



## GEADA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR EM RIO BRILHANTE - MS

*FROST ON SUGARCANE CROP IN RIO BRILHANTE – MS*

*HELADA EN CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN RIO BRILHANTE – MS*

Jackeline Matos do Nascimento <sup>1\*</sup>, Gedivaldo Oliveira <sup>2</sup>, Jean Carlo Frozza Viana <sup>3</sup>, Lucinete Regina Colombo <sup>4</sup>, Mailson Vieira Jesus <sup>5</sup>, & Mateus Luiz Secretti <sup>6</sup>

<sup>1 2 3 4 5 6</sup> UNIGRAN - Centro Universitário da Grande Dourados

<sup>1\*</sup> [jackeline\\_ms@yahoo.com](mailto:jackeline_ms@yahoo.com) <sup>2</sup> [gedi\\_oliveira@hotmail.com](mailto:gedi_oliveira@hotmail.com) <sup>3</sup> [jean94carlo@gmail.com](mailto:jean94carlo@gmail.com) <sup>4</sup> [lucinete.colombo@unigran.br](mailto:lucinete.colombo@unigran.br)  
<sup>5</sup> [mailson.jesus@unigran.br](mailto:mailson.jesus@unigran.br) <sup>6</sup> [mateus.secretti@unigran.br](mailto:mateus.secretti@unigran.br)

### ARTIGO INFO.

Recebido: 17.07.2023

Aprovado: 25.08.2023

Disponibilizado: 10.10.2023

**PALAVRAS-CHAVE:** *Saccharum officinarum*; clima; NDVI.

**KEYWORDS:** *Saccharum officinarum*; climate; NDVI.

**PALABRAS CLAVE:** *Saccharum officinarum*; clima; NDVI.

\*Autor Correspondente: Nascimento, J. M., do.

### RESUMO

O município de Rio Brilhante, no estado de Mato Grosso do Sul é o segundo em área plantada de cana-de-açúcar do Brasil. A safra de 2021/22 apresentou queda de 10,60%, devido, principalmente, à geada e estiagem. Este trabalho constituiu-se em procedimentos para monitorar os danos causados pela geada nos meses de junho e julho de 2021, em lavouras de cana-de-açúcar. Foram utilizadas imagens de satélites de alta resolução fornecendo dados espectrais precisos para o monitoramento e estimativa da área de cultivo da cana-de-açúcar afetada por consequência da geada. Para obter tal resultado, utilizamos a tecnologia de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), que indica a atividade de crescimento da vegetação e tem uma forte correlação com a matéria seca. O experimento foi conduzido em dez fazendas no município, antes e depois da ocorrência da geada. As variáveis avaliadas foram: mortalidade de gemas; brotação lateral; isoporização de entrenós; e NDVI. Os efeitos da ocorrência da geada na cultura que puderam ser observados com mais frequência, foi a morte da gema apical. Na isoporização não foi observado nenhum dano significativo. As imagens de NDVI foram de suma importância para realização desta análise.

### ABSTRACT

The municipality of Rio Brilhante, in the state of Mato Grosso do Sul, is the second largest sugarcane planted area in Brazil. The 2021/22 harvest showed a drop of 10.60%, mainly due to frost and drought. This work consisted of procedures to monitor the damage caused by

frost in the months of June and July of 2021 in sugarcane crops. High-resolution satellite images were used, providing accurate spectral data for monitoring and estimating the sugarcane cultivation area affected by frost. To obtain this result, we used Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) technology, which indicates vegetation growth activity and has a strong correlation with dry matter. The experiment was conducted on ten farms in the aforementioned municipality, before and after the frost. The variables evaluated were: bud mortality; lateral sprouting; insulation of internodes; and NDVI. The effect of the occurrence of frost on the crop that could be observed most frequently was the death of the apical bud. No significant damage was observed when isolating. The NDVI images were extremely important for carrying out this analysis.

### RESUMEN

El municipio de Rio Brilhante, en el estado de Mato Grosso do Sul, es la segunda mayor área plantada de caña de azúcar en Brasil. La cosecha 2021/22 cayó un 10,60%, principalmente por las heladas y la sequía. Este trabajo consistió en procedimientos para monitorear los daños ocasionados por heladas en los meses de junio y julio de 2021, en cultivos de caña de azúcar. Se utilizaron imágenes satelitales de alta resolución, que proporcionaron datos espectrales precisos para monitorear y estimar el área de cultivo de caña de azúcar afectada por las heladas. Para obtener este resultado, utilizamos la tecnología NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), que indica la actividad de crecimiento de la vegetación y tiene una fuerte correlación con la materia seca. El experimento se realizó en diez fincas del municipio, antes y después de la ocurrencia de las heladas. Las variables evaluadas fueron: mortalidad de yemas; brotación lateral; isoporización de entrenudos; y NDVI. El efecto de la ocurrencia de heladas en el cultivo que se pudo observar con mayor frecuencia fue la muerte de la yema apical. En la isoporización no se observaron daños significativos. Las imágenes NDVI fueron de suma importancia para este análisis.



## 1. INTRODUÇÃO

Em 2001 o estado de Mato Grosso do Sul passou a ser um grande financiador do processo de crescimento canavial e interveio de forma direta no preço das terras proporcionando, assim, boas situações para instalação de indústrias do ramo, bem como a expansão do país através do setor sucroalcooleiro (Domingues, 2010).

A partir do ano de 2003, houve uma grande expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Brasil, guiada pelo aumento da demanda do etanol e de fontes de energia alternativa pelos demais (Gilio & Morales, 2016). Do ano citado até meados de 2016, a área plantada com cana-de-açúcar, praticamente duplicou no país, incorporando cerca de novos 4,9 milhões de hectares (IBGE, 2021).

A região Centro-Oeste assumiu uma posição de crescimento frente à produção canavieira, se tornando a segunda maior produtora no país (Meurer et al., 2015, Demattê et al., 2014). O estado de Mato Grosso do Sul apresenta condições climáticas favoráveis para tal cultivo, com áreas mais extensas e planas, as quais facilitam as operações por meio da mecanização e o fato de serem regiões localizadas próximas aos principais mercados consumidores. (Granco et al., 2015).

Com duas unidades sucroenergética em operação, Rio Brilhante destina 97 mil hectares de área para o cultivo da cana-de-açúcar, sendo a segunda maior área plantada de cana no país. Em 2018, a moagem da matéria-prima no município somou 7,8 milhões de toneladas (Duarte, 2011).

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma cultura perene, produzindo por 4 a 6 anos. Nota-se certa facilidade em sua implantação e manejo, atingindo rendimentos de massa verde superiores a 120 t/ha/ano, com maturação durante o período seco. A produtividade e longevidade são reguladas por diversos fatores, dentre os quais destacam-se: variedade escolhida, fertilidade do solo, condições climáticas, práticas culturais, controle de pragas e doenças e método de colheita. A adequação desses fatores de produção é importante para a maximização da produção e longevidade do canavial (Townsende, 2015).

Dentre os fatores climáticos, a geada é fator que influencia diretamente no desenvolvimento das plantas de cana. De acordo com a CONAB (2021) em Mato Grosso do Sul, fatores climáticos adversos como uma estiagem ocorrida entre maio e junho de 2021, bem como a intensa geada registrada na primeira semana de julho e o período de estiagem na sequência prejudicaram o rendimento das lavouras. A produção brasileira de cana-de-açúcar na safra 2021/22 registrou um total de 585.2 milhões de toneladas, volume que representa uma queda de 10,60% em relação à colheita anterior 2020/21.

A meteorologia a ocorrência de geada, quando há deposição e formação de gelo sobre plantas e objetos expostos ao relento. Isso ocorre quando a temperatura do ar atinge 0 °C e tem umidade na atmosfera (Rossi et al., 2016). Os autores ainda afirmam que a mesma, se trata de um fenômeno atmosférico que provoca a morte das plantas ou de suas partes



(folhas, caule, frutos, ramos) acarretando congelamento de tecidos vegetais podendo haver gelo sobre a planta.

Na atualidade, são utilizadas ferramentas com a função tecnológica do controle de produtividade, sustentabilidade do sistema e otimização de recursos e lucros. Uma dessas ferramentas é conhecida como Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), utilizado para o sensoriamento remoto, auxiliando em práticas de manejo e reconhecimento das áreas cultivadas, além de possibilitar a determinação do índice de vegetação, por meio da leitura da refletância nas bandas do infravermelho próximo e vermelho, relacionados à atividade fotossintética. Com isso, é possível monitorar e determinar o acúmulo de biomassa das culturas. Em resumo, é medida a quantidade de refletância das folhas, em que quanto mais verde a folha maior sua refletância, sendo possível analisar a nutrição da planta, sanidade, *déficits* hídricos e outros (Fontana et al., 2019).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da geada na cultura da cana-de-açúcar, em dez fazendas na região de Rio Brilhante, Mato Grosso do Sul, analisando fatores de interferência e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em 10 (dez) fazendas localizadas no município de Rio Brilhante/MS conforme tabela abaixo:

**Tabela 1.** Fazendas amostradas seguidas e coordenadas dos pontos amostrais.

Fazenda	Latitude	Longitude
Esteio	21°27'27,0"S	56°36'54,0"W
São Carlos	21°38'08,3"S	54°46'13,7"W
Duas Marias	21°40'20,2"S	54°33'29,7"W
Proteção	21°43'33,6"S	54°44'04,1"W
Pitanga	21°44'52,3"S	54°30'45,9"W
Celeiro II	21°33'45,7"S	54°38'50,5"W
Passa Tempo	21°29'25,9"S	54°44'14,8"W
Sossego	21°25'32,7"S	54°44'57,4"W
Dallas	21°19'48,9"S	54°39'11,1"W
Estreito P11	21°31'24,1"S	54°38'50,5"W

Segundo Fietz et al. (2017), o tipo de classificação climática de Köppen, característico da região do estudo, é Cwa (Clima mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos). As chuvas, no verão, são praticamente diárias e as médias dos totais mensais variam de 145 mm, em fevereiro, a 180 mm, em dezembro.

Para avaliação do NDVI, foram analisados pontos de amostragem em duas etapas, a primeira antes da ocorrência da geada no dia 10 de julho de 2021, e a segunda após a ocorrência, no dia 18 de agosto de 2021. Para cada fazenda, foram tomados de 4 (quatro) a 5 (cinco) pontos por talhões, distribuídos de maneira a representar a totalidade do talhão.

Em cada ponto amostral foram tomadas 5 (cinco) plantas de cana, cortando o ponteiro no sentido longitudinal. Foi avaliada a qualidade das gemas laterais de cima para baixo no colmo, removendo-as e observando ocorrência de escurecimento desse ponto. Caso, a coloração observada fosse marrom ou preta, consideramos que a gema lateral estava morta.



No caso de não se observar morte das primeiras 5 (cinco) gemas laterais, consideramos que não houve morte de gemas laterais do colmo.

Foram analisadas as gemas apicais por meio de corte longitudinal. Observadas a coloração da região de crescimento, caso a coloração observada seja marrom ou preta, consideramos mortas as gemas apicais. O critério de avaliação se deu da forma em que 0 (azul) – não afetado –, 1 (verde) com queima de folhas e sem morte de gemas, 2 (amarelo) com morte de gemas apicais, 3 (vermelho) com morte de gemas apicais e laterais.

Em observação aos mapas, apresentamos uma construção por séries temporais NDVI, a partir da banda vermelha e infravermelho provenientes dos satélites Landsat-8 e Sentinel. Utilizamos as bandas espectrais de acordo com o cálculo de Rouse et al. (1974), em que os índices de vegetação NDVI foram as bandas vermelha (RED) e infravermelha próxima (NIR) cuja fórmula utilizada foi:

$$NDVI = (NIR - RED) \div (NIR + RED)$$

Segundo a United States Geological Survey - USGS (2020) para cada satélite existe a banda de cores, no caso do satélite Landsat 8, as bandas 4 e 5 são utilizadas para o cálculo do índice de vegetação NDVI, sendo a banda 4 RED e banda 5 NIR. Para o satélite Sentinel, são as bandas 3 (RED) e 8 (NIR).

Para realizar os processamentos de imagens e extrair as informações precisas das ocorrências, foi utilizado o software QGIS. Ele é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU. O QGIS é um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo).

Foi conduzida uma análise multivariada de redundância (RDA), a fim de explorar relações lineares entre mortalidade de gemas; brotação lateral; isoporização de entrenós; NDVI (matriz de variáveis respostas); e os pontos e variedades (matriz de variáveis explicativas), sendo a significância da relação linear, testada usando 1.000 permutações. Para tal, foi utilizado o *software* XLSTAT (AddinSoft, 2019).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão dispostos os dados climáticos da cidade de Rio Brilhante/MS no ano de 2021, onde teve a ocorrência de geadas na região, sendo que em 20 de julho foi registrado uma temperatura mínima de -2,20 °C e dia 29 chegou a -2,60 °C. Já no mês de junho, foi registrado, no dia 29, temperatura de 1,60 °C e no dia 30, chegou a -3 °C (CEMTEC, 2021).

Vale ressaltar, que a temperatura até 30 °C aumenta a taxa fotossintética da cana-de-açúcar, porém, temperaturas abaixo de 15 °C ocasionam inibição da fotossíntese e do crescimento vegetativo. Sendo assim, plantas com metabolismo C4 são raras em locais onde as temperaturas são inferiores a 16 °C (Sales et al., 2013).

Entretanto, variedades de cana podem apresentar diferentes sensibilidades ao frio até determinadas temperaturas. A temperatura no estágio de brotação das gemas afeta o número de colmos, o crescimento e a produção final de colmos industrializáveis. Relata-se



que todas essas variáveis apresentam maiores valores quando a temperatura se encontra em torno de 30 °C, enquanto temperaturas mais baixas do que 20 °C e mais elevadas do que 35 °C resultam em valores menores. A temperatura mínima para a emergência da cana-de-açúcar é de 12 °C (Tatoo et al., 2017).

Tabela 1. Dados Climáticos do ano de 2022 em Rio Brillhante/MS.

Climate Data						
Mês	Temp. Max.	Temp. Mín.	Umidade Max.	Umidade Mín.	Precipitação mm	Ocorrência Geada
Janeiro	14,50	19,50	97,6	38	505	No
Fevereiro	37,5	12,9	97,4	22	71	No
Março	36,90	15,40	96,13	22	53	No
Abril	35,60	6,70	93,9	22	31	No
Mai	34,70	2,60	94,7	21	0	No
Junho	34,20	-3	95,4	22	76	Yes
Julho	35,20	-2,60	89,3	12	0	Yes
Agosto	38,60	5	80,7	11	38	No
Setembro	41,6	12,6	85,4	12	30	No
Outubro	40	13	93,8	24	148	No
Novembro	37,5	15,5	93,6	25	153	No
Dezembro	3,40	14,60	93,1	19	46	No

Fonte: CEMTEC/MS, 2021.

No mapeamento utilizando a tecnologia NDVI, foi possível constatar a diferença no vigor vegetativo das plantas de cana-de-açúcar, quando antes da ocorrência da geada, o canavial apresentou valores superiores de refletância, em todas as bandas, apontando plantas mais vigorosas do que 30 dias após a geada, quando os valores foram inferiores a Figura 1 e 2 apresentam os resultados do NDVI antes e após a ocorrência da geada.

Figura 1. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) antes ocorrência da geada.

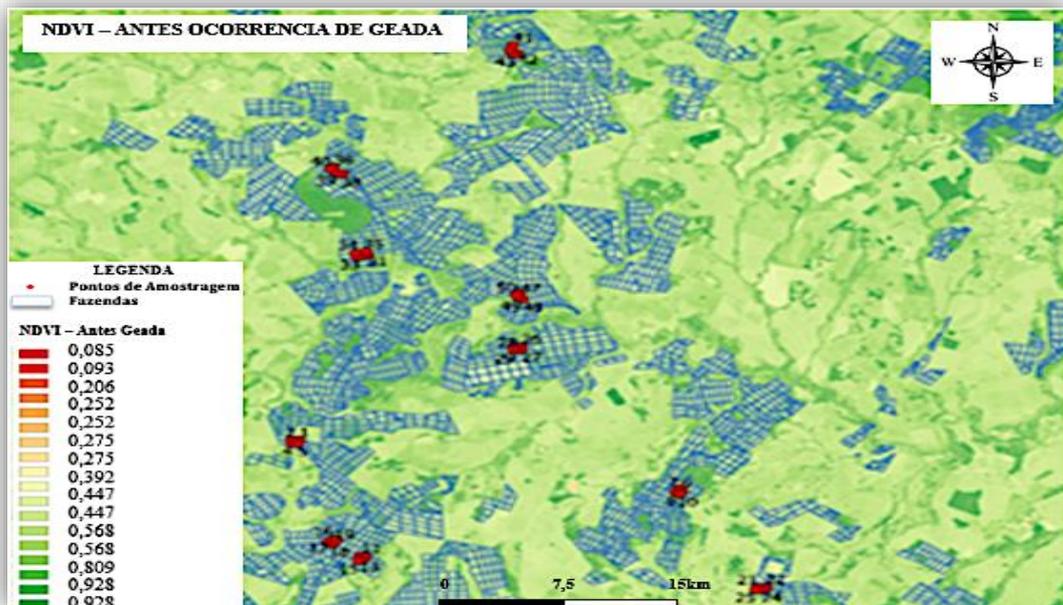
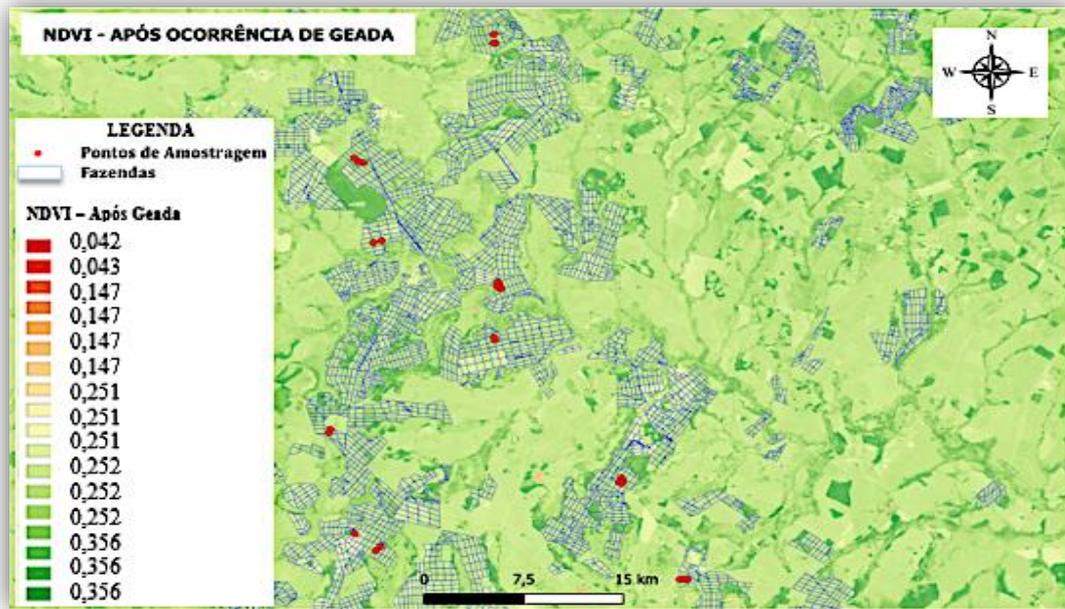


Figura 2. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) após 30 dias de ocorrência da geada.



O espectro de refletância de uma folha verde normal em um intervalo de 400 nm e 2500 nm, pode ser subdividido em três regiões espectrais: visível; infravermelho próximo; e infravermelho de ondas curtas. No visível, a refletância é muito baixa (vermelho e azul), apresentando pico em 550 nm, ou seja, uma significativa diminuição de absorção, a qual explica o motivo da vegetação ser vista na cor verde. Este é causado por duas bandas de absorção da clorofila, centradas em aproximadamente 450 nm e 650 nm.

Quando a absorção está em aproximadamente 700 nm, passa então para a região de infravermelho próximo, inicia-se elevação da refletância, sendo este ponto chamado *red edge* ou borda vermelha, considerado o limite entre a absorção pela clorofila no vermelho e o espalhamento do infravermelho próximo, causado pela estrutura interna das folhas. Na região espectral do infravermelho próximo entre 700 nm e 1300 nm, as folhas verdes saudáveis demonstram altos valores de refletância (45-50%), alta transmitância (45-50%) e baixa absorção (menos de 5%) (Hoffer, 1978).

Robinson et al. (2014) afirmam que a massa seca da cana-de-açúcar é composta por 0,3% a 2,0% de nitrogênio. Entende-se que tal quantidade está presente na constituição de aminoácidos, proteínas, amidas, ácidos nucleicos, nucleotídeos e enzimas. Nas folhas, uma fração desse nitrogênio é direcionada para o metabolismo fotossintético, na construção de fotorreceptores (clorofilas) e das enzimas de carboxilação, a ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco) e a fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPC), assim, a disponibilidade de nitrogênio é relacionada com a capacidade fotossintética, bem como a produtividade da planta ao longo do seu desenvolvimento (Marchiori et al., 2014).

Slovaková et al. (2011) dividem as plantas quanto ao seu grau de sensibilidade ao frio sendo: plantas sensíveis (geralmente abaixo de 15 °C, sendo prejudicadas pelo frio); plantas resistentes (capazes de tolerar o frio, entretanto, sofrem danos quando o gelo é formado em



seus tecidos); e plantas resistentes ao congelamento (capazes de tolerar temperaturas muito baixas,  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Com base nisso, entende-se que plantas de metabolismo C4, como é o caso da cana-de-açúcar, necessitam de condições térmicas elevadas para alcançarem eficiência na fotossíntese.

O ciclo C4 pode ser dividido em três fases: carboxilativa, descarboxilativa e regenerativa. O  $\text{CO}_2$  atmosférico é fixado no citoplasma das células do mesófilo através da reação catalisada pela PEPcase (fase carboxilativa), tendo o ácido oxaloacético. Após a sua formação, malato ou aspartato são exportados para as células da bainha perivascular, onde são expostos a reações de descarboxilação. O malato é quebrado, liberando uma molécula de  $\text{CO}_2$ , que é fixado pela Rubisco e transformado em açúcares (Kerbaudy, 2019).

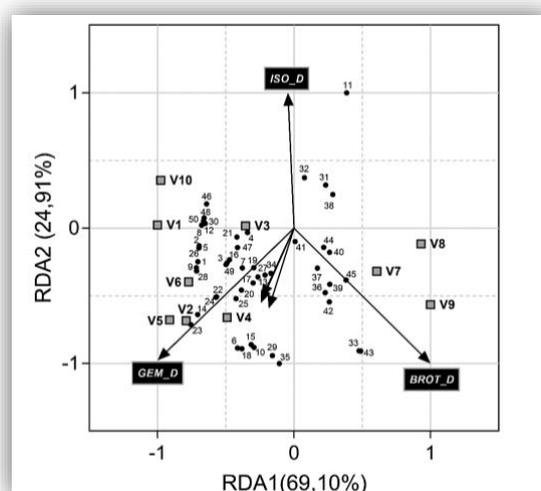
A Rubisco corresponde a 50% da proteína foliar solúvel em folhas C3, já nas plantas C4 e CAM, a sua quantidade é apenas 25% da proteína foliar solúvel, enquanto a PEPcase corresponde a 10% da proteína foliar solúvel nas plantas C4 e CAM (Kerbaudy, 2019).

Portanto, com a variação do NIR em comparação com a luz vermelha, foi possível identificar relação com o vigor das plantas. Sendo assim, verificamos que houve mudança de coloração nas folhas do canavial nas regiões afetadas pela geada, provando que o NDVI, é uma tecnologia na agricultura que pode auxiliar no manejo das lavouras com precisão.

Ficou constatado que o monitoramento dos parâmetros avaliados foi de extrema importância para identificar a qualidade e produtividade da cultura. Para isso, realizou-se aprofundamento na análise por meio da dependência espacial, a fim de verificar o padrão de relação entre os parâmetros (Figura 3).

A relação entre as variáveis explicativas (variedades e pontos amostrais) e de resposta (isoporização, morte de gemas e brotação lateral) são refletidas pelos ângulos entre os vetores. Além disso, as variáveis são mais representativas, ao eixo correspondente em observação, quanto mais os vetores se afastam do centro de origem.

**Figura 3.** Triplot da análise de redundância entre isoporização (ISO\_D), morte de gemas (GEM\_D) e brotação lateral (BROT\_D) das variedades (V1, V2, V3... V10) de cana-de-açúcar afetadas após a geada, nos pontos amostrados (dispersão de pontos).



De maneira geral, a gema apical e a brotação lateral das variedades com maiores scores foram 90109001, CTC6, CTC4, IACSP955000, B867510 e CTC15, nos eixos RDA1 e RDA2, respectivamente. Quanto às variáveis respostas, no RDA1, as que mais contribuíram para a construção do eixo foram brotação lateral após a geada (*BROT\_D*) e mortalidade de gemas após a geada (*GEM\_D*), no RDA2 foi isoporização de entrenó após a geada (*ISO\_D*).

Assim, forma-se a estrutura modelada de relação das variáveis seguidas pelo sinal de direção da correlação entre as mesmas e os eixos: RDA1 [1<sup>-</sup> 9<sup>-</sup> 14<sup>-</sup> 23<sup>-</sup> 28<sup>-</sup> V1<sup>-</sup> V2<sup>-</sup> V5<sup>-</sup> V6<sup>-</sup> V10<sup>-</sup> *GEM\_D*<sup>-</sup> V8<sup>+</sup> *BROT\_D*<sup>+</sup>], RDA2 [6<sup>-</sup> 10<sup>-</sup> 15<sup>-</sup> 18<sup>-</sup> 29<sup>-</sup> 33<sup>-</sup> 35<sup>-</sup> 43<sup>-</sup> V4<sup>-</sup> V6<sup>-</sup> 11<sup>+</sup> *ISO\_D*<sup>+</sup>]. As demais variáveis tiveram menores ou não expressaram relativas contribuições na construção dos eixos, bem como na análise de interações.

Na Figura 3 foi possível observar que as variedades 90109001, CTC15, CTC6 e CTC4 foram as que apresentaram maior dano, com a gema apical morta após a geada, e as variedades RB966928, IACSP955000 e CTC20 foram as que tiveram maior ocorrência de brotação lateral. Outros dados não foram afetados pela geada.

Segundo Monteiro (2009), as fortes geadas promovem morte das gemas do caule, resultando assim na invasão de patógenos, diminuindo a sacarose e a sua pureza, aumentando a acidez da planta. A minimização das perdas ocorre com a antecipação do corte, os canaviais mais jovens são deixados no campo para o desenvolvimento das novas brotações, substituindo assim os colmos atingidos pelo frio intenso.

Em relação à geada, a isoporização ocorre em função da indução floral. Baixas temperaturas na cultura da cana inibe o florescimento e, com isso, a formação de novos internódios é interrompida, podendo assim, iniciar o processo de isoporização (Miranda et al., 2008).

A dominância apical é uma resposta ao balanço entre auxina e citocinina, sendo que a auxina é produzida no ápice e translocada para a base na planta, já a citocinina é produzida nas raízes e tem movimento acropetal. Com a eliminação do ápice caulinar, ocorre o acúmulo de citocininas nas gemas laterais, promovendo seu desenvolvimento (Kerbaudy, 2019).

As auxinas, giberelinas e citocininas ativam a expressão e síntese de proteínas necessárias para mudanças de fases do ciclo celular. O estresse pelo frio induz a síntese de ácido abscísico (ABA). Esse fitormônio atua nas respostas de plantas ao estresse, como regulador primário na iniciação e na manutenção da dormência de sementes e de gemas. O ABA influencia muitos aspectos do desenvolvimento da planta, atuando como antagonista de auxina, citocinina e giberilinas.

Uma planta sob estresse, inclusive de temperatura, pode induzir a biossíntese do etileno podendo ocorrer abscisão foliar e senescência (Taiz & Zeiger, 2008). Plantas tropicais e subtropicais são mais sensíveis à geada, enquanto as de clima temperado se mostram mais tolerantes. Plantas menos tolerantes submetidas às baixas temperaturas, quando novamente sob temperaturas moderadas, passam a produzir etileno em resposta ao estresse.



Plantas sensíveis ao frio, em temperaturas baixas, têm um decréscimo na fluidez lipídica, sendo que ocorre primeiro uma transição da fase líquido-cristalina para uma fase de gel nas membranas celulares, resultando em alterações no metabolismo, podendo levar à morte da planta. A geada causa danos que são devidos à formação de gelos nos espaços intercelulares, que rompem as membranas e organelas, ocorrendo a dessecação da célula, podendo levar à morte por forças mecânicas que atuam sobre o protoplasma e a membrana plasmática e pela precipitação de proteínas. Temperaturas de congelamento por longos períodos, leva à destruição das membranas e desidratação excessiva (Taiz & Zeiger, 2008).

#### 4. CONCLUSÃO

A morte de gemas apicais foi o efeito da geada mais expressivo na cultura da cana-de-açúcar.

Na isoporização não foi observado nenhum dano significativo.

As imagens de NDVI foram de suma importância para realização desta análise podendo observar que reduziu após a geada.

#### 5. REFERÊNCIAS

Addinsoft. (2019). *XLSTAT statistical and data analysis solution*. Version 19.2.2. Recuperado de <https://www.xlstat.com>

CEMTEC. *Centro de monitoramento do tempo e do clima de MS*. Recuperado de <https://www.cemtec.ms.gov.br/bancodedados/>

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. (2022). *Acompanhamento da safra brasileira, cana-de-açúcar. Quarto levantamento - abril 2022, safra 2021/2022*. Recuperado de <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>

Demattê, J. A. M., Demattê, J. L. I., Alves, E. R., Barbosa, R. N., & Morelli, J. L. (2014). Precision agriculture for sugarcane management: a strategy applied for brazilian conditions. *Acta Scientiarum Agronomy*, 36(1), 111-7. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v36i1.17664>

Domingues, A. T. (2010). *A territorialização do grupo agroindustrial canavieiro Louis Dreyfus no Mato Grosso do Sul* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, MS, Brasil. Recuperado de <https://repositorio.ufgd.edu.br/ispui/handle/prefix/776>

Duarte, F. G. (2011). *A expansão da Produção Canavieira e as Transformações Socioeconômicas e Ambientais em Rio Brilhante/MS: Diferentes Olhares* (Dissertação de Mestrado). Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil. Recuperado de <http://repositorio.unb.br/handle/10482/10102>

Fietz, C. R., Fisch, G. F., Comunello, E., & Flumignan, D. L. (2017). *O clima da região de Dourados, MS*. [Folheto]. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, Brasil. Recuperado de

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/37989/1/DOC200892.pdf>

Fontana, D. C., Santos, L. N., Dalmago, G. A., Schirmbeck, J., & Schirmbeck, L. W. (2019). NDVI e alguns fatores de variabilidade. *Anais do XIX simpósio brasileiro de sensoriamento remoto*, Santos, SP, Brasil. Recuperado de <https://proceedings.science/sbsr-2019/pagina-de-rosto-2?lang=pt-br>

Gilio, L., & Morales, M. A. F. D. (2016). Sugarcane industry's socioeconomic impact in São Paulo, Brazil: a spatial dynamic panel approach. *Energy Economics*, Kansas, EUA. 58(1), 27-37. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.06.005>

Granco, G., Caldas, M. M., Bergtold, J. S., & Sant'anna, A. C. (2015). Exploring the policy and social factors fueling the expansion and shift of sugarcane production in the Brazilian Cerrado. *GeoJournal*, São Carlos, SP, Brasil, 82(1), 63-80. <https://doi.org/10.1007/s10708-015-9666-y>

Hoffer, R. M. (1978). *Biological and physical considerations in applying computer-aided analysis techniques to remote sensor data*. Cap. 3, 228-289 pp. Nova York: McGraw- Hill Book Company.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2021). *Censo Agropecuário 2021*. Recuperado de <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ms/rio-brilhante.html>.

Kerbauy, G. B. (2019). *Fisiologia Vegetal*. 3a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Marchiori, P. E. R., Machado, E. C., & Ribeiro, R.V. (2014). Photosynthetic limitations imposed by self-shading in field-grown sugarcane varieties. *Field Crops Research*, 155(1), 30-37. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.09.025>.



- Meurer, A. P. S., Shikida, P. F. A., & Vian, C. E. F. (2015). Análise da agroindústria canavieira nos estados do Centro-Oeste do Brasil a partir da Matriz de Capacidades Tecnológicas. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 53(1), 159-78. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005301009>
- Miranda, L. L. D., Vasconcelos, A. C. M., & Landell, M. G. A. *Cana de Açúcar*. ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas.
- Monteiro, J. E. B. (2009). *Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola*. Brasília: INMET.
- QGIS. (2023). *QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project*. Recuperado de <http://qgis.osgeo.org>
- Robinson, N., Vogt, J., Lakshmanan, P., & Schmidt, S. (2014). *Nitrogen Physiology of Sugarcane*. Cap. 8, 169-195pp. Oxford: Wiley Blackwell.
- Rossi, R., Borsoi, V., Pistun, R., Sassi, K., & Sorbara, C. A. *Geadas e seus tipos, suscetibilidade das culturas, cuidados básicos*. (2016). Recuperado de <https://www.fag.edu.br/upload/revista/seagro/58349041453ed.pdf>
- Rouse, J. W. (1974). *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation*. [Folheto]. Texas, EUA. Recuperado de <https://ntrs.nasa.gov/citations/19730017588>.
- Sales, C. R. G., Ribeiro, R. V., Silveira, J. A. G., Machado, E. C., Martins, M. O., Lagôa, A. M. M. A. Superoxide dismutase and ascorbate peroxidase improve the recovery of photosynthesis in sugarcane plants subjected to water deficit and low substrate temperature. *Plant Physiology and Biochemistry*, 73(1), 326-336. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2013.10.012>
- Slováková, L., Matušíková, I., Salaj, J., Hudák, J. (2011). *Effect of Low Temperatures on the Structure of Plant Cells: Structural, Biochemical, and Molecular Aspects*. Cap. 21, 535-564 pp. Boca Raton: CRC Press.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2008). *Fisiologia vegetal*. 4a. ed. Porto Alegre: Artmed.
- Tatoo, F. R, Marco, D., Matoso, E. S., & Silva, S. D. A. (2017). Índice de velocidade de brotação e velocidade de brotação de clones de cana-de-açúcar. *Ciência & Tecnologia*, 9(1), 6-10. <https://citec.fateciab.edu.br/index.php/citec/article/view/20>
- Townsende, C. R. (2015). *Recomendações técnicas para o cultivo da cana-de-açúcar forrageira em Rondônia*. [Folheto]. EMBRAPA-CPAF, Rondônia, Brasil. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/238790286\\_Recomendacoes\\_tecnicas\\_para\\_o\\_cultivo\\_da\\_cana-de-acucar\\_forrageira\\_em\\_Rondonia](https://www.researchgate.net/publication/238790286_Recomendacoes_tecnicas_para_o_cultivo_da_cana-de-acucar_forrageira_em_Rondonia)

