

Processo de segmentação de imagens e identificação de falhas na cultura da soja utilizando o algoritmo ckMeans

Daniel C. de Souza¹, Nilmar de C. Bastiani¹, Leonardo Koga¹, Luís D. de N. Martins¹, Rogério R. de Vargas¹, Alexandre Russini¹

¹Laboratório de Sistemas Inteligente e Modelagem (LabSIM) – Universidade Federal do Pampa Campus Itaqui (Unipampa)

Rua Joaquim de Sá Britto, n/s - Promorar – 97.650-000 – Itaqui – RS – Brasil

{danielciro6, nc.bastiani, lekogox}@gmail.com, {rogeriovargas, alexandrerussini}@unipampa.edu.br

Abstract. *Agriculture technologies development allowed for better control and productions management systems. The objective this work is to identify faults in a soybean crop cultivated in floodplain areas, through images segmentation process. Images were captured using an unmanned aerial vehicle and processed by ckMeans algorithm, reducing color classes number. In this way, with processing it was possible to identify faults in cultivation lines, errors in management, sowing, germination problems and areas with drainage deficiency. Therefore, use of processed images is a tool that makes management decision making.*

Resumo. *O desenvolvimento de tecnologias destinadas a agricultura, possibilitou melhor controle e gerenciamento dos sistemas de produção. O presente trabalho tem por objetivo identificar falhas em uma lavoura de soja cultivada em áreas de várzea, por meio do processo de segmentação de imagens. As imagens foram capturadas com auxílio de um veículo aéreo não tripulado e processadas pelo algoritmo ckMeans, com a redução no número de classes de cores. Desta forma, com o processamento foi possível identificar falhas nas linhas de cultivo, erros no manejo, semeadura, problemas de germinação e zonas com deficiência de drenagem. Portanto, a utilização de imagens processadas é uma ferramenta que contribui na tomada de decisão no manejo.*

1. Introdução

O Brasil é o segundo maior exportador da cultura da soja no mundo, ficando atrás dos Estados Unidos da América, com uma produção de 116.996 milhões de toneladas, em uma área cultivada de 35.100 milhões de hectares, com uma produtividade em torno de 3.333 kg ha⁻¹, conforme safra 2018/2019 [Embrapa 2018]. Essa produção concentra-se nos estados do centro oeste e sul do país. O maior produtor concentra-se no em Mato Grosso, seguido do Paraná e Rio Grande do Sul, sendo o terceiro maior produtor de soja brasileiro, com 14% da produção nacional, com área cultivada de 5,692 milhões de hectares e produtividade de 2.981 kg ha⁻¹ [Embrapa 2018].

Atualmente a cultura soja tem expandido para áreas de terras baixas também denominadas de áreas de várzea como alternativas aos produtores de arroz irrigado em

função de diferentes fatores inerentes ao processo de produção. A alta infestação de plantas daninhas, alto custo de produção e preços baixos do produto, fizeram com que a monocultura do arroz irrigado fosse repensada [Concenço et al. 2017]. Existe um potencial para uso destas áreas para outros fins, adotando sistemas de rotação e sucessão de culturas, com a finalidade de tornar a atividade orizícola mais sustentável. Porém, para implantar outros cultivos, principalmente de sequeiro, tais áreas requerem manejos imprescindíveis como drenagem superficial do solo, irrigação adequada e identificação de genótipos adaptados ao ambiente [Tambara et al. 2015]. Essa deficiência natural de drenagem dos solos de várzea consiste no principal fator limitante para as culturas de sequeiro em áreas de várzea originada de diferentes fatores [Piefitt et al 201].

Por meio do monitoramento, é possível **quantificar as áreas de produção**, realizar análise fitossanitária, estimar a capacidade de produção ou até mesmo identificar **áreas que apresentam falhas de cultivos que muitas vezes são oriundas da qualidade de sementes, desuniformidade na distribuição de sementes ou por plantas invasoras [Reynadol et al. 2016]. Por meio do** sensoriamento remoto de imagens de satélite ou com a utilização de veículos autônomos não tripulados (VANTs) com imagem *in loco* [Longhitano 2011], pode-se realizar o processamento de uma imagem para identificar um determinado item no cultivo utilizando filtragem de cores [Lulio 2017]. Esta filtragem também pode ser realizada por meio de um algoritmo específico, como, por exemplo, o ckMeans, onde trata-se de uma imagem multispectral que tem como objetivo avaliar mapas temáticos digitais gerados, além de ressaltar a potencialidade do método no campo do sensoriamento remoto [Vargas 2017].

Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo identificar falhas em uma lavoura comercial de soja cultivada em áreas de várzea, por meio do processo de segmentação de imagens em três grupos de cores e altitude.

2. Materiais e Métodos

O trabalho foi conduzido em uma área sistematizada de cultivo comercial de arroz irrigado em rotação com soja, durante o ano agrícola de 2018/2019, no município de Itaqui, localizado na Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul (29° 10' 09,17" S; 56° 34' 21,35" O; 55 m), sendo o solo classificado como PLINTOSSOLO Háplico distrófico [Santos et al. 2013], característico de áreas de solo de várzea. A semeadura da soja foi realizada em sistema de sulcos após preparo convencional de solo seguido de nivelamento. As imagens foram capturadas no estágio fenológico V3, por meio de um veículo aéreo não tripulado (Vant), tipo Drone Phantom 3 Pro, equipado com sistema de posicionamento global (GPS), nas altitudes de 50, 75 e 100 metros. As imagens foram processadas pelo algoritmo ckMeans [Vargas e Bredegal 2010], disponível em <http://www.labsim.unipampa.edu.br/ckMeans>.

O ckMeans é um algoritmo de processamento de imagens que consiste de um conjunto $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ dividido em p grupos onde cada grupo é representado por uma cor conforme determinado por Vargas et al. (2017), μ_{ij} é o grau de pertinência da amostra x_i ao j -ésimo cluster e o resultado do agrupamento expresso pelos graus de pertinência na matriz μ . Busca encontrar conjuntos nos dados, minimizando a função objetivo está demonstrada na Equação (1):

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^p \mu_{ij}^m d(x_i; c_j)^2 \quad (1)$$

Onde:

n : é o número de dados;

p : é o número de clusters considerados no algoritmo o qual deve ser decidido antes da execução;

$m > 1$: é o parâmetro da *fuzzificação*;

x_i : um vetor de dados de treinamento, onde $i = 1, 2, \dots, n$. Cada posição no vetor representa um atributo do dado;

c_j : é o centro de um agrupamento *fuzzy* ($j = 1, 2, \dots, p$);

$d(x_i; c_j)$: é a distância.

A entrada do algoritmo são os n dados, o número de clusters p e o valor de m . Os consistem em:

1. Inicia-se com μ , um valor aleatório contínuo que varia entre zero (nenhuma pertinência) e um (pertinência total), onde a soma das pertinências deve ser um;

2. O calculo do centro do cluster j : no qual se cria uma nova matriz μ , denominada de μC em que os valores 1 ou 0. Cada linha da nova matriz tem 1 na posição do maior valor dessa linha na matriz μ e zero nas demais posições da linha. Quando uma coluna da matriz μC , for toda com zeros, se atribui o valor 1 na posição correspondente ao maior valor dessa mesma coluna na matriz μ .

O algoritmo *ckMeans* retorna uma matriz μC conforme é mostrado na Equação (2). Ou seja, μC é a matriz enquanto μC_{ij} é o conteúdo dessa matriz na posição (ij) .

$$\mu C_{ij} = \max \left(\left\lfloor \frac{\mu_{ij}}{\max_{l=1}^p \mu_{il}} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{\mu_{ij}}{\max_{l=1}^n \mu_{il}} \right\rfloor \right) \quad (2)$$

Na função *max* são convertidos os dois argumentos no maior número inteiro que seja menor ou igual ao seu valor real. A primeira argumentação faz com que cada dado tenha o valor 1 no cluster ao qual pertence com maior grau de pertinência e grau de pertinência zero nos demais. A segunda argumentação tem por objetivo que o maior grau de cada coluna (cluster) seja 1, para que se garanta que todo cluster tenha pelo menos um elemento. Dessa forma, em raras ocasiões, pode acontecer que uma linha tenha mais de um valor 1 (o que não ocorre o algoritmo *K-Means* original), mas como esta matriz é apenas auxiliar, não ocasionará qualquer transtorno.

Os passos do algoritmo para calcular o μC_{ij} é realizado da seguinte forma:

- Leitura de μ ;
- E em cada linha é encontrado o maior valor da matriz μ atribuindo valor 1 a essa mesma posição em μC e zero nas posições restantes;
- O armazenamento em um vetor a quantidade de 1's que cada coluna de μC possui.

Se uma coluna não tiver 1's marque sumariamente com 1 a posição onde está o maior valor. Após calculada a matriz μC calculam-se os novos centros dos clusters conforme a Equação (3).

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \mu_{C_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \mu_{C_{ij}}} \quad (3)$$

O c_j é calculado pelo somatório dos dados que pertencem ao cluster (de forma crisp) e dividido pela quantidade de objetos classificados como 1 na matriz μ_C deste cluster.

3. Calcule um valor inicial para J usando a Equação (1);
4. Calcule a tabela da função de pertinência fuzzy μ conforme mostrado na Equação (4).

$$c_j = \frac{\left(\frac{1}{d(x_i; c_j)} \right)}{\sum_{k=1}^p \left(\frac{1}{d(x_i; c_k)} \right)^{2/m-1}} \quad (4)$$

5. Retornar a etapa 2 até que uma condição de parada seja alcançada.

Algumas condições de parada possíveis são:

- Um número de iterações pré-fixado for executado;
- O usuário informa um valor de parada $\varepsilon > 0$, e se $d(J_U; J_A) \leq \varepsilon$ então para, onde J_A é a função objetivo (Equação (1)) calculada na iteração anterior e J_U é a função objetivo da última iteração.

Uma vez que o algoritmo *ckMeans* retorna uma matriz na qual cada linha possui o grau de pertinência do pixel aos clusters, faz-se necessário converter a matriz de pixels em um vetor coluna. Sendo assim, monta-se a imagem para tornar possível a interpretação dos padrões obtidos pelo algoritmo de agrupamento.

O algoritmo de pós processamento recebe esta matriz (denominada matriz C) e verifica qual grupo o pixel tem maior grau de pertinência. Para facilitar o processamento a matriz C é convertida em vetor coluna S. Os passos do algoritmo são descritos a seguir:

1. Avalia o conteúdo da matriz C e cria uma matriz nula M de mesma dimensão da Matriz C;
2. Procura em cada linha o grupo ao qual o pixel possui maior grau de pertinência;
3. Na matriz M, atribui valor 1 à posição do maior grau de pertinência e zero às demais posições.
Nota-se que assim é obtida uma matriz binária (com valores 0 e 1), onde cada linha possui apenas um valor 1, ou seja, o pixel está associado à apenas um agrupamento. Este procedimento é descrito a seguir e para melhor entendimento, a Figura 2 esquematiza todo o processo pelo qual a imagem é submetida, desde o pré até o pós-processamento;
4. Cada uma das colunas da Matriz M é transformada em uma nova matriz, ou seja, de M originam-se três novas matrizes contendo valores 0 e 1;

5. As três matrizes são multiplicadas pelo escalar 255, originando assim as três bandas da imagem (*Red, Green e Blue*);
6. As bandas são novamente unidas e a imagem está completamente montada.

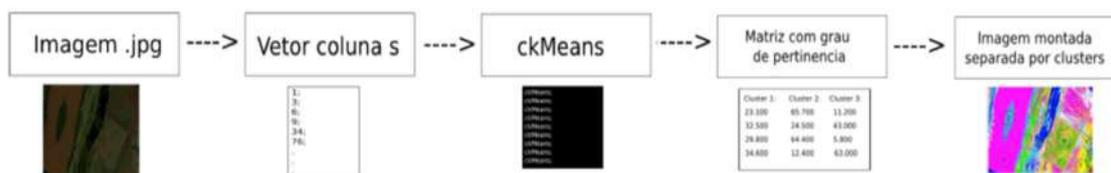


Figura 1. Tarefa realizada pelo algoritmo de pré-processamento.

3. Resultados e discussão

A Figura 2 apresenta a imagem capturada à 50 m de altitude com o processamento em 3, 4 e 5 grupos (cores) pelo algoritmo. Os parâmetros de entrada do algoritmo ckMeans foram $\varepsilon = 0,01$, $p = 3$, $p = 4$ e $p = 5$ (grupos) e m (fuzzificação).

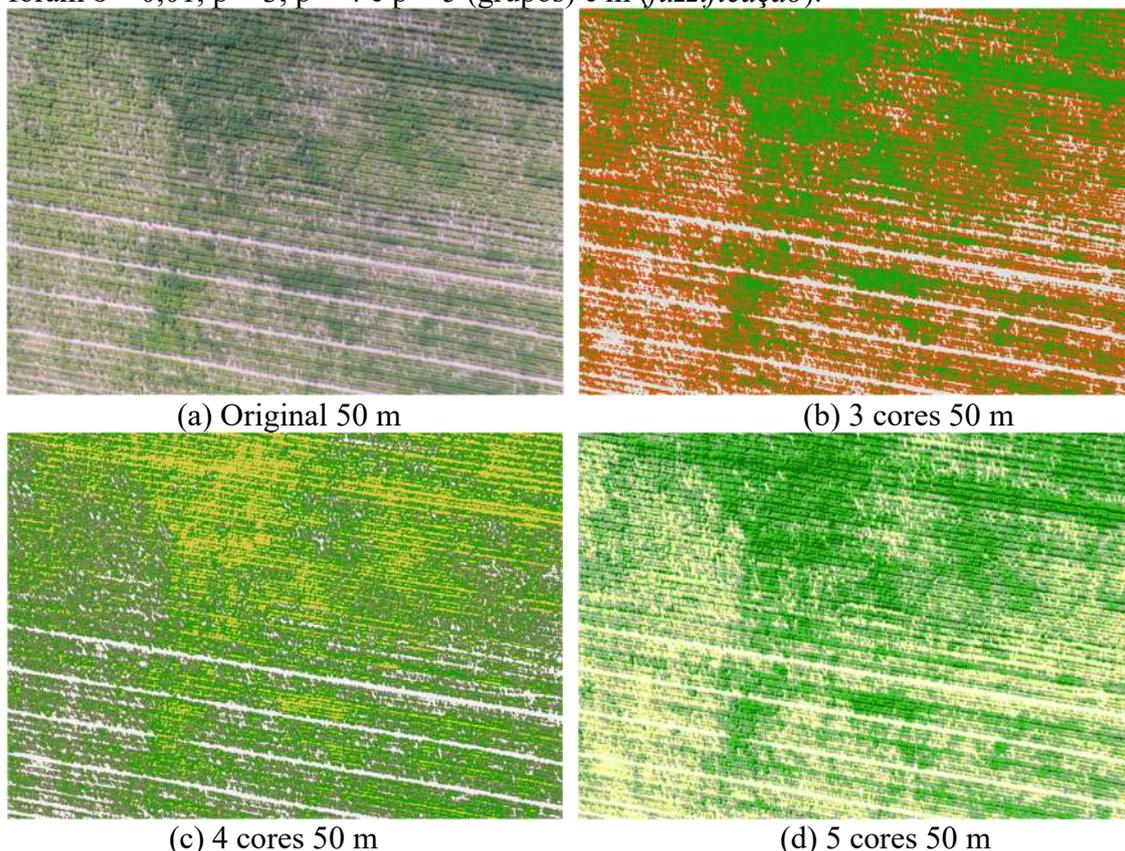


Figura 2. Imagem original (a), imagem processada em 3 cores (b), imagem processada em 4 cores (c) e imagem processada em 5 cores (d).

Observou-se as falhas linhas de semeadura, decorrente de problemas de semeadura e estabelecimento inicial da cultura, bem como o desenvolvimento desuniforme das plantas nos estádios vegetativos seguintes devido a deficiência de

drenagem do solo. Nota-se que os sulcos destinados a irrigação e drenagem se destacam devido a ausência de cobertura vegetal, confirmando que pontos de mesma cor (tonalidade), nas linhas se caracterizam a ausência de plantas.

No processamento em 4 cores as falhas são menos visíveis, porém as diferenças no desenvolvimento na cultura da soja são mais aparentes. Neste sentido, a ausência, e a desuniformidades no desenvolvimento de plantas facilitam surgimento e desenvolvimento de plantas daninhas que pode ocasionar uma competição com a cultura reduzindo o tamanho das plantas influenciando no enchimento de grão, reduzindo consequentemente a produtividade da cultura.

No processamento com 5 cores observa-se com maior intensidade a vegetação, os sulcos de irrigação e drenagem mais aparentes, em relação os grupos.

A Figura 3 apresenta a imagem capturada à 75 m de altitude com o processamento em 3, 4 e 5, em grupos de cores e, com os mesmos parâmetros de entrada no algoritmo da figura 2.

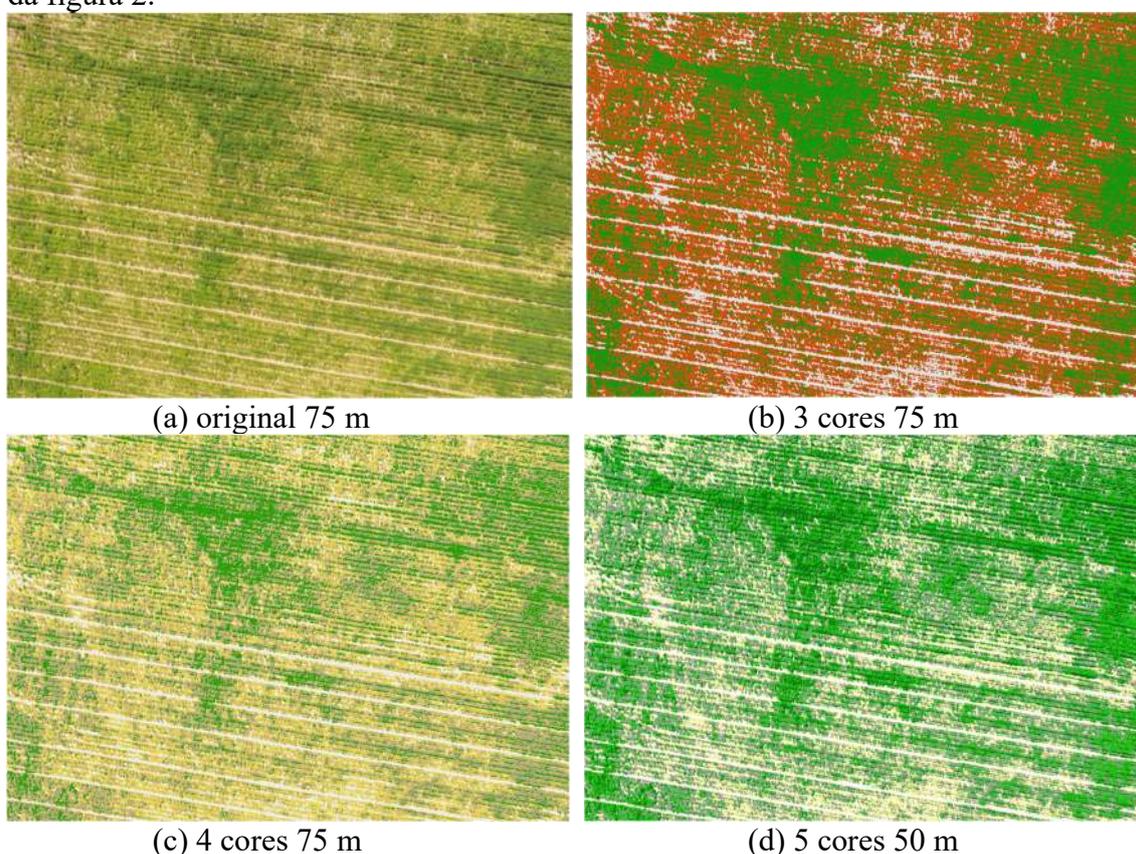


Figura 3. Imagem original (a), imagem processada em 3 cores (b), imagem processada em 4 cores (c) e imagem processada em 5 cores (d).

No aumento da altura da captura da imagem nota-se uma diferença na visualização da imagem, nas quais as falhas apresentam-se menores em relação a imagem original da figura 2. No processamento em 3 cores, é possível observar os sulcos de irrigação e drenagem e nota-se ausência de cobertura vegetal, confirmando que pontos de mesma cor (tonalidade), nas linhas se caracterizam a ausência de plantas, como na imagem da figura

2. Outro ponto a ser observado é o aumento da área capturada com a aumento da altitude da tomada da imagem. Mas os mesmos casos de falhas são observados.

Já no processamento em 4 cores, observou-se que houve um o aumento da área capturada, uma menor área de falhas, porém, porém as diferenças no desenvolvimento na cultura da soja são mais visíveis.

No processamento com 5 grupos de cores a visualização dos sulcos são ainda maiores e melhores de serem visualizados em relação a Figura 2.

Na Figura 4 apresenta a imagem capturada à 100 m de altitude com o processamento em 3, 4 e, em grupos de cores, com os mesmos parâmetros de entrada no algoritmo da figura 2 e 3.

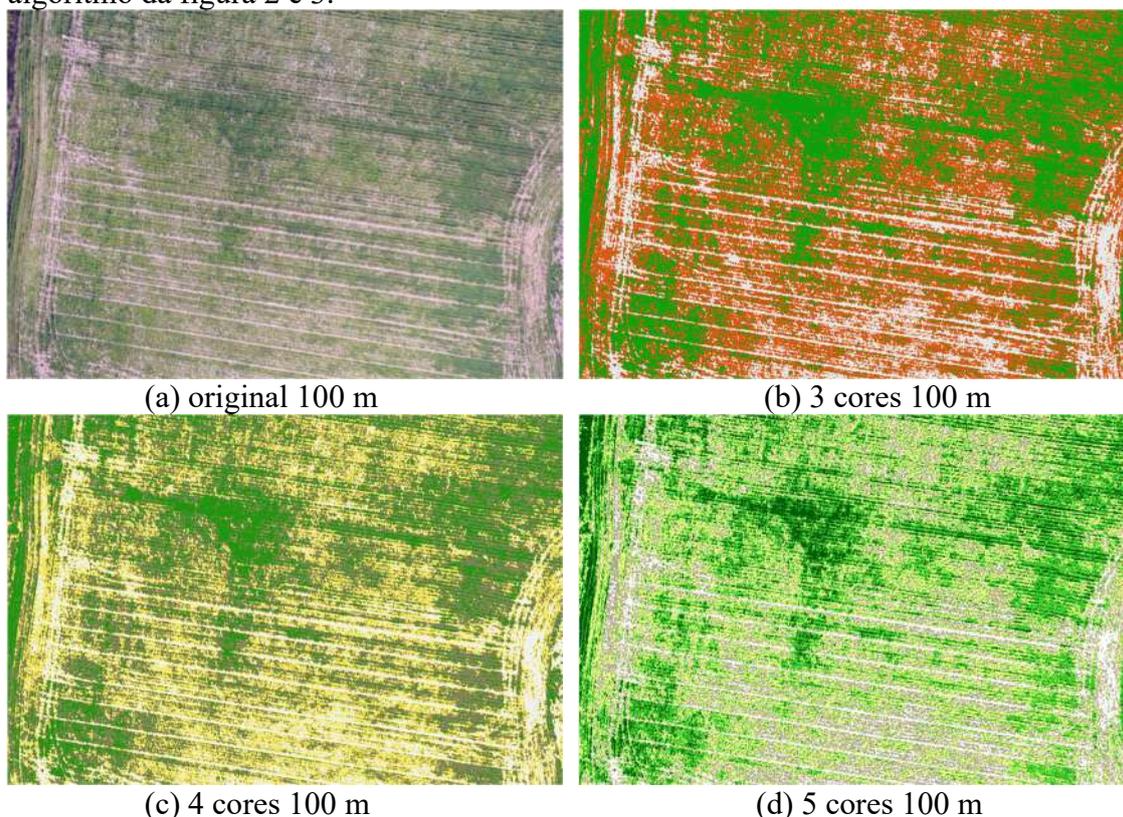


Figura 4. Imagem original (a), imagem processada em 3 cores (b), imagem processada em 4 cores (c) e imagem processada em 5 cores (d).

Com o aumento da altitude, houve um aumento a área capturada para processamento e em relação as Figuras 2 e 3. Quanto maior o número de grupos de cores melhor a visualização das falhas em cada imagem processada, e também com esses grupos pode-se observar as desuniformidades, conforme já mencionado.

4. Conclusão

As imagens processadas permitiram visualizar ausência de plantas nas linhas de cultivo, provenientes de problemas na semeadura e germinação, que interferem diretamente no estande inicial de plantas, bem como o desenvolvimento desuniforme de plantas decorrentes da deficiência de drenagem, comuns em áreas de várzea. Portanto, o

processamento de imagens se apresenta como mais uma ferramenta no intuito de auxiliar a tomada de decisão no manejo e planejamento, permitindo desta forma que áreas de várzea possam ser utilizadas com cultura da soja e com rendimentos significativos. Quanto maior a altura e a quantidade de cores processadas, maior é a visualização de falhas na plantação.

Referências

- Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. (2018) Soja em números: safra2017/2018. <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>, Março.
- Concenço, G. et al. (2017) Produtividade da soja no Rio Grande do Sul: Genética ou Manejo? Revista Cultivar Grandes Culturas, n. 221, v. 18.
- Lulio, L. C. Processamento de imagens como soluções práticas ao agronegócio. Jornal da USP. (2017) Disponível em: <https://jornal.usp.br/artigos/processamento-de-imagens-como-solucoes-praticas-ao-agronegocio/>, Março.
- Melo, R. W. et al. (2004) Indicadores de produção de soja no Rio Grande do Sul comparados ao zoneamento agrícola. *Pesq. agropec. bras.* vol.39 no.12, Brasília. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004001200002>
- Parfitt, J. M. B. et al. (2017) Irrigação e drenagem para cultivo de soja e milho. In: Emygdio, B. M.; Rosa, A. P. S. A. da; Oliveira, A. C. B de. (ed. téc.). Cultivo de soja e milho em terras baixas do Rio Grande do Sul. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, cap.3, p. 45-78.
- Santos, H. G. dos. et al. (2013) Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 353p.
- Reynaldo, E. F. et al. (2017) Influência da velocidade de deslocamento na distribuição de sementes e produtividade de soja. *Engenharia na agricultura*, Viçosa, v.24 n.1. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v24i1.634>
- Tarama, A. L. et al. (2015) Desempenho de cultivares de soja na fronteira oeste do Rio Grande do Sul. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*. <http://seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/view/15538>
- Vargas, R. R. et al. (2017) Algoritmo ckMeans Aplicado ao Sensoriamento Remoto. *Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics*, v. 5, n. 1. DOI: <https://doi.org/10.5540/03.2017.005.01.03>
- Vargas, R.; Bedregal, B. (2010) A Comparative Study Between fuzzy c-means and ckMeans Algorithms. In: *Proc. Conf. North American Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS 2010)*, Toronto, Canada.