

1 Introdução

A cana-de-açúcar é uma cultura agrícola de importância mundial, sendo produzida em mais de 70 países. O Brasil ocupa lugar de destaque mundial no setor sucroenergético, sendo responsável por mais de 25% da produção mundial de cana-de-açúcar. Produção esta que lhe confere o primeiro lugar no mundo na produção de cana-de-açúcar e de açúcar. O Brasil também é destaque na produção de etanol e vem conquistando o mercado externo com esse biocombustível como alternativa energética (Nocelli et al., 2017:19; Matoso et al., 2020:7261).

A indústria sucroalcooleira brasileira para se manter como mercado promissor e em constante expansão precisa estar constantemente se atualizando e incorporando novas tecnologias, porque sofre com o protecionismo global do açúcar e no caso do etanol depende do preço internacional do petróleo, que é bastante volátil e às vezes controlado artificialmente (Farina et al., 2018:30). Como exemplo de novas tecnologias está o uso de subprodutos como o bagaço e a palhada da cana-de-açúcar, que antes eram descartados e hoje são importantes insumos para cogeração de energia elétrica e para produção de etanol de segunda geração pela hidrólise da celulose e hemicelulose (Trombeta & Caixeta, 2017:479).

A cana-de-açúcar permite vários cortes a partir de um mesmo plantio (Junqueira & Morabito, 2017:407), mas perde produtividade ao longo dos anos, por isso, depois de em torno de cinco a oito cortes (cinco a oito anos), é necessário renovar o canavial (Gomes & Bajay, 2017:9). Portanto, é importante que o canavial esteja bem formado e sem falhas de plantio, e que os tratamentos culturais nesse período sejam adequados para não impactar na produtividade ao longo do período de vida do canavial.

No caso das falhas de plantio, dependendo de sua magnitude, convém ao produtor promover sua correção, realizando replantio a fim de obter boa produtividade por vários anos. Por isso, identificar e mapear as falhas nas lavouras de cana-de-açúcar é de suma importância para a rentabilidade e sustentabilidade do sistema. Além dos fatores quantitativos, é importante também considerar a qualidade do plantio da lavoura, observando a uniformidade da brotação das gemas e do perfilhamento, entre outros aspectos (Alves et al., 2015).

Novas tecnologias também estão sendo aplicadas no campo, por meio da agricultura de precisão para melhoria da produtividade e redução de perdas. Como exemplo de agricultura de precisão, na lavoura de cana-de-açúcar, existem diversos trabalhos sendo desenvolvidos para identificar e mapear falhas de plantio utilizando imagens de VANTs (Alvares et al., 2008; Oliveira, 2020). Em sua grande maioria, os trabalhos de identificação de falhas em imagens concentram-se na localização de solo exposto na lavoura (Jorge & Inamasu, 2014; BARROS, 2018), conforme exemplo da Figura 1a. No entanto, existem situações em que os locais de falhas estão ocupados por plantas daninhas (Figura 1b). A presença de plantas daninhas nas linhas de cultivo de cana-de-açúcar é um fator que vem a dificultar a identificação das falhas de plantio, uma vez que as plantas daninhas possuem padrões espectrais semelhantes aos da cana-de-açúcar.

O objetivo deste trabalho é fazer a identificação e o mapeamento de falhas de plantio na lavoura da cana-de-açúcar, que estejam ocupadas por plantas daninhas em imagens capturadas a partir de VANTs, utilizando scripts criados a partir da plataforma ImageJ. Assim será possível quantificar e eleger os locais em que se deve proceder o replantio e ao mesmo tempo eliminar os focos de iniciais de plantas daninhas.

Figura 1 – Falhas de plantio na lavoura de cana-de-açúcar



Fonte: Autores

2 Metodologia

Conforme descrito na seção anterior o objetivo deste trabalho é identificar e mapear os pontos de falhas de plantio ocupados por plantas daninhas, utilizando a plataforma ImageJ. Nesta seção serão descritos o software ImageJ e o procedimento adotado para desenvolver os scripts a serem utilizados nos processos de identificação e mapeamento das falhas. As imagens utilizadas são de um ortomosaico da região de Holambra/SP.

2.1 ImageJ

ImageJ¹ é um software para processamento de imagens para os mais diversos fins, entre eles, a detecção de objetos. Para a detecção de objetos existem diversas técnicas, como seleção por valores de pixels, delinear fronteiras, operações lógicas e aritméticas, entre outras. Muitas dessas técnicas estão incorporadas na ferramenta, isto facilita o uso e a combinação das mesmas, agilizando o processo de desenvolvimento de programas (scripts) para identificação, contagem e mapeamento desses objetos de interesse. O ImageJ é um software livre multiplataforma, que depende somente de ter o Java instalado. Neste trabalho a versão do ImageJ utilizada foi a 1.53k e a versão do Java 1.8.0_172 (64-bit).

2.2 Desenvolvimento

O sistema de identificação e mapeamento de falhas de plantio foi todo baseado em ImageJ, tendo como entrada as imagens a serem analisadas e como saída um relatório com a localização das falhas de plantio na imagem, bem como, sua área e a quantidade aproximada de plantas necessárias para corrigir essas falhas, além de uma saída visual para facilitar a conferência com a imagem original e constatar eventuais erros de identificação. O sistema é composto de 5 módulos (principais) descritos a seguir:

2.2.1 Select

Este módulo seleciona as áreas ocupadas por plantas daninhas, nas quais se deseja fazer o replantio da cana-de-açúcar, isto foi feito em três passos principais:

- a) divisão da imagem original (Figura 3a) em canais;
- b) adição do canal azul ao canal verde;

¹<https://imagej.nih.gov/ij/>

c) seleção do intervalo de valores pixels entre 167 e 227 da soma do canal azul ao canal verde, o resultado poder ser visto na Figura 3b.

2.2.2 Shadow

O objetivo deste módulo é selecionar áreas de sombra, conforme Figura 3c, que muitas vezes se assemelham às áreas com as plantas daninhas e consiste em:

- a) seleção do canal vermelho da imagem original;
- b) seleção do intervalo de valores de pixels entre 78 e 116.

2.2.3 Clean

A saída deste módulo pode ser vista na Figura 3d, que somente apresenta as falhas identificadas, para se chegar a este resultado é necessário:

- a) aplicar o “ou exclusivo (xor)” entre a saída do módulo Select com a saída do módulo Shadow;
- b) fazer a erosão do resultado para despoluir a imagem;
- c) fazer a dilatação por três vezes para destacar os objetos;
- d) selecionar os objetos que tenham área a partir de 300 pixels².

2.2.4 Report

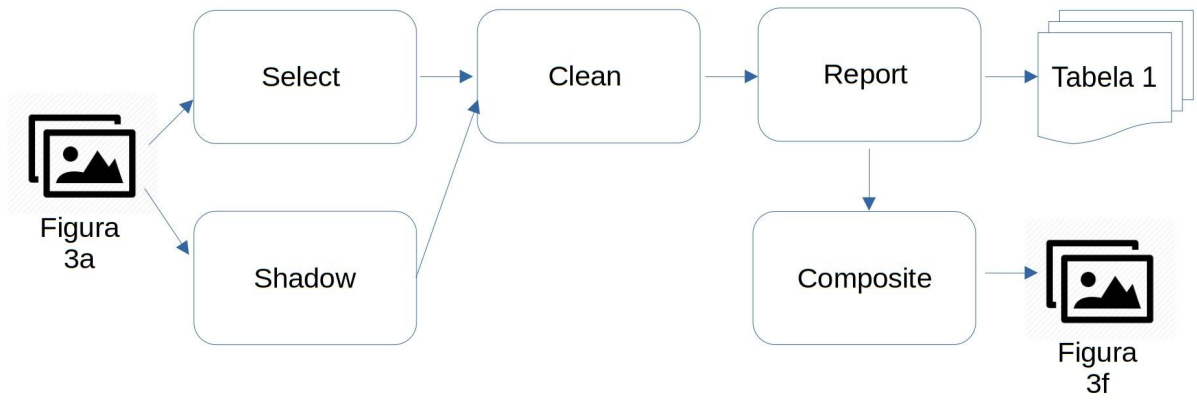
Neste módulo, a localização dos objetos selecionados é disponibilizada na forma de um relatório (Tabela 1), para que seja possível localizar e proceder o replantio sobre as áreas ocupadas pelas plantas daninhas, neste módulo, os objetos são transformados em retângulos para melhor visualização da dimensão das falhas na lavoura, além de os mesmos serem numerados, para associação da falha de plantio com sua localização na imagem (Figura 3e).

A Tabela 1 apresenta os resultados do processo de identificação, sendo o número da falha na imagem apresentado na coluna da Falha e com a mesma é possível fazer a correspondência com as numerações da imagem com os mapeamentos destacados (Figura 3f). A próxima coluna é a Area que contém a área em pixels da falha. As colunas X e Y apresentam a localização da falha na imagem e, neste trabalho, coincidem com o centro de gravidade do objeto (falha) dada pelas coordenadas XM e YM. O ponto identificado pelas coordenadas BX e BY é o canto superior esquerdo do retângulo que representa a falha. As colunas Width e Length correspondem respectivamente o comprimento e a altura do retângulo que representa a falha na imagem. E, finalmente, a coluna Qtde apresenta a quantidade de plantas necessárias para o replantio.

2.2.5 Composite

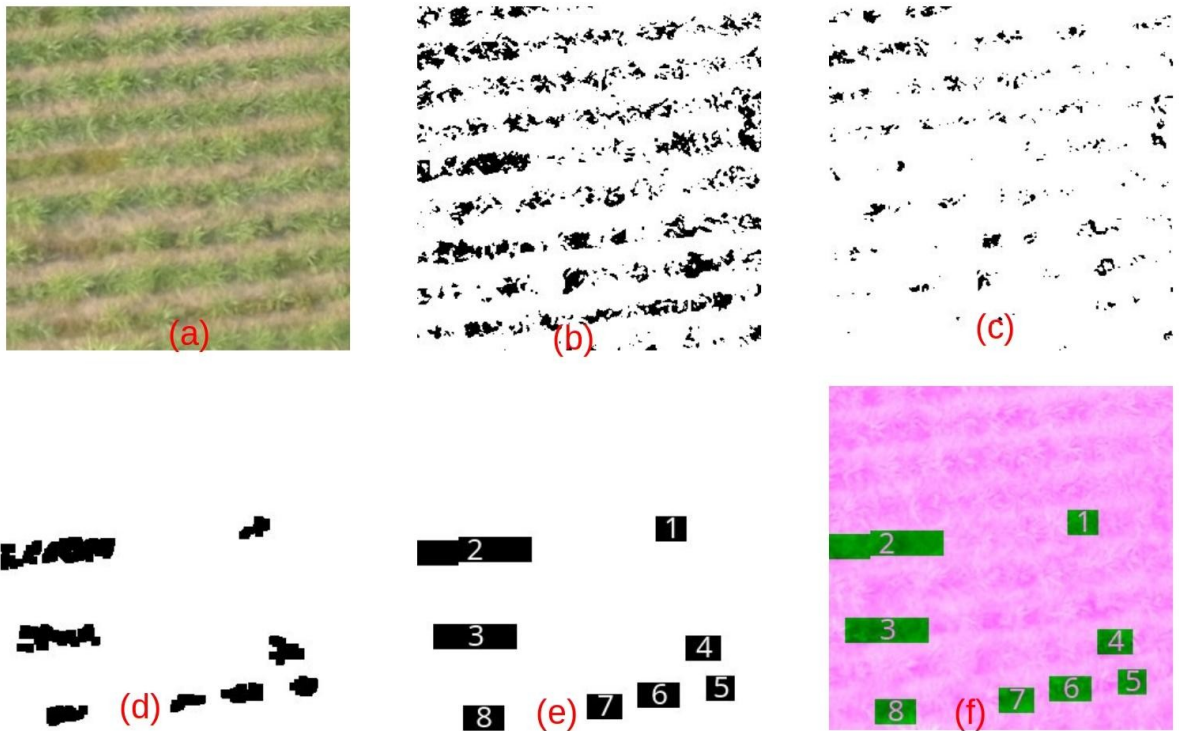
Este módulo faz a junção entre a saída do módulo Report e o canal verde da imagem original para gerar uma imagem com as falhas identificadas em destaque (Figura 3f).

Figura 2 – Fluxograma do Sistema de Identificação de Falhas



Fonte: Autores

Figura 3 – Sequência de passos para obter a imagem com os pontos de falha mapeados.



Fonte: Autores

Tabela 1 – Mapeamento de falhas de plantio identificadas em lavoura de cana-de-açúcar.

Falha	Area	X	Y	XM	YM	BX	BY	Width	Length	Qtde
1	594	221.50	119.00	221.50	119.00	208	108	27	22	1
2	2200	50.00	138.08	50.00	138.08	0	126	100	25	4
3	1606	50.50	213.00	50.50	213.00	14	202	73	22	4
4	682	249.50	223.00	249.50	223.00	234	212	31	22	2
5	550	264.50	258.00	264.50	258.00	252	247	25	22	1
6	814	210.50	264.00	210.50	264.00	192	253	37	22	2
7	682	163.50	274.00	163.50	274.00	148	263	31	22	2
8	792	58.00	284.00	58.00	284.00	40	273	36	22	2

Fonte: Autores

3 Resultados

A partir de outra sub-imagem do ortomosaico da lavoura de cana-de-açúcar foi feita a validação do script produzido na fase de desenvolvimento deste trabalho. Os resultados podem ser vistos na Tabela 2 e Figura 4, demonstrando que o script ImageJ para mapeamento e identificação de falhas de plantio em áreas ocupadas por plantas daninhas apresentou bons resultados.

Existe uma área na Figura 4, que apresenta planta daninha com resposta espectral diferente das usadas para parametrizar o script e que, por isso, não foi identificada. Sendo necessário, portanto, realizar novas seleções; é importante destacar que existem centenas de espécies de plantas daninhas e em diferentes estádios de desenvolvimento e, por isso, o processo de identificação requer sempre novos ajustes e junções dos resultados de novas seleções.

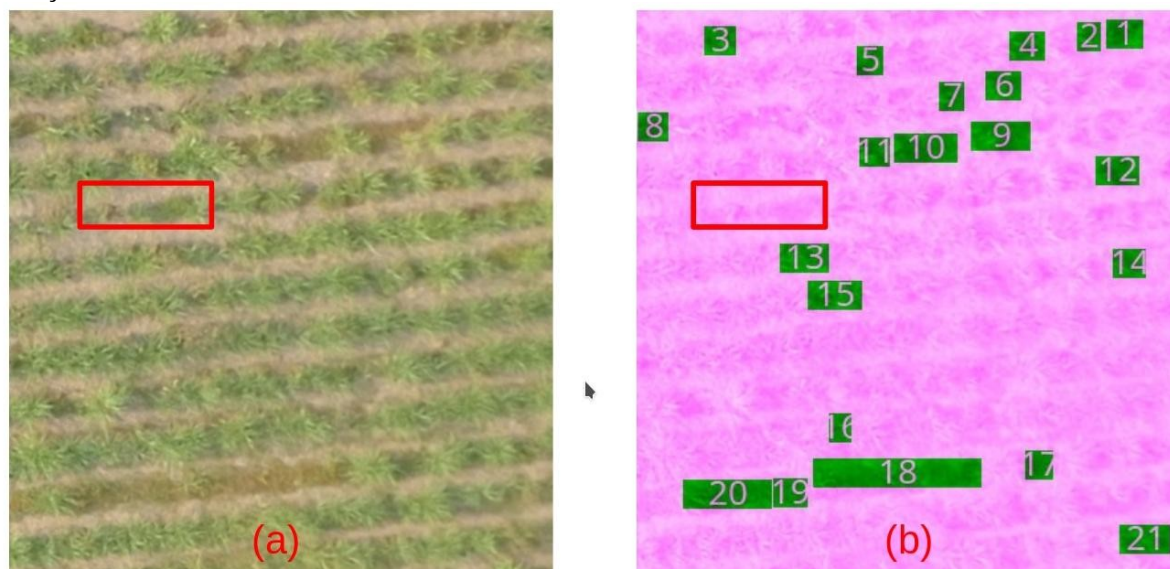
Tabela 2 – Validação do mapeamento de falhas de plantio identificadas em lavouras de cana-de-açúcar.

Falha	Area	X	Y	XM	YM	BX	BY	Width	Length	Qtde
1	616	368.00	18	368.00	18	354	7	28	22	1
2	396	341.00	20	341.00	20	332	9	18	22	1
3	528	63.00	23	63.00	23	51	12	24	22	1
4	594	294.50	27	294.50	27	281	16	27	22	1
5	440	176.00	38	176.00	38	166	27	20	22	1
6	594	276.50	57	276.50	57	263	46	27	22	1
7	418	237.50	65	237.50	65	228	54	19	22	1
8	506	12.50	88	12.50	88	1	77	23	22	1
9	990	274.50	95	274.50	95	252	84	45	22	2
10	1056	218.00	104	218.00	104	194	93	48	22	2

11	506	179.50	107	179.50	107	168	96	23	22	1
12	726	362.50	121	362.50	121	346	110	33	22	1
13	814	126.50	187	126.50	187	108	176	37	22	2
14	550	371.50	191	371.50	191	359	180	25	22	1
15	902	149.50	215	149.50	215	129	204	41	22	2
16	374	153.50	315	153.50	315	145	304	17	22	1
17	462	303.50	343	303.50	343	293	332	21	22	1
18	2794	196.50	349	196.50	349	133	338	127	22	6
19	572	116.00	364	116.00	364	103	353	26	22	1
20	1474	68.50	365	68.50	365	35	354	67	22	3
21	858	383.50	399	383.50	399	364	388	39	22	2

Fonte: Autores

Figura 4 – Validação do mapeamento de falhas de plantio identificadas em lavouras de cana-de-açúcar.



Fonte: Autores

4 Conclusão

Este trabalho apresentou os primeiros resultados do Sistema de mapeamento de falhas de plantio em espaços ocupados por plantas daninhas em lavouras de cana-de-açúcar a partir de imagens obtidas de VANTs. Trata-se de uma proposta que precisa ser validada com um número maior de amostras e o método precisa ser adaptado para um número maior de espécies de plantas daninhas. Contudo já traz boas perspectivas de sua aplicação em situações reais de campo e aborda um problema ainda pouco explorado, uma vez que a maioria dos trabalhos de mapeamento de falhas estão sendo desenvolvidos para atuar em situações de solo exposto.

Em relação a continuidade deste trabalho, além de ampliar as espécies de plantas daninhas identificadas, pretende-se fazer a conversão dos pontos dos mapeamentos para endereçamento

georreferenciado para a efetiva eliminação dos focos de plantas daninhas e o replantio da cana-de-açúcar em uma única operação em campo.

5 Referências

Alvares, C. A., de Oliveira, C. F., Valadão, F. T., Molin, J. P., Salvi, J. V., & Fortes, C. (2008). Sensoriamento Remoto no mapeamento de falhas de plantio em cana-de-açúcar. In *Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão–CONBAP*.

Alves, M. O., Ferreira, R. V., & de Araújo Gallis, R. B. (2015, October). Otimização da Identificação de Falhas de Plantio na Cana-de-Açúcar com Uso de Geoprocessamento. In *X Congresso Brasileiro de AgroInformática*, outubro de 2015.

Barros, J. É. D. N. (2018). *Análise de falhas no cultivo de cana de açúcar a partir de imagens de aeronave remotamente pilotada* (Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco).

Farina, E., Zechin, M. R., de Pádua Rodrigues, A., de Oliveira Belon, J. G., de Sousa, E. L., Kutas, G., ... & de Souza Zilmar, J. (2018). Cenários de desafios no setor Sucroenergético. *AgroANALYSIS*, 38(5), 30-36.

Gomes, J., & Bajay, M. M. (2017). Economicidade da idade de reforma de canaviais. *Revista iPecege*, 3(3), 9-22.

Jorge, L. D. C., & Inamasu, R. Y. (2014). Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão. *Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE)*.

Junqueira, R. D. Á. R., & Morabito, R. (2017). Abordagens de otimização para a programação e sequenciamento das frentes de colheita de cana-de-açúcar. *Gestão & Produção*, 24, 407-422.

Matoso, E. S., Avancini, A. R., Maciel, K. F. K., Alves, M. C., Simon, E. D. T., da Silva, M. T., ... & dos Anjos, S. D. (2020). Influência do uso de um mix de bactérias diazotróficas na biometria e no conteúdo de clorofila de plantas de cana-de-açúcar. *Brazilian Journal of Development*, 6(2), 7261-7274.

Nocelli, R. C. F., Zambon, V., Guilherme, O., da Silva, M., & de Castro Morini, M. S. (2017). Histórico da cana-de-açúcar no Brasil: contribuições e importância econômica. *Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica*, 13.

Oliveira, P. V. D. (2020). Detecção de Linhas e Falhas de Plantio por meio da Associação de um Algoritmo Genético para Multilíngua à Transformada Discreta de Wavelet e Transformada de Hough Probabilística e como Mobile Cloud Computing pode Auxiliar na Melhoria de Desempenho.

Trombeta, N. D. C., & Caixeta, J. V. (2017). Potencial e Disponibilidade de Biomassa de Cana-de-açúcar na Região Centro-Sul do Brasil: indicadores agroindustriais. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 55, 479-496.

Zaelani, A., Kurniajati, W. S., Herlina, H., Martanti, D., & Ahmad, F. (2020). ANALISIS GAMBAR DIGITAL UNTUK SERANGAN PENYAKIT LAYU FUSARIUM DI PISANG MENGGUNAKAN IMAGEJ. *BERITA BIOLOGI*, 19(3A), 335-341.

6 Agradecimentos

Os autores agradecem ao projeto Embrapa-Coplacana 30.19.90.005.00.00 Desenvolvimento de soluções tecnológicas com escopo na recuperação da produtividade da cana-de-açúcar pelo suporte prestado para a realização deste trabalho.