada foi o drone Phantom 4 Pro V2 disponibilizado pelo Setor de Agrimensura e Cartografia do IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes.

Além dos parâmetros de voo foram definidos também quatro pontos de controle, esses pontos têm o objetivo de realizar a orientação exterior. Segundo Coelho e Brito (2009), o objetivo primordial da orientação exterior é a obtenção da posição e da atitude da câmera no momento da captura. Utilizando a ressecção espacial por intermédio das equações de colinearidade (equações 1 e 2), pode-se definir os seis elementos de orientação exterior de uma fotografia (X_0 , Y_0 , Z_0 , k , ϕ , ω) a partir de no mínimo três pontos de controle não colineares.

$$x' = -c \frac{m11(X-X_0)+m12(Y-Y_0)+m13(Z-Z_0)}{m31(X-X_0)+m32(Y-Y_0)+m33(Z-Z_0)} \quad (01)$$

$$y' = -c \frac{m21(X-X_0)+m22(Y-Y_0)+m23(Z-Z_0)}{m31(X-X_0)+m32(Y-Y_0)+m33(Z-Z_0)} \quad (02)$$

em que:

c : constante da câmara – distância focal (espaço imagem);

X , Y , Z : coordenadas dos pontos no espaço objeto;

X_0, Y_0, Z_0 : coordenadas do centro perspectivo no espaço objeto;

M_{ij} : elementos da matriz de rotação (k , ϕ , ω);

x', y' : coordenadas dos pontos no espaço imagem;

Então foram posicionados quatro pontos de controle (TABELA 1 – pontos 1 a 4) na área de estudo e dois pontos de verificação (TABELA 1 – pontos 5 e 6). Os pontos de controle foram posicionados nas extremidades do terreno. Os pontos de verificação foram posicionados entre os pontos de controle. Os pontos de controle e verificação (TABELA 1) estão no sistema de projeção UTM no fuso 23 e hemisfério Sul, tendo como sistema de referência o SIRGAS2000.

Depois de realizado o aerolevanteamento, utilizou-se do *software* Agisoft Photoscan versão 1.42 para a confecção da ortofoto. Os pontos de controle foram utilizados no processamento das imagens (TABELA 1) e em seguida foram realizados o alinhamento e a triangulação dos pontos homólogos presentes nas fotografias, gerando o modelo digital de superfície e, posteriormente, a ortofoto da área de estudo.

Classificação supervisionada

Posteriormente foi realizada a classificação supervisionada no *software* QGIS 3.10.0 usando o método Mínima Distância, o que permitiu identificar as falhas presentes no plantio.

Para o aprendizado do algoritmo supervisionado, foram coletadas 20 amostras para a classificação e 12 amostras para verificação das classes de interesse, foram selecionadas duas classes, sendo uma delas para a identificação da cultura de soja e a outra

Tabela 1 – Pontos de Controle e Verificação

Ponto	Este (m)	Norte (m)	Altitude geométrica (m)	Desvio Padrão E (m)	Desvio Padrão N (m)	Desvio Padrão h (m)
1	362615,326	7532686,034	938,651	0,003	0,004	0,007
2	362528,377	7532687,702	938,621	0,004	0,004	0,006
3	362594,085	7532761,747	929,264	0,003	0,003	0,008
4	362503,832	7532751,198	930,503	0,002	0,006	0,011
5	362583,128	7532686,661	938,645	0,004	0,004	0,009
6	362564,280	7532756,762	929,477	0,003	0,004	0,006

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

para as falhas. As falhas correspondem ao solo exposto visto que as plantas estavam em fase final de crescimento, então não foi possível a visualização do solo entre as linhas de plantio, como mostra a Figura 2.

A fim de validar a classificação realizada, foi gerada a matriz de confusão e usando as equações 3 e 4 foi calculado o índice Kappa e a exatidão global. Os coeficientes calculados pelo índice Kappa são qualificados com base na tabela desenvolvida por Landis e Koch em 1977 (MOREIRA, 2001) (TABELA 2).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \quad (3)$$

em que:

- K = Coeficiente Kappa;
- N = Número de observações (pontos amostrais);
- r = Número de linhas na matriz de erro;
- X_{ii} = Observações na linha i e coluna i;
- X_{i+} = Total marginal de linha i;
- X_{+i} = Total marginal de coluna i.

$$EG = \frac{A}{N} * 100 \quad (4)$$

em que:

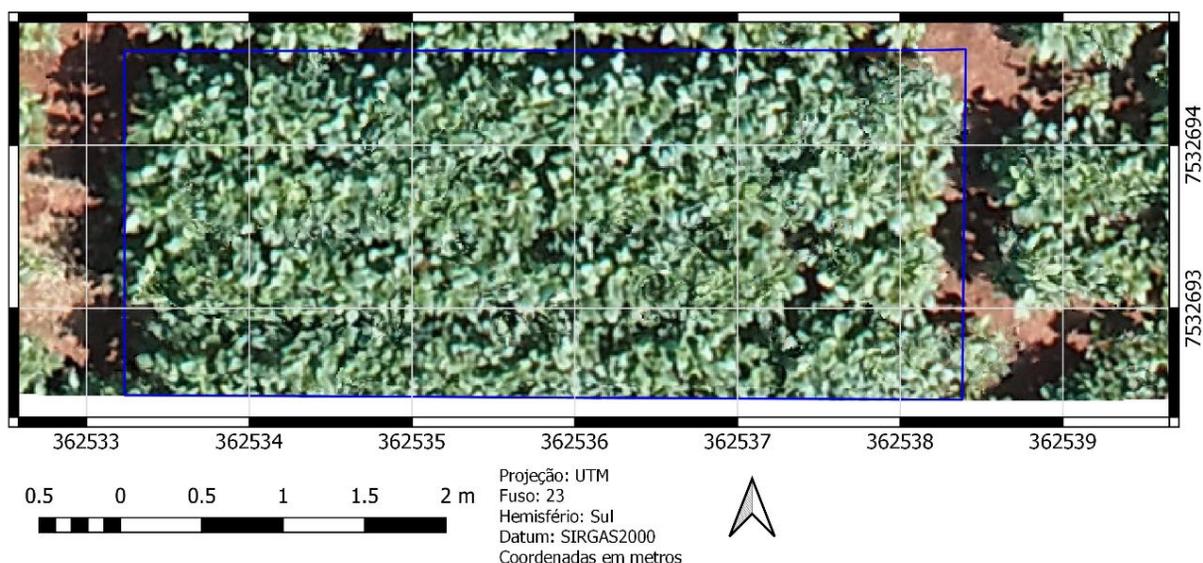
- EG = Exatidão global;
- A = Acerto geral (pontos amostrais com acerto);
- N = Número de ponto amostrais.

Tabela 2 – Índice Kappa adaptado de Moreira (2001)

Varição do Índice Kappa	Concordância
Menor que 0,20	Pobre, Ruim
Entre 0,21 e 0,40	Fraca, Razoável
Entre 0,41 e 0,60	Moderada, Boa
Entre 0,61 e 0,80	Muito Boa
Entre 0,81 e 1,00	Excelente

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Figura 2 – Verificação da cobertura vegetal



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Identificação de falhas

Ao finalizar a classificação, foi realizada a divisão da imagem classificada. Foi criada uma imagem para cada parcela dos três experimentos (VCU1 – Precocidade, VCU2 – Precocidade e VCU2 – Produtividade).

Foi desenvolvido um algoritmo usando o software Octave versão 6.3.0, o algoritmo fez uma varredura nas imagens das parcelas de cada experimento, foi identificada a quantidade de *pixels* classificados como soja e a quantidade de *pixels* classificados como falhas, o que possibilitou gerar o percentual de falhas presente em cada parcela.

Análise de Variância (ANAVA)

Depois de realizada a quantificação de falhas em cada parcela para cada experimento, foi realizada a análise de variância (ANAVA) e as médias comparadas pelo Teste de Scott-Knott

(1974) a 5 % de probabilidade, utilizando o *software* SISVAR 4.3 (FERREIRA, 2011).

Resultados e discussão

Aerolevantamento

Uma ortofoto com resolução espacial de 1,15 cm foi gerada ao finalizar o aerolevantamento (FIGURA 3).

Desta maneira, foi possível realizar a classificação supervisionada pelo método proposto. Com a classificação finalizada, verificou-se para toda a área de estudo que a classe com cultura da soja (FIGURA 4 – cor verde) está em 74,84 % da área e os outros 25,16 % estão com as falhas (FIGURA 4 – cor vermelha).

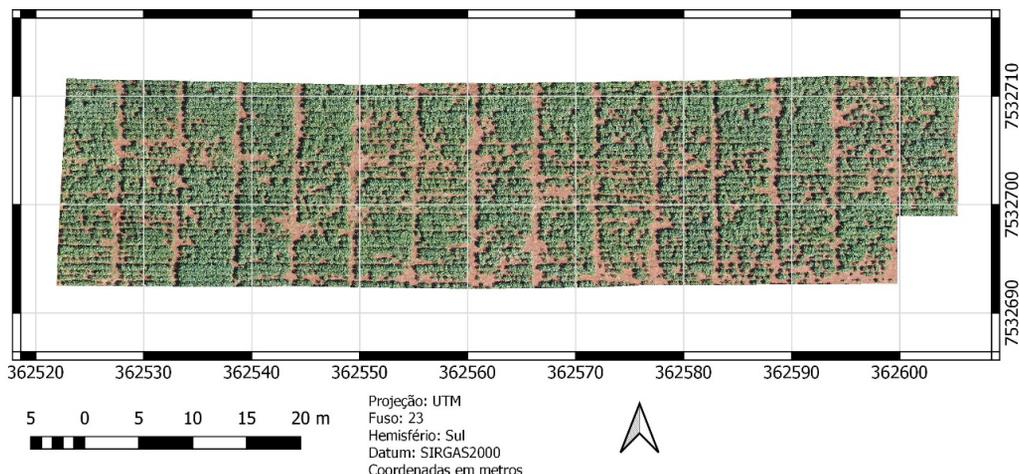
Porém, buscando consolidar os resultados e no intuito de validar a classificação da ortofoto, gerou-se a matriz confusão (TABELA 3)

Tabela 3 – Matriz de confusão (valores em *pixels*)

	Soja verificação	Solo verificação	Total
Soja	90.487	87	90.574
Solo	1.618	65.015	66.633
Total	92.105	65.102	157.207

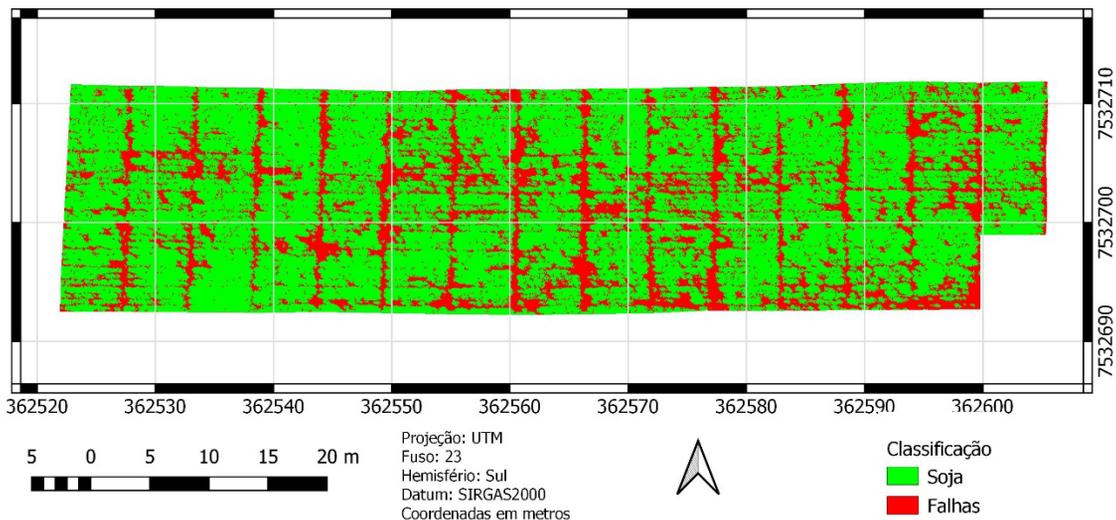
Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Figura 3 – Área de estudo



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Figura 4 – Área de estudo classificada (verde: soja; vermelho: falhas)



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

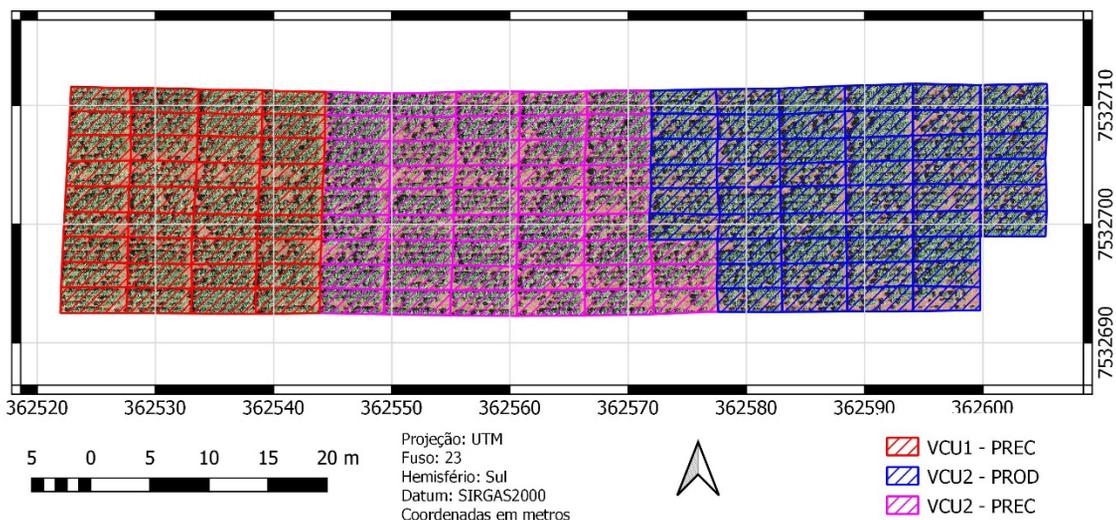
e conseqüentemente o índice kappa e o coeficiente global.

O índice kappa resultante da classificação foi de 0,9777. Segundo Moreira (2001), valores de Kappa entre 0,8 e 1,0 são tidos como excelentes. O coeficiente global que aponta a exatidão da classificação foi de 98,92 % que também foi coerente e satisfatória, sendo que quanto mais próximo de 100 % melhor será o coeficiente global.

Identificação de falhas

Após realizada a classificação e a validação da classificação, a ortofoto classificada foi subdividida em três blocos (FIGURA 5), a cor vermelha representa o experimento VCU1 – precocidade, a cor magenta representa o experimento VCU2 – precocidade e a cor azul representa o experimento VCU2 – produtividade, então foi contabilizado o percentual de falhas para cada uma das parcelas de cada experimento.

Figura 5 – Divisão da área de estudo (vermelho: VCU1 – PREC; magenta: VCU2 – PREC; azul: VCU2 – PROD).



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Tabela 4 – Médias do percentual de falhas para o experimento VCU1 – precocidade

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
F3:6 PREC 95R51	14,07 %	A
F3:6 PREC M 6410 OPRO	14,12 %	A
F3:6 PREC 10	14,70 %	A
F3:6 PREC 13	15,40 %	A
F3:6 PREC BMX Desafio RR	15,44 %	A
F3:6 PREC TMG 7067 IPRO	16,09 %	A
F3:6 PREC 8	16,62 %	A
F3:6 PREC 15	19,95 %	A
F3:6 PREC 17	20,63 %	A
F3:6 PREC 9	22,58 %	A
F3:6 PREC M 5947 IPRO	31,64 %	B
F3:6 PREC 14	34,65 %	B
Média Geral		19,66 %
CV(%)		30,20

*As médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott-Knott (1974).

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Análise de variância (ANAVA)

Quando avaliado o percentual de falhas para o experimento VCU1 – precocidade, foram encontradas diferenças significativas (TABELA 4). Houve uma variação de 24,18 % nas falhas. As variedades F3:6 PREC 95R51, F3:6 PREC M 6410 OPRO, F3:6 PREC 10, F3:6 PREC 13, F3:6 PREC BMX Desafio PR, F3:6 PREC TMG 7067 IPRO, F3:6 PREC 8, F3:6 PREC 15, F3:6 PREC 17 e F3:6 PREC 9 tiveram menor percentual de falhas e as variedades F3:6 PREC M 5947 IPRO e F3:6 PREC 14 apresentaram maior percentual de falhas.

Quando avaliado o percentual de falhas para o experimento VCU2 – precocidade, foram encontradas diferenças significativas (TABELA 5). Houve uma variação de 27,19 %. As variedades S0:3 Prec 2, F3:5 Prec 33, F3:5 Prec 27, F3:5 Prec 45, S0:3 Prec 4, apresentaram menor percentual de falhas e as variedades Teste M6410, F3:5 Prec 31, Teste M5917, Teste

95R51, Teste ANTA 82, S0:3 Prec 1, F3:5 Prec 28, Teste M5947, Teste NS 7300, S0:3 Prec 6 e S0:3 Prec 5 tiveram maior percentual de falhas.

Quando avaliado o percentual de falhas para o experimento VCU2 – produtividade, não foram encontradas diferenças significativas entre si (TABELA 6). Houve variação de 26,08 %.

Conclusão

O experimento VCU1 – Precocidade teve a menor média de falhas quando comparado aos demais experimentos, tendo um percentual de falhas de 19,66 %, enquanto o experimento VCU2 – produtividade teve um percentual intermediário de 26,05 % e o experimento VCU2 – precocidade teve um percentual de 28,25 % sendo o maior dos três experimentos. Contudo o experimento VCU2 – produtividade foi o único que não teve diferenças significativas entre as parcelas.

Tabela 5 – Médias do percentual de falhas para o experimento VCU2 – precocidade

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
S0:3 Prec 2	15,71 %	A
F3:5 Prec 33	15,95 %	A
F3:5 Prec 27	19,62 %	A
F3:5 Prec 45	20,37 %	A
S0:3 Prec 4	21,04 %	A
Teste M6410	26,44 %	B
F3:5 Prec 31	27,19 %	B
Teste M5917	28,13 %	B
Teste 95R51	28,80 %	B
Teste ANTA 82	29,41 %	B
S0:3 Prec 1	29,81 %	B
F3:5 Prec 28	32,94 %	B
Teste M5947	36,11 %	B
Teste NS 7300	38,29 %	B
S0:3 Prec 6	39,21 %	B
S0:3 Prec 5	42,90 %	B
Média geral:		28,25 %
CV (%) =		28,53

*As médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott-Knott (1974).

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Tabela 6 – Médias do percentual de falhas para o experimento VCU2 – produtividade

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Teste P98Y30	15,16 %	A
Teste TMG2185	20,07 %	A
Teste P98Y11	20,68 %	A
Teste P98Y12	20,94 %	A
F3: 5 PROD 139	21,46 %	A
F3: 5 PROD 85	21,55 %	A
F3: 5 PROD 73	21,85 %	A
Teste CZ 48B 32 IPRO	22,99 %	A
S0: 3 PROD 1	25,53 %	A
Teste M8210	25,80 %	A
S0: 3 PROD 2	27,66 %	A
F3: 5 PROD 97	28,63 %	A
S0: 3 PROD 10	29,12 %	A
F3: 5 PROD 98	33,90 %	A
S0: 3 PROD 3	40,25 %	A
S0: 3 PROD 5	41,24 %	A
Média geral:		26,05 %
CV (%) =		36,33

*As médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Scott-Knott (1974).

Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Referências

CATANI, R. **Monitoramento temporal da cultura da soja através do sensoriamento remoto com a utilização de um RPA**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CHAVES, A. A.; LA SCALEA, R. A. Uso de VANTs e processamento digital de imagens para a quantificação de áreas de solo e de vegetação. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, 17, João Pessoa-PB, Brasil, **Anais...** João Pessoa: 2015, v. 25.

COELHO, L.; BRITO, J. N. (Ed.). **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro: Editora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2007. 196 p.

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

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2001.

SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Washington D.C., v. 30, n. 3, p.507-512, 1974.