

DERIVA DE GLIFOSATO EM MILHO SAFRINHA: AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA, DANOS E CAUSAS

Trabalho de Avaliação

THIAGO PEREIRA DE SOUSA
EDUARDO PEREIRA DE SOUSA NETO

João Pessoa - PB
2025

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



DERIVA DE GLIFOSATO EM MILHO SAFRINHA: AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA, DANOS E CAUSAS

RESUMO

A deriva é o processo de deslocamento de gotas de defensivos agrícolas, carregadas pelo vento, desviando do alvo e podendo causar danos em áreas vizinhas. Essas partículas podem permanecer em suspensão por um tempo, afetando locais distantes, principalmente sob condições climáticas inadequadas. A eficácia do produto aplicado diminui com a perda da calda por deriva, reduzindo o controle do alvo biológico, pode favorecer a seleção de indivíduos resistentes dentro da população, e efeitos colaterais sobre organismos não-alvo. As recomendações técnicas para minimizar a deriva incluem proceder a aplicação em temperaturas abaixo de 30 °C, umidade relativa acima de 55% e vento entre 3 e 7 km/h. Velocidades inferiores a 3 km/h, comuns ao amanhecer e anoitecer, também podem ser prejudiciais por favorecerem maior concentração de partículas no ar. Com o aumento da temperatura ao longo do dia, ocorre a inversão térmica, fenômeno em que o ar mais quente fica sobre camadas de ar frio próximo ao solo, facilitando a dispersão de partículas em longas distâncias. Este estudo é resultado de uma perícia judicial cujo objetivo foi apurar a ocorrência, causa e extensão de impactos da deriva por inversão térmica do herbicida glifosato em lavouras milho safrinha na região de Alto Parnaíba/MA.

Palavras-chave: Inversão térmica; Herbicida; Fitotoxicidade.

1. INTRODUÇÃO

A deriva de partículas corresponde ao movimento de arraste de gotas da calda aplicada pela ação do vento para fora da área alvo de aplicação, atingindo outra área não-alvo. Os danos concentram-se em áreas próximas e vão diminuindo à medida que a distância do local de aplicação aumenta, sendo a intensidade maior durante a aplicação, no entanto mantém-se uma quantidade de partículas suspensas no ar após a aplicação.

Nas aplicações em campo aberto, o vento tem grande influência da deriva, sendo um fator decisivo na aplicação de pesticidas. Normalmente a deriva ocorre quando o vento tem uma velocidade superior a 7 km/h, carreando o produto da área de aplicação para uma área indesejada (INTAGRI, 2017).

Uma vez ocorrido à deriva, esta pode ocasionar danos às áreas suscetíveis no entorno do local da aplicação, ocorrendo uma diminuição na dose aplicada na área alvo, vez que parte da calda foi carregada, diminuindo a eficácia e induzindo a seleção de espécies resistentes (CUNHA et al., 2003).

As recomendações técnicas defendem que a aplicação de defensivos seja realizada em condições de temperatura menor que 30°C, umidade relativa do ar maior que 55%, e velocidade do vento entre 3 e 7 km/h (ANDEF, 2010).

Por outro lado, tem-se que ventos com velocidade menor que 3 km/h podem reduzir a penetração da calda nas partes inferiores das plantas, acarretando uma maior concentração de partículas suspensa no ar, o que normalmente ocorre no amanhecer e/ou anoitecer com temperaturas amenas (OLIVEIRA et al, 2014).

Com o aumento de temperatura durante o dia, acontece à chamada inversão térmica, e essas partículas em suspensão deslocam-se em distâncias maiores, sendo então depositadas fora do alvo.

Essa inversão térmica corresponde ao fenômeno em que a temperatura do ar próximo ao solo é menor que a temperatura das camadas superiores, em uma determinada extensão, de tal modo que o ar mais quente tende a subir, levando as partículas da calda para cima da camada, onde elas encontram a camada quente da atmosfera, nessa altura as gotas se juntam, criando uma camada de alta concentração levada pelos ventos que venham a surgir durante ou após a ocorrência dessa inversão térmica (MONTEIRO, 2014).

O presente estudo advém de perícia judicial com objetivo de constatar a existência, extensão, causas e danos ocasionados em áreas de cultivo milho safrinha na região de Alto Parnaíba/MA, com indícios de ocorrência de deriva por inversão térmica na aplicação de herbicida.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A avaliação foi realizada em duas áreas limítrofes, ambas cultivadas com milho safrinha, sendo uma delas (Fazenda NB) o local da aplicação do herbicida, e a outra (Fazenda TB) que recebeu a deriva da aplicação (Figura 1).

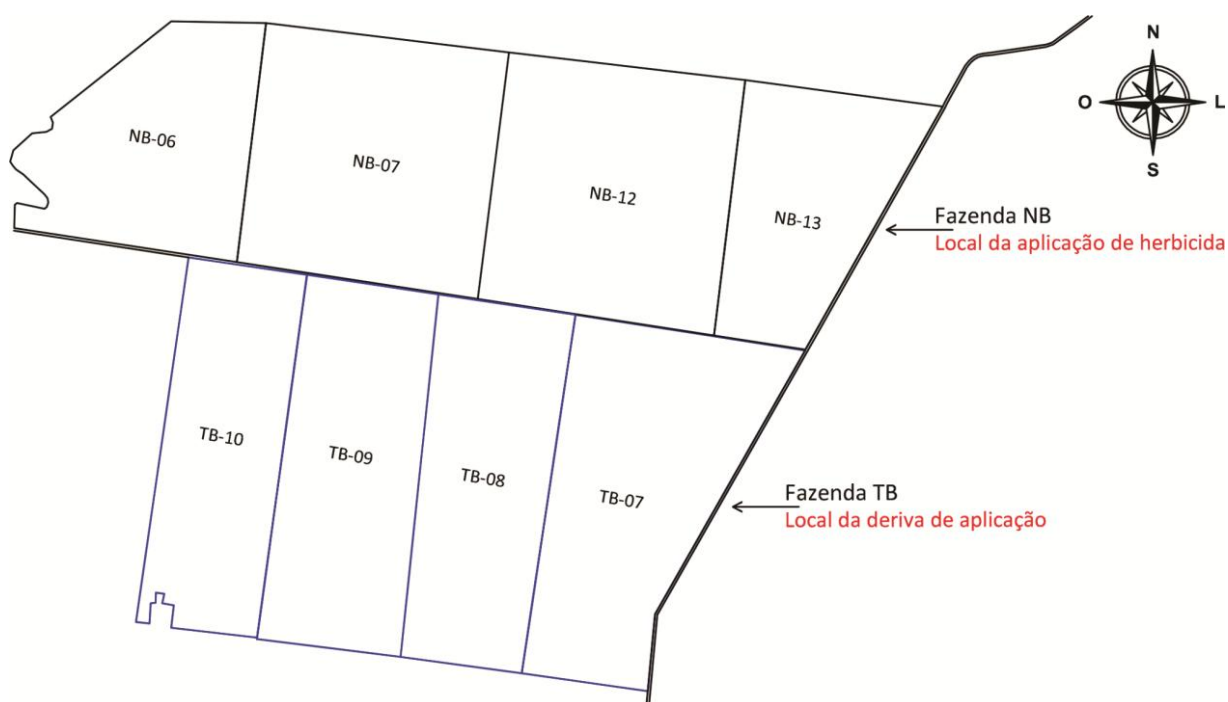


Figura 1: Localização das áreas avaliadas. Fonte: Autoria própria.

2.2. Amostragem e avaliação

Para análise, estudo e diagnóstico da situação *in loco* e dos acontecimentos narrados pelas partes nos autos processuais, foram adotados os seguintes procedimentos:

1 - Coleta de solo e raízes de plantas de milho nos talhões de cultivo atingidos pela deriva do herbicida (glifosato) e nos talhões que não foram atingidos (Figura 2).

As amostras foram coletadas de forma aleatória nos talhões que continham plantas com sintoma de fitotoxicidade. Sendo coletado aproximadamente 1 kg de solo em cada ponto amostrado, a uma profundidade de 15 cm.

A coleta de raízes ocorreu em três plantas, no raio de 1,0 m entorno de cada ponto de coleta de solo, preferencialmente de plantas com sintoma de fitotoxidez.

Todo material amostrado foi preparado e encaminhado para análise química em laboratório especializado na análise de resíduos de agrotóxicos, conforme metodologia MAPA/PARA/ANVISA.



Figura 2: Amostragem de solo e de raízes da área avaliada. Fonte: Autoria própria.

2 - Diagnose visual *in loco* das plantas de milho nos talhões atingidos pela deriva de glifosato, comparando os aspectos (coloração, tamanho, forma) de cada amostra (planta e folhas) com os padrões de normalidade (Figura 3).

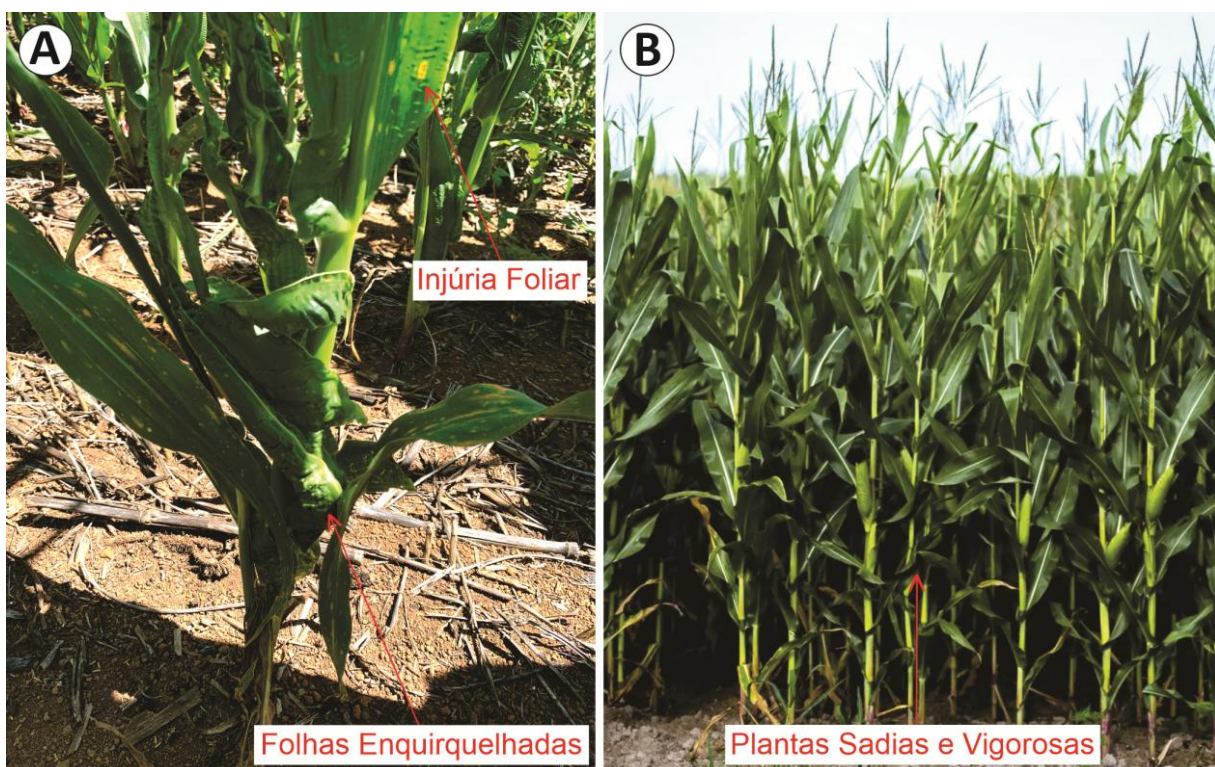


Figura 3. Plantas de milho com folhas enquiqueelhadas e injúria foliar (A); Plantas de milho sadias e com vigor (B). Fonte: Autoria própria.

3 - Execução de ensaio agrônômico com as duas cultivares de milho que foram plantadas na área do litígio (P3707-VYH e P3898), visando testar o comportamento destas quando expostas ao herbicida glifosato (Figura 4).

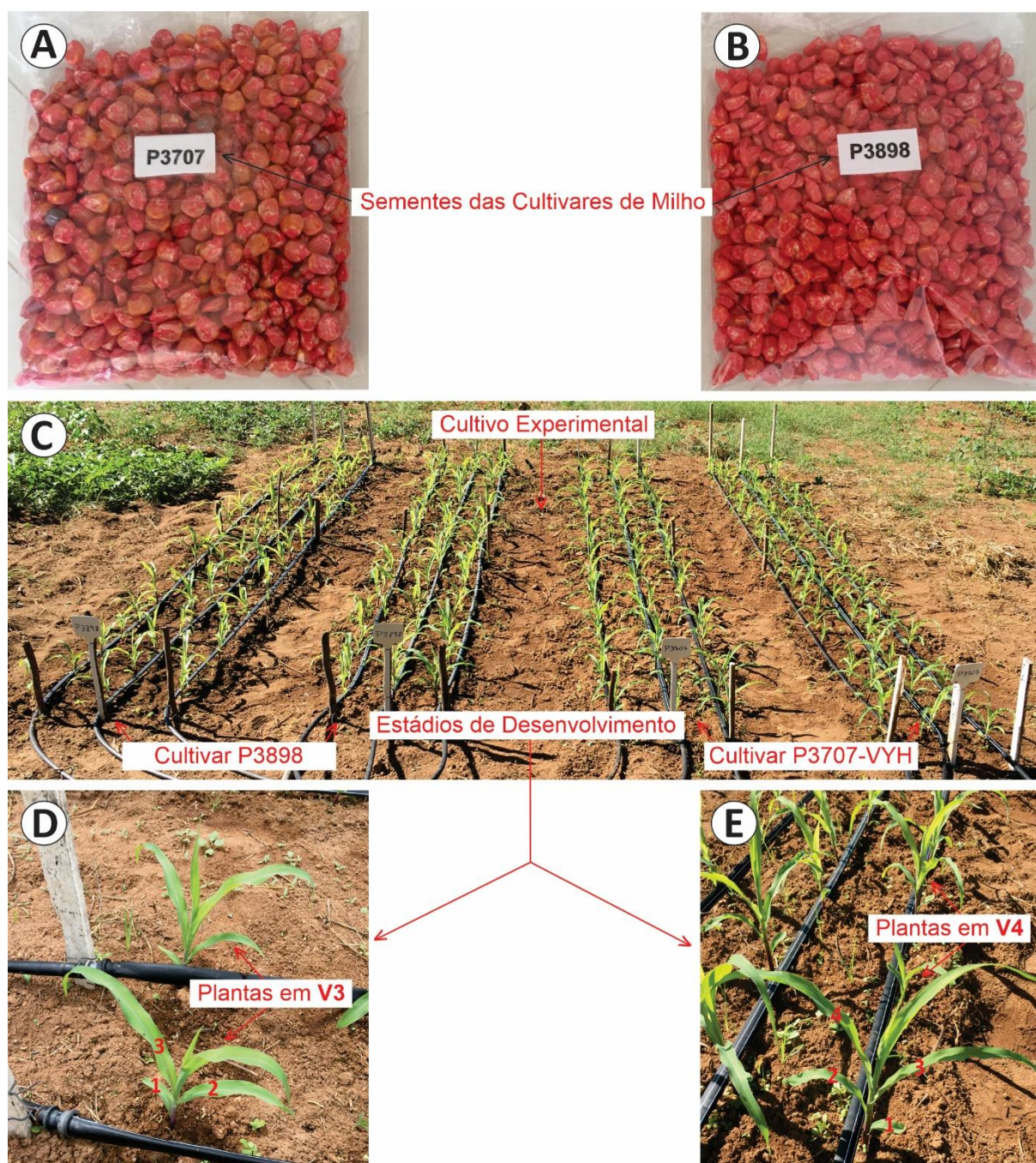


Figura 4. Sementes das cultivares plantadas (A e B); Área do cultivo experimental (C); Estádios de desenvolvimento das plantas no experimento quando da 1ª e 2ª aplicação (D e E). Fonte: Autoria própria.

As duas cultivares foram semeadas em quatro canteiros distintos, com 40,0cm de largura e 4,0m de comprimento, adotando-se um espaçamento de 20,0cm entre plantas, com três fileiras distantes 20,0cm uma das outras (Figura 4).

Quando as cultivares P3707-VYH e P3898 atingiram o estágio de desenvolvimento V3 (com três folhas verdadeiras formadas), foi realizada uma pulverização com glifosato sobre essas plantas.

Após 24h, o efeito do glifosato sobre as cultivares de milho foi avaliado através de diagnose visual. O mesmo procedimento foi realizado quando as cultivares P3707-VYH e P3898 dos outros dois canteiros atingiram estágio de desenvolvimento V4 (com quatro folhas verdadeiras formadas). Todas as plantas foram irrigadas diariamente por sistema de gotejamento (Figura 4).

4 - Análise e confrontação de dados de monitoramento climático do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, com os dados obtidos em uma estação de monitoramento privada, situada no imóvel vizinho a área do litígio (Figura 5).



Figura 5. Estação de monitoramento meteorológico da Solinftec PLUO, situada a 300 metros da área do litígio. Fonte: Autoria própria.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de resíduos de agrotóxicos demonstra que todos os talhões avaliados possuíam resíduos de glifosato no solo nas raízes (Tabela 1 e 2). Não sendo possível quantificar em função da limitação analítica de 0,1mg/Kg, inferindo entretanto, a existência de traços em quantidades inferiores a 0,1mg/Kg.

Tabela 1. Resíduos de glifosato em amostras de solo, coletados na área do litígio. Fonte: ITEP/LabTox, 2021.

	Fazenda TB	Ensaio	Amostra	Resultado
Talhão	Tab-07	187120	Solo (SL-TaB-07)	Traços (<0,1mg/Kg)
	Tab-08	187121	Solo (SL-TaB-08)	Traços (<0,1mg/Kg)
	Tab-09	187122	Solo (SL-TaB-09)	Traços (<0,1mg/Kg)
	Tab-10	187123	Solo (SL-TaB-10)	Traços (<0,1mg/Kg)
Fazenda NB				
Talhão	NB-06	187119	Solo (SL-NB-06)	Traços (<0,1mg/Kg)
	NB-07	187124	Solo (SL-NB-07)	Traços (<0,1mg/Kg)
	NB-12	187125	Solo (SL-NB-12)	Traços (<0,1mg/Kg)
	NB-13	187126	Solo (SL-NB-13)	Traços (<0,1mg/Kg)

Dados oriundos das análises de resíduos de glifosato em amostras de solo.

Tabela 2. Resultado das análises de resíduos de glifosato em amostras de raízes de milho, coletadas na área do litígio. ITEP/LabTox, 2021.

	Fazenda TB	Ensaio	Amostra	Resultado
Talhão	Tab-07	187571	Raiz (Rz-TaB-07)	Traços (<0,1mg/Kg)
	Tab-08	187572	Raiz (Rz-TaB-08)	Traços (<0,1mg/Kg)
	Tab-09	187573	Raiz (Rz-TaB-09)	Traços (<0,1mg/Kg)
	Tab-10	187574	Raiz (Rz-TaB-10)	Traços (<0,1mg/Kg)
Fazenda NB				
Talhão	NB-06	187567	Raiz (Rz-NB-06)	Traços (<0,1mg/Kg)
	NB-07	187568	Raiz (Rz-NB-07)	Traços (<0,1mg/Kg)
	NB-12	187569	Raiz (Rz-NB-12)	Traços (<0,1mg/Kg)
	NB-13	187570	Raiz (Rz-NB-13)	Traços (<0,1mg/Kg)

Dados oriundos das análises de resíduos de glifosato em amostras de raízes.

Essa baixa quantidade de resíduos encontrada é considerada normal em função do lapso temporal decorrido entre a ocorrência da deriva (Março/2021) e a coleta do material (Maio/2021). Haja vista que a molécula de glifosato se degrada a uma taxa relativamente rápida na maioria dos solos, com meia-vida estimada entre 8 e 22 dias (ARAÚJO et al., 2003).

O tempo de meia-vida do glifosato no solo não possui um padrão fixo, podendo variar de menos de uma semana até alguns meses, dependendo dos teores de argila, matéria orgânica e atividade microbiana (TONI et al., 2006).

Destaca-se que os talhões avaliados foram expostos a uma deriva de glifosato, e não a uma aplicação direta. Assim, a maior parte do glifosato atingiu as plantas de milho, e somente uma baixa quantidade atingiu o solo. Tornando-se normal a baixa concentração de resíduos encontrados no solo dessas áreas.

Comparando os danos observados *in loco* nas plantas de milho expostas à deriva, verifica-se grande semelhança com os danos registrados nas plantas expostas a aplicação direta de glifosato durante o ensaio agrônômico (Figura 6). Indicando que houve exposição ao glifosato na área avaliada.

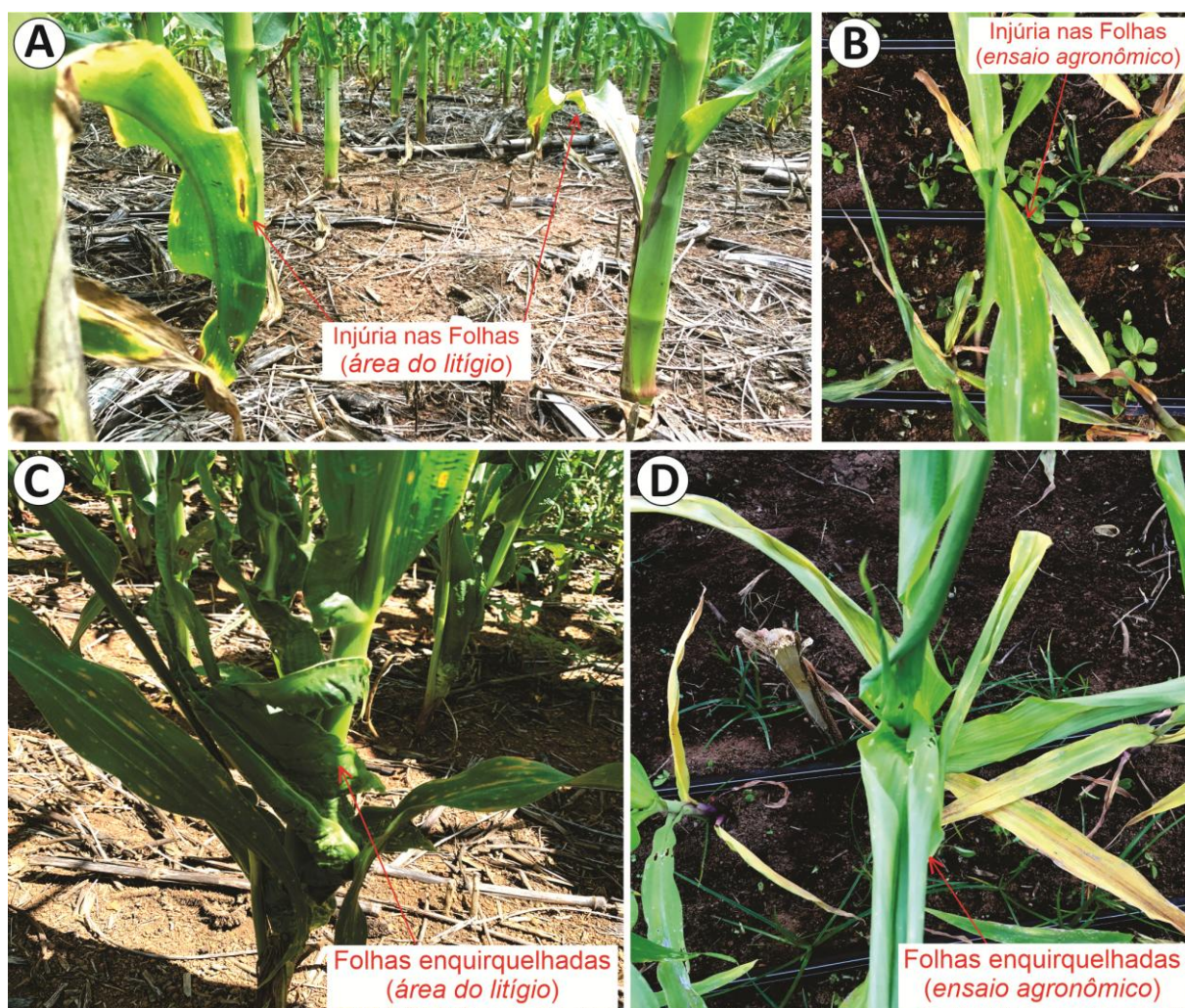


Figura 6. Injúria foliar em plantas da Fazenda TB (A); e em plantas do ensaio agrônômico (B); Folhas enquirquelhadas em plantas da Fazenda TB (C); e em plantas do ensaio agrônômico (D). Fonte: Autoria própria.

Sintomas semelhantes foram detectados por Magalhães Farias et al (2012), que avaliando o efeito de subdoses de glifosato, observando o surgimento de pequenas manchas foliares, evoluindo para cloroses, encarquilhamento, necrose e queda de folhas.

Nesse contexto, foi possível afirmar que as injúrias causadas nas plantas de milho cultivadas na Fazenda TB, foram ocasionadas por deriva do herbicida glifosato. Evento classificado como uma exposição indireta, haja vista que a aplicação aconteceu em área adjacente, cujos danos variaram de acordo com o estágio de desenvolvimento das plantas atingidas em cada talhão (Figura 7).

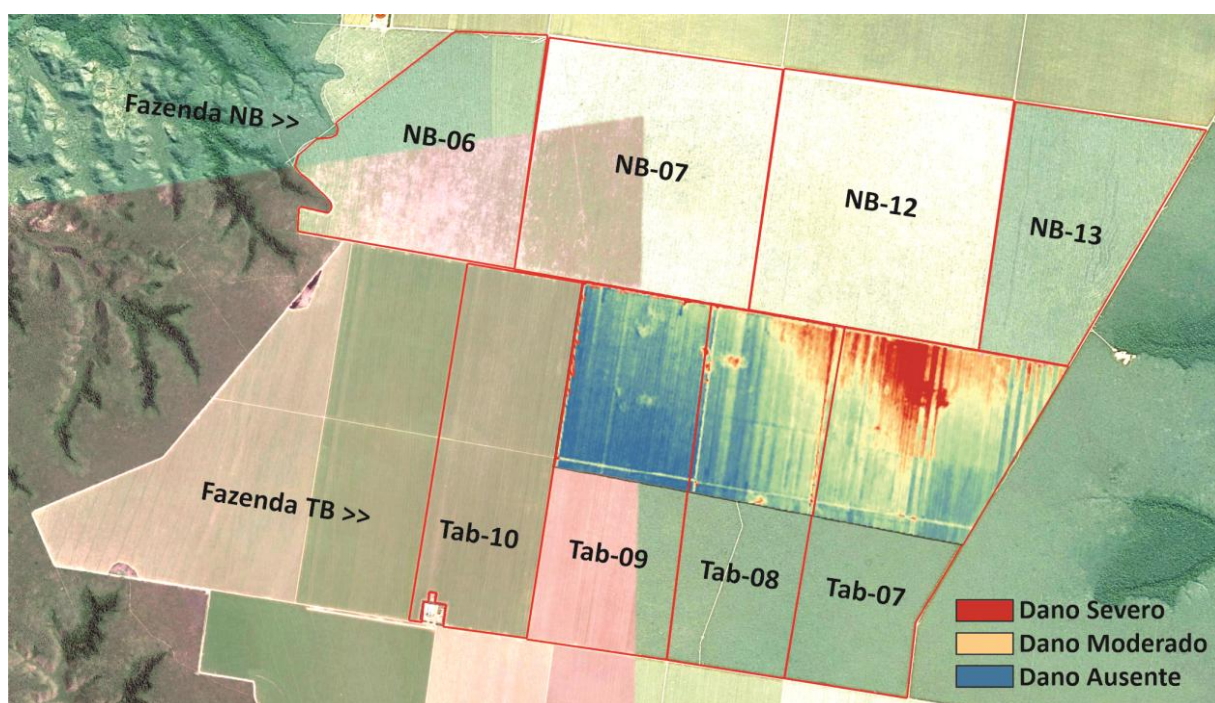


Figura 7. Localização georreferenciada dos talhões de cultivo de milho, sobreposta a imagem de satélite, com destaque para o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) da área afetada pela deriva de herbicida nos talhões da Fazenda TB (Cena Sentinel II em 07/04/2021). Fonte: Autoria própria.

Magalhães et al (2000), observaram que 12% da dose normal recomendada de glifosato já é o suficiente para redução de mais de 50% de área foliar da planta de milho, o que prejudica severamente a produção de espigas e de grãos. Por outro lado, a exposição a baixas concentrações (2 a 4%) da dose normal, não comprometeu o desenvolvimento das plantas nem a produtividade de milho.

Assim, tratando-se de uma exposição indireta, os danos variaram em função da quantidade de glifosato a que as plantas foram expostas (Figura 7).

A ação do glifosato pode ocorrer entre 7 a 14 dias após a aplicação, e sendo as injúrias verificadas em 11/03/2021, foi avaliada as condições climáticas na área no período de 27/02/2021 a 03/03/2021.

Nesse período as condições do clima eram desfavoráveis para pulverizações, principalmente para aplicação de herbicidas, haja vista a predominância de ventos com origem Noroeste (NO), juntamente com fortes rajadas advindas do Oeste (O) entre às 09h e 18h (Figura 8).

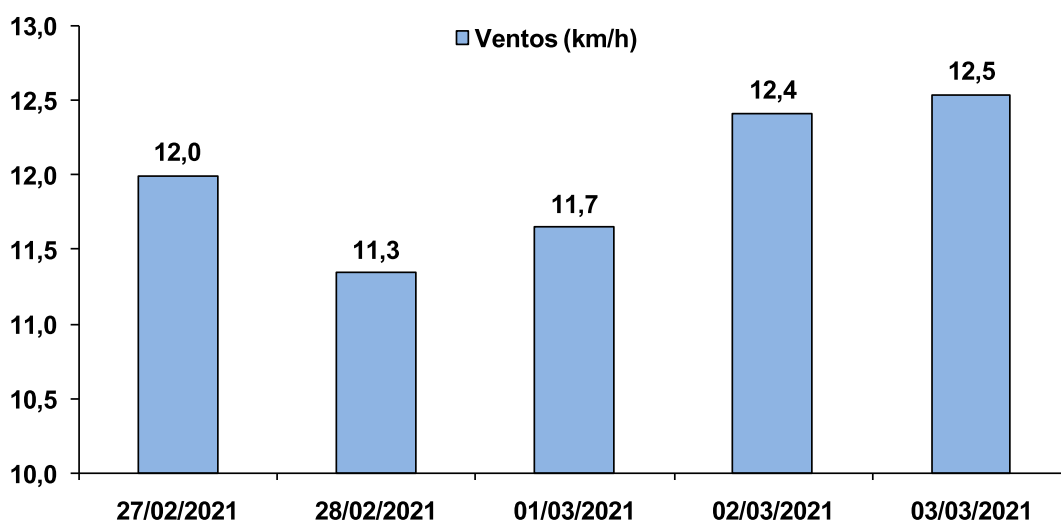
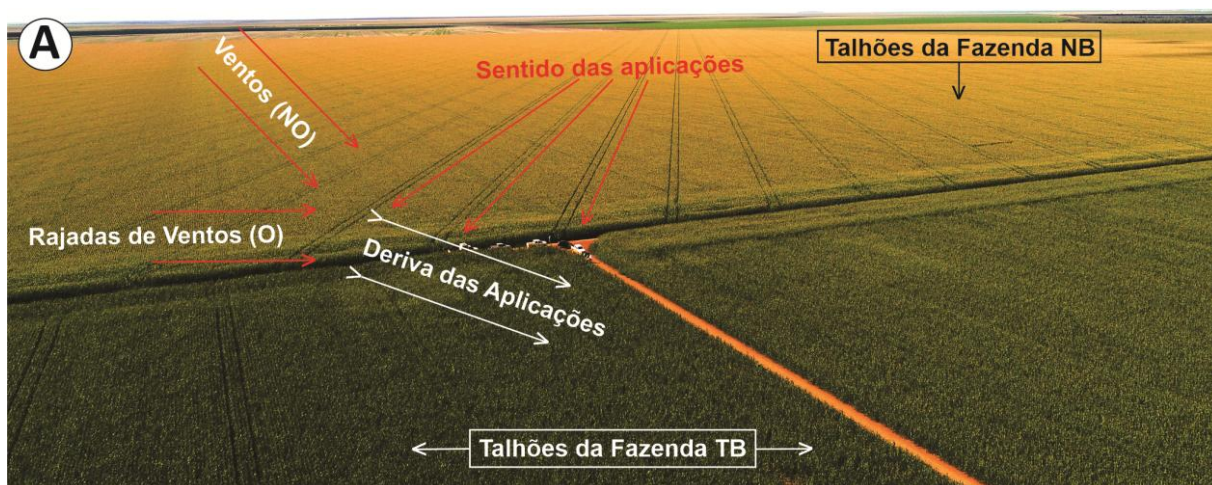


Figura 8. Variação dos ventos advindos do Oeste (O) entre às 09h e 18h, com rajadas ultrapassando os 10 km/h. Fonte: Estação Solinftec PLUO/INMET, 2021.

As condições climáticas adversas, com fortes rajadas de ventos advindas do Oeste, propiciaram a deriva do produto aplicado na Fazenda NB para as áreas de milho da Fazenda TB. Onde a proximidade dos talhões (7,0 metros) facilitou a chegada da deriva do glifosato (Figura 9).



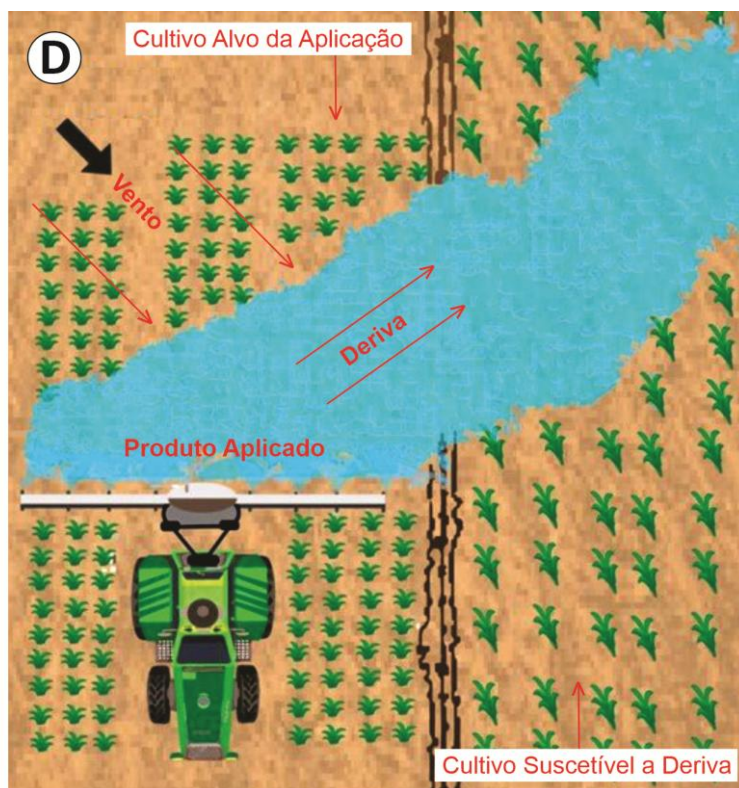
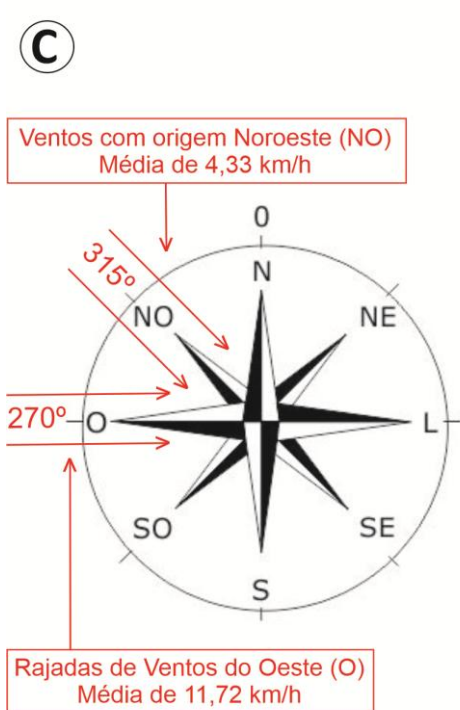
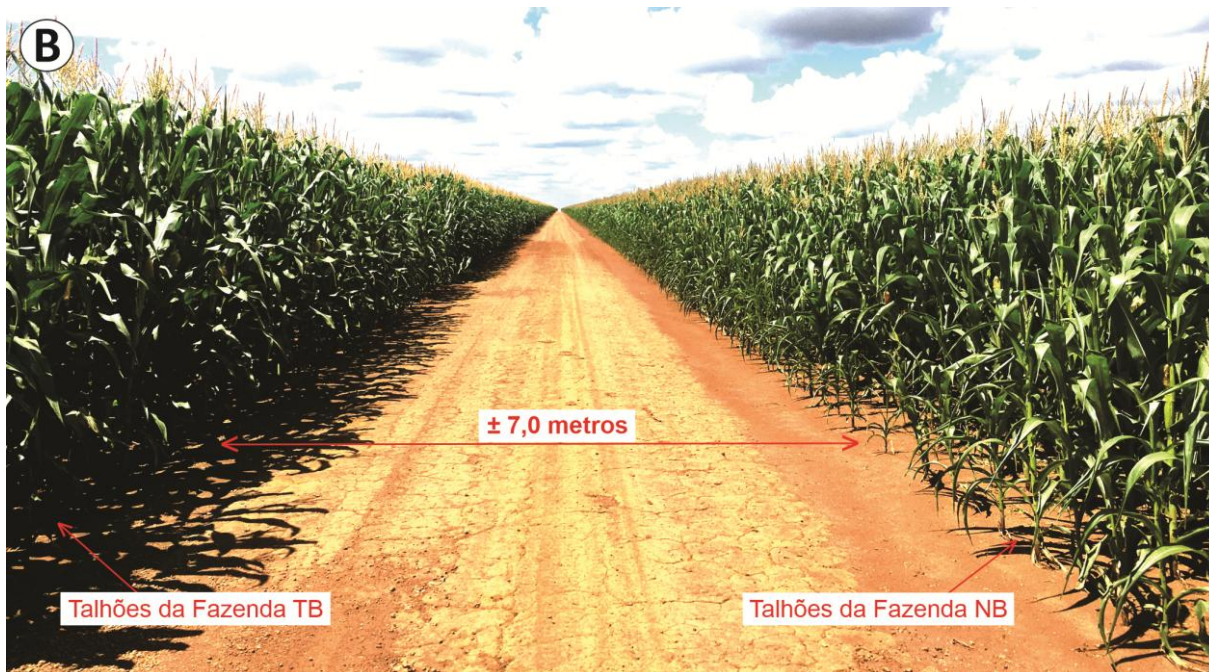


Figura 9. Aerofotografia com destaque das linhas de aplicações na Fazenda NB, sentido dos ventos e direção da deriva (A); Distância entre as áreas de cultivo da Fazenda NB e da Fazenda TB (B); Direção e velocidade média dos ventos no período avaliado (C); Detalhe esquemático da pulverização e derivo do produto aplicado (D). Fonte: Autoria própria.

A recomendação é que a aplicação de defensivos agrícolas seja feita quando a temperatura for menor que 30°C, a umidade relativa do ar seja maior que 55%, e a velocidade do vento entre 3 e 7 km/h (ANDEF, 2010).

Ventos com velocidade menor que 3 km/h podem reduzir a penetração dos produtos nas partes inferiores das plantas, fazendo com que uma maior fração de partículas mantenha-se suspensa no ar, normalmente esse fenômeno ocorre no amanhecer e/ou anoitecer com temperaturas amenas (OLIVEIRA et al, 2014).

Com o aumento de temperatura durante o dia, ocorre à chamada inversão térmica, e essas partículas em suspensão deslocam-se em distâncias maiores, sendo então depositadas fora do alvo.

Dessa maneira constatou-se que a ocorrência de inversão térmica tenha sido o agravante da deriva de glifosato, vez que no período de 27/02/2021 a 03/03/2021 foi observado ventos com velocidade média menor que 1,5 km/h no horário das 00h às 03h, temperatura média variando de 20,9 à 23,3 C° e umidade relativa média de 89,5 a 100% (Figura 10).

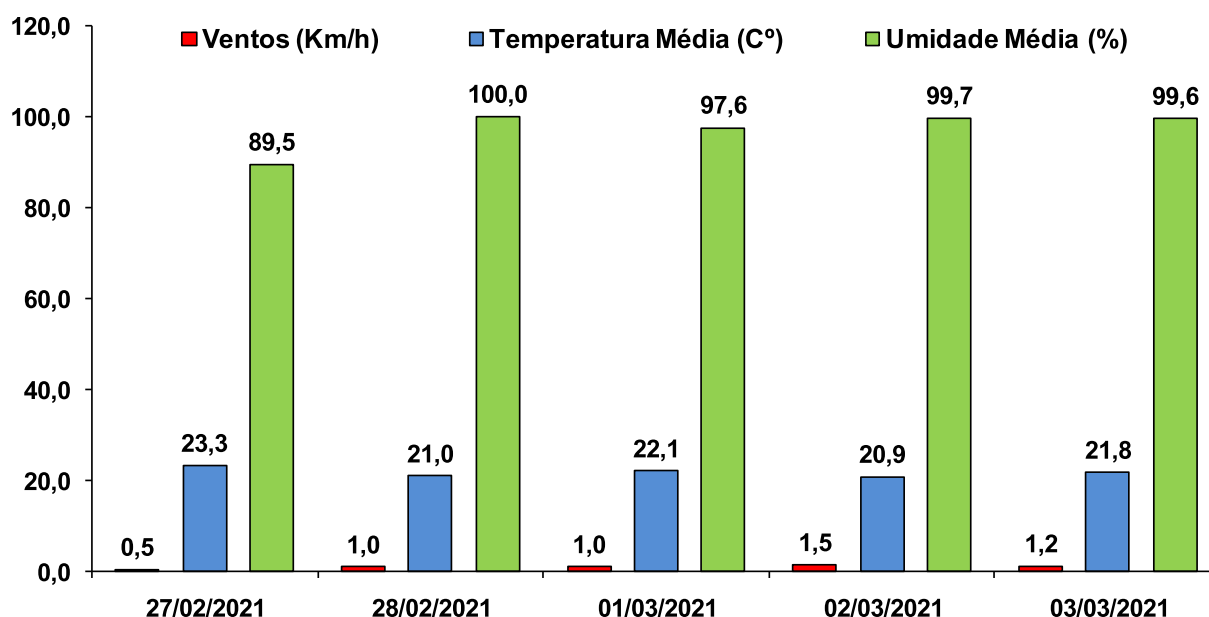


Figura 10. Variação da velocidade média dos ventos, temperatura média, e umidade relativa média, registrados no horário das 00h às 03h na área do litígio. Fonte: Estação Solinftec PLUO/INMET, 2021.

Posteriormente, ocorreu brusca mudança entre às 10h e 16h, com rajadas de ventos advindos do Oeste (O) ultrapassando os 10 km/h e temperatura elevada, chegando aos 30,1 C° e baixa umidade (Figura 11).

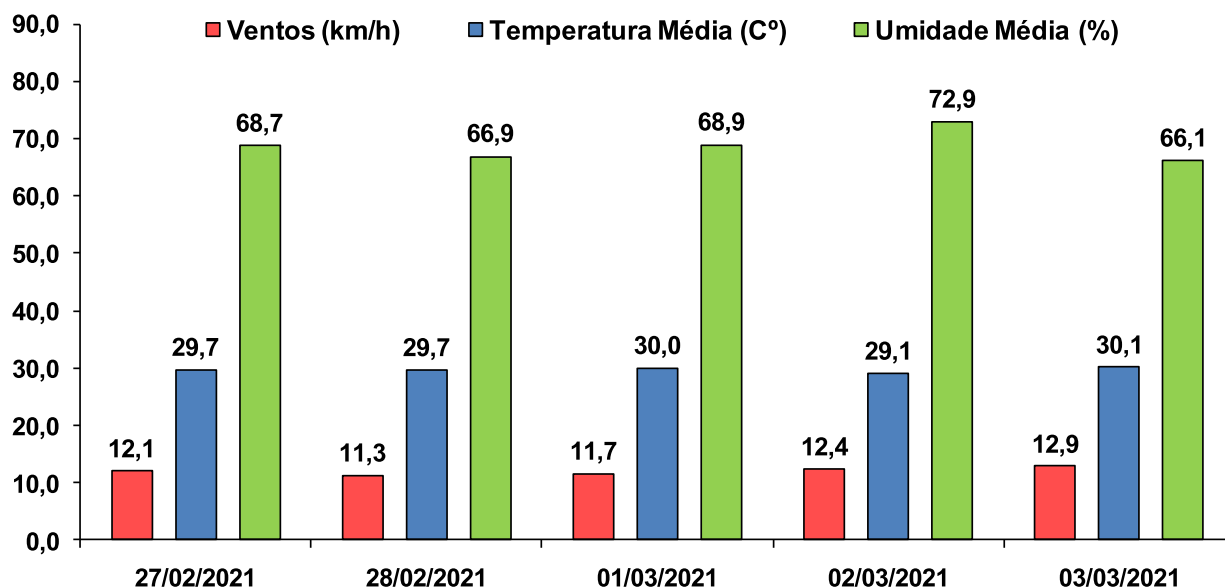


Figura 11. Variação da velocidade média dos ventos, temperatura média, e umidade relativa média, registrados no horário das 10h às 16h na área do litígio. Fonte: Estação Solinftec PLUO/INMET, 2021.

4. CONCLUSÕES

As injúrias nas plantas de milho foram ocasionadas pela deriva do glifosato, ocorrida em Março/2021, onde as condições do clima não eram favoráveis para pulverizações, principalmente para aplicação de herbicidas.

A deriva foi classificada como uma exposição indireta, haja vista que a aplicação ocorreu em área adjacente e parte foi carregada pelos ventos, atingindo outra área não alvo.

A pulverização do herbicida glifosato ocorreu na Fazenda NB, especificamente nos talhões NB-07 e NB-12, os quais foram semeados depois da aplicação, enquanto que os demais talhões e também os talhões da Fazenda TB já haviam sido semeados.

A inversão térmica ocasionada pelas bruscas mudanças de temperatura e umidade atuou como carreador das partículas de glifosato da Fazenda NB para áreas adjacentes da Fazenda TB.

REFERÊNCIAS

ANDEF, Associação Nacional de Defesa Vegetal. **Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. Cartilha: Paulistano, 1ª.ed. 2010. 52p.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; ABAKERLI, R. B.; SOUZA, L. S. Biodegradação de glifosato em dois solos Brasileiros. **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.13, n.1, p.157-164, 2003.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Revista Planta Daninha**, v.21, n.2, p.325-332, 2003.

INTAGRI. 2017. **Los Riesgos de una Mala Aplicación de Herbicida**. Serie Fitosanidad, n.93. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4p.

MAGALHÃES FARIAS, C. C.; RONDON NETO, R. M.; YAMASHITA, O. M.; MAGALHÃES FARIAS, C. B. Efeitos de subdoses de glyphosate em plantas jovens de seringueira. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.11, n.1, p.119-125, 2012.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; KARAM, D.; RIBEIRO, L. S. **Efeito da deriva de herbicidas no desenvolvimento e na produção de milho**. Comunicado Técnico. Sete Lagoas: EMBRAPA, n.21, 2000, 5p.

MONTEIRO, M. V. M. **Derivas e seu controle**. Cartilha: Sorocaba, CCB, 1ª.ed. 2014. 26p.

OLIVEIRA, R. G.; GIONGO, P. R.; DELMOND, J. G.; VIDAL, V. M. Pressão correta de aplicação de defensivos. **Revista Cultivar Maquinas**, ed.138, ano XII, 2014, 40p.

TONI, L. R. M.; SANTANA, H.; ZAIA, D. A. M. Adsorção de glyphosate sobre solos e minerais. **Revista Química Nova**, São Paulo, v.29, n.4, p.829-833, 2006.