



RELATÓRIO DE ENSAIO COMERCIAL

Eng. Agrônomo MSc.: Ricardo Rossi

Eng. Agrônomo: Eddie Toshio Waraya

COMPANHIA MAGNÉSIO, Maio de 2019



1 – INTRODUÇÃO

O Magnésio (Mg) é o 8º mineral mais abundante na crosta terrestre. Seu conteúdo pode variar de 0,1 % em solos de textura grossa, arenosos em regiões úmidas até 4 % em solos de textura fina, em regiões áridas ou semiáridas formados a partir de rochas com alto teor de Mg. O magnésio do solo origina-se da decomposição de rochas contendo minerais primários, são estes: dolomita e silicatos com Mg (olivina, serpentina e biotita) ou ainda em minerais de argila secundários como: clorita, ilita, montmorilonita e vermiculita.

A adubação com magnésio é frequentemente negligenciada e sua falta afeta o crescimento das plantas. Muitas funções essenciais das plantas requerem fontes adequadas, sendo o seu papel mais visível na formação de raízes, clorofila e na fotossíntese. Muitas reações menos visíveis também são dependentes do suprimento adequado de magnésio (CAKMAK e KIRKBY, 2008). Sua deficiência está associada a solos ácidos (sem calagem) e/ou a situações que provocam desequilíbrio, como excesso de adubação potássica. Por isso é interessante objetivar-se a manutenção de uma relação adequada entre o cálcio e o magnésio, na base de 3-5:1 e destes com o potássio, a fim de que o excesso de um não afete a disponibilidade do outro, por antagonismo.

O dunito é uma rocha ígnea, sendo essencialmente um peridotito, magmática ou eruptiva que resultou da formação devido ao resfriamento de magma derretido ou semiderretido. É constituído na maior parte por olivina, $(Mg,Fe)_2SiO_4$, que geralmente apresenta-se na cor verde-oliva acinzentado, apesar de poder apresentar uma cor avermelhada devido à oxidação do ferro. Contém aproximadamente 40 % de óxido de magnésio (MgO) e 34 % de sílica (SiO_2) (ASSIS e DIAS, 2007).

O dunito pode transformar-se em serpentinito, que é uma rocha composta de minerais hidratados de magnésio e sílica, formados pelo processo de serpentinização, porém com as mesmas características químicas e algumas diferenças na estrutura. Particularmente, parte do dunito, material do presente estudo, oriundo da região de Pratápolis – MG, sofreu este processo de serpentinização, porque mais de 90 % dos minerais de magnésio e sílica desta rocha sofreram variações de temperatura abaixo de 400°C, causando a hidratação desses minerais. Em toda serpentina, o mineral silicático dominante surge a partir da hidratação da olivina (forsterita) e/ou piroxênio (enstatita), em condições metamórficas de baixo grau, podendo permanecer estável durante o metamorfismo regional de fácies anfibolito, podendo substituir pseudomorficamente cristais de olivina, preservando as feições texturais originais da rocha e do minério (ASSIS e DIAS, 2007).



O dunito consiste em uma fonte de Mg e Si de liberação controlada, onde o mecanismo desta liberação é natural, ou seja, não são necessários custos industriais para aumentar a reatividade do material no solo, além da simples moagem. O mecanismo de liberação do Mg e Si do produto é comprovadamente regulado pela demanda da planta, uma vez que é dependente da remoção dos produtos dos equilíbrios de dissolução e hidrólise dos minerais que compõem a rocha, sendo este fator mais determinante, inclusive, que a acidez do solo. No solo, a dissolução dos minerais é reforçada por um desequilíbrio entre a solução e as superfícies minerais por meio da remoção de íons através de processos como absorção de nutrientes pelas plantas e lixiviação. A ação das plantas e dos microorganismos do solo pode ir da simples fragmentação de partículas a alterações complexas na superfície dos minerais, modificando suas características químicas e acelerando o intemperismo (BARKER; WELCH; BANFIELD, 1997; HINSINGER et al., 2001). A interferência da rizosfera e outras atividades biológicas podem aumentar a dissolução de minerais por meio da liberação de íons H^+ e da complexação realizada por compostos orgânicos que reagem com suas superfícies (KÄMPF; CURI; MARQUES, 2009).

A capacidade das plantas em solubilizar minerais está associada à alteração do pH da rizosfera devido à liberação dos íons H^+ , OH^- e HCO_3^- resultantes da respiração e da absorção de íons (NEUMANN; ROMHELD, 2012). Os ácidos orgânicos excretados pelas raízes e por microorganismos podem incrementar a dissolução dos minerais (GRINSTED et al., 1982), sendo esta maior na presença de ácidos orgânicos que na presença de ácidos inorgânicos em concentrações semelhantes (HARLEY, GILKES, 2000). As propriedades complexas dos ácidos orgânicos permitem o enfraquecimento das ligações metal-oxigênio da superfície do mineral mesmo em reduzidas concentrações em solução (WELCH; ULLMAN, 1993). Como resultado, os ácidos orgânicos podem dissolver silicatos até em condições de neutralidade, onde os mecanismos baseados apenas em extrusão de prótons estariam limitados (WELCH; ULLMAN 1993). Alguns ácidos orgânicos têm mostrado ação efetiva na dissolução de feldspatos, micas e olivinas (HARLEY; GILKES, 2000).

O principal desdobramento da liberação controlada é a perspectiva no aumento da eficiência da adubação magnésiana via dunito, uma vez que possibilita menores perdas por lixiviação de Mg em decorrência da cinética de dissolução ser mais lenta que fontes solúveis. Também sob este aspecto, o produto torna-se interessante para culturas semi-perenes e perenes como cana, eucalipto, pastagens, café, laranja e fruteiras de uma maneira geral, pois as taxas de liberação de nutrientes são mais ajustadas à demanda das culturas ao longo do tempo. O fato de o produto ser de liberação controlada abre a possibilidade de aplicação



antecipada ou em dose única que, sob o ponto de vista financeiro, torna-se extremamente atrativo para algumas culturas por proporcionar reduções nos custos operacionais.

2 – OBJETIVO

Determinar se o Dunito[®], silicato de magnésio (MgSiO₃), é uma fonte nutricional de magnésio para as plantas, se é capaz de melhorar positivamente o desempenho produtivo do milho destinado à produção de silagem.

3 – DESCRIÇÃO DO PRODUTO DUNITO[®]

O experimento foi desenvolvido afim do estudo técnico da fonte de silício e magnésio, nome comercial: Dunito[®]. O produto apresenta 24 % de Mg (40 % MgO) e 16 % de Si (34 % de SiO₂), conforme Tabela 1, na granulometria pó (100 mesh).

Tabela 01. Garantias químicas do Dunito[®], fornecido por C-MAG Fertilizantes. Jaboticabal - SP, 2019.

Amostra	MgO	Mg	SiO ₂	Si
	----- (%) -----			
Dunito [®]	40	24	34	16

Metais são geralmente presentes em rochas como produtos secundários indesejados ou como contaminantes. Entretanto, há alguns metais, por exemplo, zinco, ferro e cobre que são nutrientes de plantas e estão incluídos intencionalmente em formulações de fertilizantes, inclusive. Sabe-se, a priori, que a exposição a metais (nutrientes ou não) em níveis suficientemente altos representa riscos à saúde. Metais pesados podem persistir no solo, por causa da sua baixa mobilidade ou serem absorvidos pelas plantas e ingressarem na cadeia alimentar (ABDEL-HALEEM et al., 2001). Neste sentido, foi realizada uma análise de metais pesados em amostra do produto Dunito[®] para verificação dos teores desses elementos presentes na referida rocha, cujos resultados estão expressos na Tabela 02.

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 02), o produto Dunito[®] apresenta teores de metais pesados abaixo dos limites estabelecidos pelos Anexos I, III e V da Instrução Normativa 27, no que se refere às concentrações máximas admitidas para metais pesados tóxicos, atendendo a legislação vigente como fertilizante contendo magnésio.



Tabela 02. Análise e quantificação de metais pesados. Realizado e fornecido por Instituto Campineiro de Análise de Solo e Adubo Ltda. Controle 07.25.008. Jaboticabal - SP, 2019.

Elementos	Símbolo Químico	Resultado	Unidade
Arsênio	As	3,79	mg kg ⁻¹
Cadmio	Cd	0,80	mg kg ⁻¹
Cromo	Cr	375,20	mg kg ⁻¹
Chumbo	Pb	2,50	mg kg ⁻¹
Mercúrio	Hg	<0,20	mg kg ⁻¹
Selênio	Se	<0,10	mg kg ⁻¹
Níquel	Ni	2.395,20	mg kg ⁻¹

4 – MATERIAL E MÉTODOS

A semeadura do milho safrinha, material Feroz Syngenta, destinado à produção de silagem, foi realizada em 29 de Janeiro de 2019 em área comercial onde os estudos com o fertilizante magnésiano Dunito[®] foram realizados. A área está localizada no Distrito de Luzitânia, município de Jaboticabal – SP, que se encontra à latitude 21°15'22''S, longitude 48°18'58''W e altitude de 595m. O clima da região de Jaboticabal – SP, baseado na classificação internacional de Köppen, é do tipo Cwa, com predomínio das chuvas no verão e inverno relativamente seco. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e a do mês mais frio inferior a 18°C, sendo a precipitação média anual em torno de 1.440 mm.

Trinta dias antes da semeadura foi realizada calagem para elevação do pH e dos teores de Ca e Mg da área conforme recomendação de Raij et al. (1996). Foram adicionados quinze dias antes da semeadura 600 kg ha⁻¹ do produto Dunito[®] a lancha em área total sem incorporação em 2,7 ha, devidamente marcados dentro do talhão comercial. Por ocasião da semeadura, foi adicionado na linha de semeadura 200 kg ha⁻¹ do formulado 05-25-25 (S9), com densidade de sementes regulada em 4,7 sementes por metro e espaçamento entre linhas de 90 cm. A colheita foi realizada em 18 de Maio de 2019, quando os grãos estavam no estágio farináceo no ponto de silagem.

Foram avaliadas as seguintes características agronômicas:

i) **altura média de plantas (AP):** medida do nível do solo até o nó de inserção do pendão, em m;



ii) **altura média de inserção da primeira espiga (AE)**: medida do nível do solo até a base da espiga superior no colmo, em m;

iii) **diâmetro médio do colmo (DM)**: medido no primeiro entrenó acima do colo da planta, em mm;

iv) **produtividade de espiga com palha no ponto de silagem (PECP) em kg ha⁻¹ e produtividade de espiga sem palha no ponto de silagem (PESP), em kg ha⁻¹**: obtidos pela pesagem das espigas com e sem palhas no ponto de silagem;

v) **produtividade de grãos no ponto de silagem (PG), em kg ha⁻¹**: obtida pela pesagem dos grãos debulhados no ponto de silagem;

vi) **produtividade de massa verde (PMV) em kg ha⁻¹**: obtido pela pesagem das plantas (folha + haste + sabugo + palha da espiga + grão) de cada parcela no momento da colheita;

vii) **proporção de grãos na massa verde (GMV) em %**: obtida pela razão entre PG e PMV x 100.

A AP, AE e o DM foram tomados ao acaso em cinco plantas por parcela, no ponto de colheita do milho para silagem. As características PESP, PECP, PG, PMV e GMV foram mensuradas em todas as plantas de cada parcela, totalizando 3,0 m de cada linha na parcela. A colheita foi realizada cortando as plantas a 20 cm do solo, quando os grãos apresentavam estágio farináceo.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 03 é possível verificar as variáveis altura de planta (AP), altura de inserção da primeira espiga (AE), diâmetro médio do colmo (DM), produtividade de espiga com palha no ponto de silagem (PECP), produtividade de espiga sem palha no ponto de silagem (PESP), produtividade de grãos no ponto de silagem (PG), produtividade de massa verde (PMV) e proporção de grãos na massa verde (GMV) em plantas de milho Feroz da Syngenta



submetidas à adubação de solo com o fertilizante magnesiano Dunito® e sem a adição do mesmo.

Tabela 03. Valores médios de oito características avaliadas em híbrido de milho Feroz da Syngenta destinado para a produção de silagem, com e sem aplicação de fertilizante magnesiano. Jaboticabal – SP, 2019.

Híbrido	AP	AE	DM	PECP	PESP	PG	PMV	GMV
Syn Feroz	----- (m) -----		(mm)	----- (kg ha ⁻¹) -----				(%)
com Dunito	1,08	0,99	28,71	24.059	18.706	8.218	48.315	17,01
sem Dunito	1,10	1,01	21,37	21.695	17.016	7.850	44.732	17,55

AP: altura de plantas (m); AE: altura de espiga (m); DM: diâmetro de colmo (mm); PECP: produtividade de espiga com palha no ponto de silagem (kg ha⁻¹); PESP: produtividade de espiga sem palha no ponto de silagem (kg ha⁻¹); PG: produtividade de grãos no ponto de silagem (kg ha⁻¹); PMV: produtividade de massa verde (kg ha⁻¹) e GMV: proporção de grãos na massa verde (%).

Não houve diferenças para AE e AP entre as plantas que foram submetidas à adubação via solo com Dunito® e sem o produto. Entretanto, os valores obtidos para AP e AE, independente da adubação magnesiana, indicam correlação entre essas duas variáveis, como reportado em diversos trabalhos publicados na literatura científica, uma vez que a estatura da planta aumenta concomitantemente com a altura de inserção da espiga.

Já para o DM a diferença foi visual, com maiores valores para as plantas adubadas com Dunito®. Além disso, estas plantas apresentavam internódios mais curtos e maior ramificação, característica que pode ser observada na Figura 01.



Figura 01. Ilustração representativa do diâmetro médio dos colmos de plantas adubadas com e sem Dunito. Jaboticabal, 2019.



Para a característica PECP, foi observada diferença acentuada entre o peso das espigas com palha no ponto de silagem entre as plantas de milho submetidas à aplicação de Dunito® e sem o referido produto. Esse fato pode ser explicado pela influência do Mg no sistema solo-planta, uma vez que plantas bem nutridas em Mg vegetam mais e, conseqüentemente, acumulam mais fotoassimilados nos grãos, conforme relatam Crusciol, Moretti e Rossi (2017), em trabalho com Dunito® na cultura do milho.

Vale destacar que as palhas das espigas das plantas adubadas com o fertilizante magnesiano encontravam-se mais úmidas e num estágio menos avançado de senescência em relação às palhas das espigas das plantas não adubadas com o produto. Dessa forma, foi realizada a remoção da palha para verificar diferenças entre as espigas sem interferência deste fato (PESP). O comportamento se repetiu na PESP, porém de maneira menos acentuada em relação à PECP, conforme Tabela 03.

Com base nos resultados, verificou-se que, em média, a produtividade de grãos no ponto de silagem (PG) e a produtividade de massa verde (PMV) foram de 8.218 e 48.315 kg ha⁻¹ para plantas adubadas com Dunito®, respectivamente, contra 7.850 e 44.732 kg ha⁻¹ para as plantas sem o produto, respectivamente. Tal fato indica a influência positiva do nutriente Mg na nutrição e acúmulo de fotoassimilados na cultura do milho, muito exigente no referido nutriente. Resultados semelhantes foram obtidos em outros trabalhos, como em Paziani et al. (2009), que avaliaram características agrônômicas em híbridos de milho para produção de silagem e obtiveram, em média, 6.916 e 50.470 kg ha⁻¹ de produção de grãos no ponto de silagem e produção de matéria verde, respectivamente. Em contrapartida, Santos et al. (2010) obtiveram, em média, 33.800 kg ha⁻¹ de PMV ao avaliar variedades de milho para produção de silagem. De qualquer forma essa correlação entre PG e PMV já era esperada, pois quanto maior a produtividade de grãos maior será o peso das espigas.

A qualidade do grão e da fração fibrosa (caule, folhas, sabugo e palhas) é determinante no valor nutricional do material ensilado (DEMARQUILLY, 1994). Segundo Beleze et al. (2003), a seleção de híbridos de milho para produção de silagem deverá ser baseada na produção de grãos, de matéria seca e de outros componentes da planta como sabugo, colmo, folhas e palhas. Conforme Costa et al. (2000), maiores proporções de espigas no material a ser ensilado contribuem para melhor qualidade da forragem.

Com o avanço tecnológico, ocorreu aumento na relação grão para a fração fibrosa nos modernos híbridos. Segundo Lauer et al. (2001), o aumento da produção e qualidade da silagem de milho pode ser atribuída a um incremento na produção de grãos. Outras características agrônômicas, além da porcentagem de grão na massa são importantes em



programas de seleção de híbridos para silagem, tais como: colmo, folhas, brácteas e sabugo, além da porcentagem de folhas verdes, porcentagem de folhas secas, altura da planta, altura da espiga, porcentagem de plantas acamadas e porcentagem de plantas mortas (ZOPOLLATTO, 2007).

Diante desta situação, alguns trabalhos relacionam a participação de grãos como fator fundamental, sendo que à medida que aumenta a participação de grãos, ocorre incremento na qualidade da silagem. A porcentagem de grãos na massa verde (GMV), conforme verificado em Tabela 03, não foi diferente entre as plantas adubadas com e sem o fertilizante magnésiano, embora diferenças na produção de grãos e massa verde foram identificadas. Uma possível explicação para o não aumento da GMV nas plantas adubadas com Dunito[®] pode ser atribuída ao fato de que o nutriente Mg, objeto do presente estudo, atua de forma significativa tanto nas reações bioquímicas relacionadas às fases vegetativas (magnésio presente na clorofila) como na fase de produção e enchimento dos grãos. Dessa forma, havendo um aumento na produção dessas duas variáveis conseqüentemente a GMV vai variar muito pouco, podendo esta também ser uma característica genética do material utilizado.

6 – CONCLUSÃO

O fertilizante magnésiano Dunito[®] promove aumentos na produção de massa verde e na produtividade de grãos de milho destinado à produção de silagem de maneira significativa.

7 – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABDEL-HALEEM, A.S.; SCROON, A.; EL-BAHI, S.M.; ZOHNY, E. Heavy metals and rare earth elements in phosphate fertilizer components using instrumental neutron activation analysis. **Applied Radiation and Isotopes**, v.55, p.569-573, 2001.

ASSIS, L. G.; DIAS, F. M. Estudo da viabilidade da utilização da rocha dunito, proveniente de Catas Altas - MG, como agregado para concreto. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**, Resende, 2007.

BARKER, W. W.; WELCH, S. A.; BANFIELD, J. F. Biogeochemical weathering of silicate minerals. **Reviews in Mineralogy and Geochemistry**, Chantilly, v. 35, p. 391 – 428, 1997.



BELEZE, J.R.F.; ZEOULA, L.M.; CECATO, U.; DIAN, P. H. M.; MARTINS, E. N.; FALCÃO, A. J. S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estádios de maturação. 2. Concentração dos componentes estruturais e correlações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.3, p.538-545, 2003.

CAKMAK, I.; KIRKBY, E. A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. **Physiology Plantarum**, v. 133, p.692 – 704, 2008.

COSTA, C.; CRESTE, C. R.; ARRIGONI, R. B.; SILVEIRA, A. C.; ROSA, G. J. M.; BICUDO, S. J. Potencial para ensilagem, composição química e qualidade da silagem de milho com diferentes proporções de espigas. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 22, n. 3, p. 835-841, 2000.

CRUSCIOL, C.A.; MORETTI, L.; ROSSI, R. Avaliação da eficiência do fertilizante Dunito - (Silicato de Magnésio) em comparação com fertilizante magnesiano padrão ($MgCO_3$) na adubação de plantio na soja e milho. **Laudo técnico de eficiência e praticabilidade agronômica**. Faculdade de Ciências Agronômicas (UNESP). Botucatu, 49 p. 2017.

DEMARQUILLY, C. Facteurs de variation de la valeur nutritive du maïs ensilage. **INRA. Production Animal**, v.7, n.3, p.177-189, 1994.

GRISNTED, M. J.; HEDLEY, M. J.; WHITE, R. E.; NYE, P. H. Plant induced changes in the rhizosphere of rape (*Brassica napus* var. Emerald) seedling: 1. pH change and the increase in P concentrations in the soil solution. **New Phytologist**, v. 91, n.1, p. 19 – 29, 1982.

HARLEY, A.D.; GILKES, R.J. Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock powders: a geochemical overview. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 56, p. 11-36, 2000.

HISINGER, P.; BARROS, O. N. F.; BENEDETTI, M. F.; NOACK, Y.; CALLOT, G. Plant induced weathering of a basaltic rock: experimental evidence. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, London, v. 65, p. 137 – 152, 2001.



LAUERS, J. G.; COORS, J. G.; FLANNERY, P. J. Forage yield and quality of corn cultivars developed in different eras. **Crop Science**, v. 41, n. 1, p. 1449-1455, 2001.

NEUMANN, G.; ROMHELD, G. Rhizosphere chemistry in relation to plant nutrition. In: MARCHNER, P. (Ed.). **Mineral nutrition of higher plants**, 3 ed. Academic Press, 2012. 650 p.

WELCH, S. A.; ULLMAN, W. J. The effect of organic acids on plagioclase dissolution rates and stoichiometry. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, London, v. 57, p. 2725 – 2723, 1993.

ZOPOLLATTO, M. Avaliação do efeito da maturidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) para silagem sobre a produtividade, composição morfológica e valor nutritivo da planta e seus componentes. 2007. 210f. **Tese** (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

8 – ANEXOS

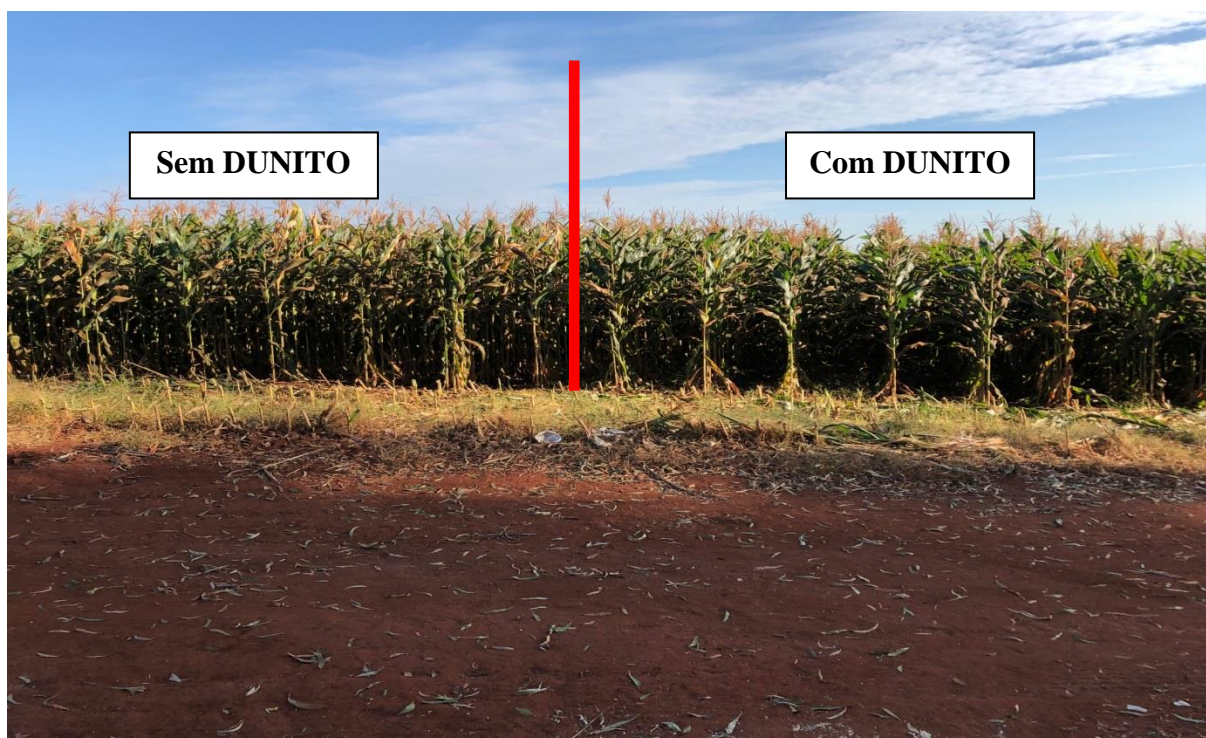


Figura 02. Ilustração frontal da área comercial destinada ao estudo com o fertilizante magnésiano. Jaboticabal – SP, 2019.





Figura 03. Ilustração das espigas sem palha no ponto de silagem. Jaboticabal – SP, 2019.

