

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

GUILHERME MASCARELLO

**DOSES CRESCENTES DE CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA NUM LATOSSOLO
VERMELHO EUTROFÉRICO E ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO, PLANTA
E DE CARACTERES AGRONÔMICOS DA CANOLA**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2019

GUILHERME MASCARELLO

**DOSES CRESCENTES DE CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA NUM LATOSSOLO
VERMELHO EUTROFÉRICO E ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO, PLANTA
E DE CARACTERES AGRONÔMICOS DA CANOLA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Dr. José Barbosa Duarte Jr.

Coorientadora: Dr^a. Maria do Carmo Lana

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2019

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Mascarello, Guilherme

Doses crescentes de calcário e gesso agrícola num LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico e alterações químicas do solo, planta e de caracteres agronômicos da canola / Guilherme Mascarello; orientador(a), José Barbosa Duarte Júnior; coorientador(a), Maria do Carmo Lana, 2019.
57 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2019.

1. Canola. 2. Calcário. 3. Gesso Agrícola. 4. Nutrição de Plantas. I. Barbosa Duarte Júnior, José. II. Carmo Lana, Maria do . III. Título.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



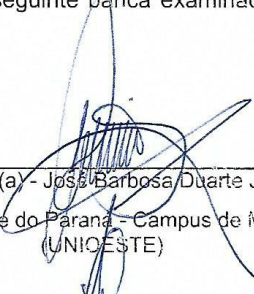
PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

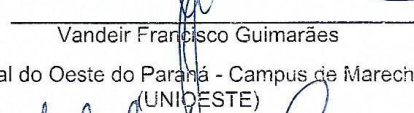
GUILHERME MASCARELLO

Doses crescentes de calcário e gesso agrícola num LATOSSOLO VERMELHO
Eutroférico e alterações químicas do solo, plantas e de caracteres agrônômicos da
canola

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia
em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em
Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de
Culturas, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:


Orientador(a) - José Barbosa Duarte Júnior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon
(UNIOESTE)


Vandeir Francisco Guimarães

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon
(UNIOESTE)


Gilberto Omar Tomm

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA)


Augustinho Borsoi

Faculdade Assis Gurgacz (FAG)

Marechal Cândido Rondon, 28 de fevereiro de 2019

**Ao meu irmão Henrique (*in memoriam*)
pelo nosso eterno amor e amizade...**

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e Nossa Senhora Aparecida pelas graças, bênçãos e força durante essa etapa da minha vida.

Aos familiares que me apoiaram, meu pai Vanderlei que é exemplo de homem trabalhador e que sempre me apoiou nos meus estudos. A minha mãe Marcia que é a maior incentivadora e que sempre acreditou no meu potencial. Ao meu tio Adilson que é o melhor amigo e exemplo de caráter e honestidade. Aos meus avós pelo apoio em tudo que faço. Ao meu irmão Henrique (*in memoriam*) que durante 14 anos alegrou nossas vidas e nos deu muito amor, te amarei eternamente meu irmão!

Ao professor Dr. José Barbosa Duarte Júnior, pelos ensinamentos, orientação e amizade.

A professora Dr^a Maria do Carmo Lana, pela coorientação, ensinamentos e por disponibilizar o laboratório de fertilidade do solo para realização das análises.

Ao meu amigo e professor Dr. Luiz Antônio Zanão Júnior, obrigado por todos os ensinamentos e incentivo para que eu optasse pelo mestrado.

Aos amigos de UNIOESTE, Daiane, Vitor, Silvio, Luanna, Jaqueline, Willian, Dyogo, Giovana, Lucas, Paulo, Deisi, Viviane, Bruna, Carlos, Tatiane, Tauane, Noéle, Leila.

Agradeço em especial aos meus amigos Rodrigo, André, Claudinei, Luana, Djulia, Régis, Derli por toda força e incentivo.

Aos meus colegas do Grupo de Estudos e Pesquisas Avançadas em Fitotecnia – GEPAF.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade.

A todos os professores e funcionários da UNIOESTE e do PPGA que de alguma forma contribuíram na realização deste trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão de bolsa de estudos e apoio financeiro.

A EMBRAPA Trigo e ao Dr. Gilberto Omar Tømm pela parceria técnico/científica e fornecimento de insumos e sementes para a elaboração e execução desta pesquisa.

A todos que de alguma forma contribuíram neste trabalho, muito obrigado!

RESUMO

MASCARELLO, Guilherme, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro – 2019. **Doses crescentes de calcário e gesso agrícola num LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico e alterações químicas do solo, plantas e de caracteres agronômicos da canola.** Orientador: Dr. José Barbosa Duarte Júnior. Coorientador (a): Dra. Maria do Carmo Lana.

Os solos tropicais se caracterizam por apresentarem baixa fertilidade natural e elevados teores de Al e Fe. Nessas condições, a utilização de corretivos e condicionadores de solo é fundamental para corrigir a acidez e fornecer nutrientes. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de calcário e gesso agrícola sobre o pH do solo, teor foliar de nutrientes e as características agronômicas do híbrido Hyola 433. O experimento foi conduzido em vasos de polietileno de 5 dm³, em cultivo protegido no município de Marechal Cândido Rondon durante os anos de 2017 e 2018, onde utilizou-se um LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico como substrato. Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 4, com quatro doses de calcário (0, 325, 650 e 1300 mg dm⁻³) e quatro doses de gesso agrícola (0, 125, 250 e 500 mg dm⁻³). A aplicação de gesso agrícola não influenciou significativamente as variáveis analisadas durante os dois anos de experimentação. A aplicação de calcário na cultura da canola implicou em aumento linear no pH do solo, sendo que para cada 100 mg dm⁻³ de calcário aplicado estima-se elevação de 0,08 e 0,03 do pH do solo nos anos de 2017 e 2018, respectivamente. Da mesma forma a aplicação de calcário proporcionou aumento nos teores foliares de K, Ca e Mg, sendo esse aumento linear, onde a maior dose aplicada (1300 mg dm⁻³) resultou nos maiores teores destes nutrientes. Aumentos lineares também foram verificados para características biométricas e agronômicas da cultura da canola sendo que para a AP aplicando a maior dose (1300 mg dm⁻³) obteve-se uma AP de 27 cm, sendo aproximadamente 8% superior em relação a testemunha (sem aplicação de calcário). O aumento também ocorreu de forma linear para o NGS e MMG quando se aplicou doses crescentes de calcário, sendo que aplicando a dose de 1300 mg dm⁻³ de calcário se obteve média de 16 grãos por siliqua (NGS) e uma MMG de aproximadamente 3,57 g, sendo esses valores 23 e 17% superiores em relação a testemunha. Não houve aumento significativo da produtividade com a aplicação de calcário e gesso agrícola sendo que a média de produtividade dos anos de 2017 e 2018 foi de 6,57 g planta⁻¹.

Palavras-chave: Acidez do solo. *Brassica napus* L. Nutrição de plantas.

ABSTRACT

MASCARELLO, Guilherme, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, February – 2019. **Increasing doses of lime and gypsum in a RED LATOSOL Eutroferric and chemical alterations of soil, plants and canola agronomic characters.** Advisor: Dr. José Barbosa Duarte Júnior. Co-Advisors: Dra. Maria do Carmo Lana.

Tropical soils are characterized by low natural fertility and high levels of Al and Fe. Under these conditions, the use of correctives and soil conditioners are fundamental to correct the acidity and to provide nutrients. The objective of this work was to evaluate the effects of the application of lime and gypsum on the soil pH, foliar content of nutrients and the agronomic characteristics of Hyola 433 hybrid. The experiment was carried out in polyethylene pots of 5 dm³, in protected cultivation in the municipality of Marechal Cândido Rondon during the years 2017 and 2018, where a RED LATOSOL was used as substrate. The experimental design was a randomized complete block design with four replicates, in a 4 x 4 factorial scheme, with four doses of lime (0, 325, 650 and 1300 mg dm⁻³) and four doses of gypsum (0, 125, 250 and 500 mg dm⁻³). The application of gypsum did not significantly influence the variables analyzed during the two years of experimentation. The application of lime in the canola crop implied a linear increase in soil pH, and for each 100 mg dm⁻³ of limestone applied, it is estimated an increase of 0,08 and 0,03 in soil pH in the years 2017 and 2018, respectively. Likewise, the application of lime resulted in increased leaf contents of K, Ca and Mg, with a linear increase, where the highest dose applied (1300 mg dm⁻³) resulted in the highest levels of these nutrients. Linear increases were also verified for biometric and agronomic characteristics of the canola crop, and for the AP applying the highest dose (1300 mg dm⁻³) a AP of 27 cm was obtained, being approximately 8% higher than the control (without application of lime). The increase also occurred in a linear way for the NGS and MMG when increasing doses of lime were applied, and a dose of 1300 mg dm⁻³ of limestone was obtained with 16 grains per silique (NGS) and an MMG of approximately 3,57 g, those values being 23 and 17% higher than the control. There was no significant increase in productivity with regard to the application of lime and gypsum, and the average productivity of the years 2017 and 2018 was 6.57 g plant⁻¹.

Keywords: Soil acidity. *Brassica napus* L. Plant nutrition.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 ORIGEM DA CULTURA DA CANOLA	3
2.2 CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA DA CANOLA	3
2.3 AGRONEGÓCIO DA CANOLA	5
2.4 EXIGÊNCIAS EDAFO-CLIMÁTICAS DA CANOLA.....	6
2.5 ÁCIDEZ DO SOLO.....	7
2.6 CORREÇÃO DA ÁCIDEZ DO SOLO	8
2.7 GESSAGEM.....	9
REFERÊNCIAS.....	10
3 ARTIGO I – TEOR FOLIAR DE NUTRIENTES DA CANOLA EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA NUM LATOSSOLO VERMELHO.	15
RESUMO.....	15
3.1 INTRODUÇÃO	17
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
3.4 CONCLUSÃO.....	27
3.5 REFERÊNCIAS.....	28
4ARTIGO II - CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA CANOLA EM FUNÇÃO DE DOSES DE CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA NUM LATOSSOLO VERMELHO.....	31
RESUMO	31
4.1 INTRODUÇÃO	33
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.4 CONCLUSÕES	42
4.5 REFERÊNCIAS.....	43
5 CONCLUSÕES GERAIS	46

1 INTRODUÇÃO

A canola (*Brassica napus* L. var. oleífera) é uma das plantas mais cultivadas no mundo, sendo a terceira dentre as oleaginosas, atrás apenas do dendê e da soja. Pertence a família Brassicaceae e ao gênero *Brassica* e foi desenvolvida através do melhoramento genético da colza, o termo canola um acrônimo de CANadian Oil Low Acid, termo designado a cultivares com baixo teor de ácido erúico (menos de 2% do total de ácidos graxos) e glucosinato (menos de 30 $\mu\text{mol g}^{-1}$ de farelo seco desengordurado) (FIGUEIREDO et al., 2003; CANADIAN COUNCIL OF CANADA, 2017).

Apesar de ser a terceira oleaginosa mais produzida mundialmente, a produção brasileira é pequena em relação a outros países, sendo que na safra 2017/2018 a área cultivada no Brasil foi de aproximadamente 48 mil hectares com uma produção de 41 mil toneladas (CONAB, 2018). As pesquisas com canola iniciaram no Brasil em 1974 no estado do Rio Grande do Sul e posteriormente na década de 1980 no Paraná.

Por ser uma cultura com boa adaptação a baixas temperaturas torna-se ideal para cultivo de inverno no sul do país, além de ser uma importante alternativa para o sistema de rotação de culturas, sendo uma alternativa as gramíneas cultivadas no inverno como é o caso do trigo (KRÜGER et al., 2011). Além disso, apresenta possibilidade de receitas semelhantes, e em alguns casos, até superiores as gramíneas cultivadas atualmente, pois rendimento pode ser de aproximadamente 1500 kg ha⁻¹ nas condições do sul do Brasil (TOMM et al., 2009) e os grãos são comercializados nos mesmos valores da soja.

Alguns fatores limitam a expansão do cultivo de canola no Brasil, dentre eles pode-se destacar a adaptação dos cultivares a determinadas regiões, dificuldades no manejo da cultura, principalmente na semeadura e colheita e conhecimentos sobre o manejo de pragas, doenças e adubação da cultura. Em relação à nutrição requerida para a cultura, Tomm (2007) destaca que a canola requer solos de média a alta fertilidade, profundos e bem drenados. Além disso, a canola é sensível à toxidez por alumínio e o pH ideal para o desenvolvimento da cultura é de 5,5 – 6,0 e também necessita de grandes quantidades de N e S.

Os solos brasileiros, em sua maioria, se caracterizam por serem naturalmente ácidos, apresentando elevados teores de alumínio e ferro. A acidez influencia diretamente as plantas cultivadas, pois altera a química da fertilidade do solo, afetando o desenvolvimento das plantas e limitando a absorção de água e nutrientes, afetando diretamente no sistema radicular (CIOTTA et al., 2004). Em solos ácidos também ocorre deficiência de Ca e a disponibilidade

de nutrientes como N, P, K, Mg, S e Mo diminui, e pode ocorrer toxidez por Mn (FAGERIA, 2001; RODRIGHERO et al., 2015).

A principal forma de eliminar os efeitos tóxicos da acidez é através da utilização de corretivos. O calcário é o corretivo de solo mais utilizado na agricultura, por ser de baixo custo, e estar disponível em grandes quantidades. É um produto de baixa solubilidade em água e sua ação neutralizante é dependente da superfície relativa e da umidade do solo (TEDESCO e GIANELLO, 2000). Se realizada de forma correta, a calagem neutraliza o Al^{+3} e H^{+} , fornece Ca e Mg (importantes macronutrientes), aumenta a CTC efetiva, reduz a lixiviação de bases, aumenta a atividade biológica do solo. Esses fatores possibilitam um maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas e facilitam a absorção de água e de nutrientes (SOUSA et al., 2007).

Com a introdução do sistema de plantio direto, na década de 1970, houve redução de perdas de solo e de nutrientes por erosão, mas esse sistema fez com que o calcário, que antes era incorporado no solo passasse a ser aplicado em superfície, sem incorporação. A partir dessa mudança, houveram muitas controvérsias a respeito da calagem em superfície, principalmente devido à baixa mobilidade do calcário no solo (SOUSA et al., 2007). Pesquisas realizadas por Ritchey et al. (1982) e Pavan et al. (1984), estes observaram baixa ou nenhuma movimentação do calcário em subsuperfície.

Dessa forma surgiu como uma alternativa para o manejo da acidez em profundidade, quando não ocorre o revolvimento do solo, a aplicação do gesso agrícola. Por ser de alta mobilidade no solo, assim que aplicado na superfície ocorre a dissociação de Ca e S que são lixiviados para a subsuperfície onde ocorre a formação do sulfato de alumínio, que não é tóxico as plantas (NEIS et al., 2010). Observaram a eficiência do gesso na redução dos efeitos da acidez no subsolo (CARVALHO e RAIJ, 1997; RAIJ et al., 1998; CAIRES et al., 2004).

Para corrigir a acidez e deficiência de Ca e Mg em superfície, a calagem é uma prática que apresenta resultados satisfatórios. Entretanto, para eliminar os efeitos do Al em subsuperfície, o gesso agrícola auxilia na movimentação de cátions para essas camadas e se ligam ao Al, tornando-o não tóxico as plantas cultivadas. Sendo assim, a utilização de calcário juntamente com o gesso agrícola tem potencial para proporcionar aumento dos teores de nutrientes foliares da canola, e beneficiar as características agronômicas da cultura. O objetivo deste trabalho foi determinar a curva de resposta ao emprego de calcário e gesso agrícola e seu efeito nas características agronômicas e teor foliar de nutrientes da canola.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ORIGEM DA CULTURA DA CANOLA

A canola foi desenvolvida a partir da domesticação da colza, conhecida desde os primórdios da civilização. Existem relatos da cultura na Índia datados de 2.000 a.C. A domesticação da cultura ocorreu na Europa durante a Idade Média onde o óleo era utilizado em lamparinas. Posteriormente passou a ser utilizado como lubrificante de motores a vapor. Os primeiros cultivos comerciais da cultura ocorreram no Canadá em 1942 utilizando o óleo produzido como lubrificantes de navios (GENE TECHNOLOGY REGULATOR, 2002).

Durante a Segunda Guerra Mundial aumentou a demanda de lubrificantes para as máquinas a vapor de navios de guerra e mercantes, onde praticamente toda a produção de óleo era destinada a essa finalidade. No mesmo período ocorreu um bloqueio de fontes lubrificantes vindos da Europa e Ásia para o continente Americano, isso estimulou o cultivo de colza no Canadá, no início dos anos 1940. No mesmo período iniciaram as pesquisas por cultivares de colza com baixos teores de ácido erúico e glucosinolato visando atender a demanda de óleo para o consumo humano (CORDEIRO et al., 1999).

Nesse período surgiram nomenclaturas para a colza, sendo HEAR (elevados teores de ácido erúico – até 50%) e LEAR (inferior a 2% de ácido erúico). A nomenclatura Canola, que inicialmente era a marca registrada, tornou-se nome popularmente conhecido para indicar cultivares com óleo de baixo teor de ácido erúico (inferior a 2%) e máximo de 30 micromoles de glucosinolato no farelo, sendo a primeira cultivar de canola lançada em 1974 denominada “Tower” (CARLSSON, 2007; CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2017).

No Brasil as pesquisas com canola iniciaram no Rio Grande do Sul no ano de 1974, onde através de seleções massais em materiais de origem sueca, canadense e alemãs que deram origem a cultivar de polinização aberta. Posteriormente as pesquisas se iniciaram no Centro Nacional de Pesquisas em Trigo EMBRAPA, Passo Fundo-RS onde foram selecionadas as primeiras cultivares com padrão de canola, que apresentavam rendimentos e características semelhantes aos obtidos no Canadá (DIAS, 1992).

2.2 CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA DA CANOLA

A canola (*Brassica napus* L. var. oleífera) é uma oleaginosa que pertence à família Brassicaceae e ao gênero *Brassica*, foi desenvolvida através do melhoramento genético da

colza, sendo a nomenclatura canola um acrônimo de Canadian Oil Low Acid e foi utilizado para indicar cultivares desenvolvidas no Canadá com baixos teores de ácido erúico (menos de 2% de ácidos graxos) e glucosinolato (menos de 30 $\mu\text{mol g}^{-1}$ de farelo seco desengordurado) (CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2017).

A canola pertence a um grupo de espécies cultivadas em regiões de clima temperado. Existem cinco espécies cultivadas no mundo (STAFF, 2002). 1) *Brassica napus* L. var. oleífera – é a espécie mais cultivada no Canadá e na Europa. Existem cultivares de inverno e primavera, sendo que no Brasil se empregam apenas cultivares de primavera, da espécie *Brassica napus* semeadas no outono/inverno. 1) *Brassica napus* - Caracterizam-se por serem espécies anuais semi-autógma que apresentam mais de 30% de polinização cruzada e sementes de cor preta. 2) *Brassica campestris* – cultivada na Europa e no Oeste canadense, tem um ciclo mais precoce que a *B. napus*. 3) *Brassica juncea* – conhecida como mostarda, adapta-se a regiões secas e apresenta um ciclo precoce. 4) *Brassica carinata* – cultivada na África, e apresenta um ciclo de crescimento lento. 5) *Sinapis alba* – conhecida como mostarda branca, utilizada como condimento.

A *Brassica napus* L. é uma planta herbácea, com hastes eretas, ascendente e ramificadas. As plantas tem estatura variada entre 0,5 a 1,7 metros e possuem sistema radicular pivotante e grande quantidade de raízes fasciculadas secundárias. As folhas inferiores são pecioladas e formam rosetas, após a elongação do caule, as folhas emitidas são lanceoladas. As flores são amarelas, com quatro pétalas e quatro sépalas, dispendo-se em cachos simples na extremidade do caule principal e em cada uma das ramificações. O fruto da canola é uma siliqua com formato capsular, seco, alongado e bivalvo de 5 a 7 cm e pode conter de 20 a 30 sementes em cada siliqua (CORDEIRO et al., 1999). Apenas 40 a 50% das flores formam síliquis produtivas, sendo que as demais abortam naturalmente e a maturação dos grãos ocorre 60 dias após o florescimento (IRIARTE et al., 2008). As síliquis apresentam deiscência quando maduras, e as sementes caem com facilidade. Os grãos de canola produzidos no Brasil apresentam teor de óleo de 38% e proteína de aproximadamente 24 a 27%, o peso de mil grãos varia de 4 a 6 gramas (TOMM et al., 2009).

A canola, assim como as demais culturas, apresenta durante seu ciclo um período vegetativo e o reprodutivo. O ciclo da cultura pode variar conforme a cultivar de 107 a 166 dias desde a emergência até a maturação fisiológica. A duração de cada estágio fenológico da cultura é influenciada pela temperatura, fotoperíodo, nutrição de solo e pelas características de cada cultivar (CORDEIRO et al., 1999).

Os estádios fenológicos da canola são: A – estágio cotiledonar, folhas verdadeiras ausentes, B₁ – uma folha verdadeira desenrolada, B₂ – duas folhas verdadeiras desenroladas, B₃ – três folhas verdadeiras desenroladas, B₄ – quatro folhas verdadeiras desenroladas, B₅ – cinco folhas verdadeiras desenroladas, B₆ – seis folhas verdadeiras desenroladas, B_n – n folhas verdadeiras desenroladas, C₁ – aumento de vegetação e aparecimento de folhas jovens, C₂ – entrenós visíveis, D₁ – gemas unidas, escondidas pelas folhas terminais, D₂ – inflorescência principal desenrolada, gemas unidas, inflorescência secundária visível, E – gemas separadas, pedúnculos florais que se alargam, F₁ – primeiras flores abertas, F₂ – alongamento do ramo floral, grande número de flores abertas, G₁ – queda das primeiras pétalas, as dez primeiras siliquas com largura inferior a 2 cm. Floração das inflorescências secundárias ocorre nessa fase, G₂ – as dez primeiras siliquas tem largura entre 2 e 4 cm, G₃ – as dez primeiras siliquas tem largura superior a 4 cm, G₄ – as dez primeiras siliquas começam a madurar, G₅ – coloração dos grãos (CORDEIRO et al., 1999).

2.3 AGRONEGÓCIO DA CANOLA

A canola é cultivada em diversos países, sendo que o maior produtor mundial são os países da União Européia (com destaque para Alemanha e França), com 20 milhões de toneladas, seguida por Canadá, com 18,5 milhões de toneladas e China com uma produção de 13,5 milhões de toneladas. A cultura destaca-se como terceira oleaginosa mais produzida no mundo com 15% da produção de óleos vegetais, ficando atrás apenas da soja e dendê com 29 e 34% respectivamente (USDA, 2017; CONAB, 2018). A canola possui aproximadamente o dobro do conteúdo de óleo que a soja, já o farelo desengordurado possui menos proteína (VASCONCELOS, 1998).

A produção brasileira de canola é insuficiente em relação à demanda, atendendo a apenas 30% do consumo. Além disso, existe uma perspectiva de aumento de participação do óleo de canola no mercado de óleos no Brasil, sendo que atualmente o consumo represente apenas 1%, enquanto em países como os Estados Unidos esse percentual seja de aproximadamente 20% (PERES et al., 2005). No Brasil a área cultivada com canola na safra 2017/2018 foi de 48 mil hectares com uma produção de aproximadamente 41 mil toneladas, resultando em uma produtividade média de 854 kg ha⁻¹. Os principais estados produtores de canola são Rio Grande do Sul e Paraná. A cultura se adapta a baixas temperaturas e é uma alternativa de cultivo de inverno na região sul do Brasil, além de ser uma opção interessante para o sistema de rotação de culturas (CONAB, 2018; KRÜGER et al., 2011).

Dentre os principais usos da canola destaca-se o consumo de óleo *in natura* sendo indicado por médicos e nutricionistas como o óleo com a melhor composição de ácidos graxos para atender dietas saudáveis. O óleo de canola possui o menor teor de gorduras saturadas, sendo de apenas 6%, contra 11% no óleo de girassol, 15% no de soja e oliva, além disso, o óleo de canola apresenta o maior teor de ácido alfa-linoleico (Ômega-3) (TOMM et al., 2009).

Após a extração do óleo os fragmentos da torta passam por um tratamento para estabelecimento do farelo. O farelo possui alto teor proteico para alimentação de bovinos, aves e suínos (VASCONCELOS, 1998). O óleo de canola é transesterificado para uso como biodiesel, sendo que na Europa o principal uso do óleo de canola é para produção de biocombustível (TOMM et al., 2009).

2.4 EXIGÊNCIAS EDAFO-CLIMÁTICAS DA CANOLA

A canola é uma planta amplamente cultivada em ambientes semi-áridos, como Austrália e Canadá, durante o ciclo da cultura precipitações na média de 350-500 mm são suficientes para o desenvolvimento e estabelecimento da cultura. Solos encharcados podem causar perdas de rendimentos de até 50%, pois a canola exige solos bem drenados (THOMAS, 2003).

Em relação à temperatura, a canola é uma cultura originária de regiões de clima temperado. A temperatura base inferior da canola é de 5°C, ou seja, abaixo dessa temperatura o desenvolvimento é paralisado (MORRISON et al., 1989). A temperatura considerada ótima para o desenvolvimento da canola é de 20°C, e a partir de 27°C podem ocorrer problemas como abortamento de flores e siliquis. No florescimento o ideal é que a temperatura seja amena, sendo como ideal entre 13 e 22°C (THOMAS, 2003).

Em termos nutricionais, a canola é uma cultura que exige solos de média a alta fertilidade, tendo bom desenvolvimento em solos de textura média (franco-argilosos, franco-arenosos) sendo preferíveis solos profundos e bem drenados. Além disso, a cultura é sensível à toxidez de alumínio no solo e o pH ideal para o desenvolvimento das plantas é de 5,5 a 6,0 (CASTRO e BOARETTO, 2004; TOMM et al., 2009).

Os fertilizantes utilizados devem conter nitrogênio, fósforo e potássio, pois esses nutrientes desempenham funções importantes e contribuem para altos rendimentos da cultura. Além disso, a canola é uma cultura que demanda grandes quantidades de enxofre. É frequente

a deficiência de nitrogênio e enxofre em solos ácidos ou com baixo teor de matéria orgânica sendo necessário realizar a correção do solo (TOMM, 2007).

2.5 ÁCIDEZ DO SOLO

Os solos das regiões tropicais são naturalmente ácidos em decorrência do seu material de origem e devido ao intemperismo causado por agentes climáticos. Regiões com altas precipitações tem maior tendência à acidificação do solo pela remoção de cátions básicos como K, Ca, Mg e Na e com isso ocorre o acúmulo de cátions ácidos como Al e H. Outro fator que contribui para a acidificação dos solos são os cultivos, que absorvem cátions básicos para a cultura e exportam com a colheita. Além disso, os fertilizantes amoniacais utilizados em grandes quantidades acidificam o solo devido à nitrificação do amônio (SOUSA et al., 2007). Esse processo de nitrificação faz com que ocorra um aumento de íons H^+ na solução, aumentando a acidez do solo (HELYAR, 2003).

O solo é considerado de caráter ácido quando está com pH abaixo de 7,0. A acidez do solo é o resultado de três fatores, sendo quantidade, intensidade e capacidade ou poder tampão da acidez. A intensidade é a quantidade de H^+ no solo, já o fator quantidade está relacionado a concentração de H^+ e Al^{3+} adsorvidos aos colóides. Sendo assim, a acidez do solo é dividida em acidez ativa (intensidade), acidez trocável (quantidade) e não trocável (SOUSA et al., 2007). A atividade de íons H^+ que estão dissociados na solução do solo representam a acidez ativa medida através do pH, já a acidez trocável é representada pelo Al^{3+} que se liga por forças eletrostáticas as cargas negativas da matriz do solo. Além disso, o Al^{3+} faz parte da acidez potencial, que representa a concentração de íons H^+ e Al^{3+} que não se dissociaram e estão em equilíbrio na solução do solo. A acidez não trocável refere-se as ligações covalentes entre íons H^+ a matriz do solo. Todos esses componentes interferem na capacidade de troca catiônica do solo (CTC), sendo que esta mede a capacidade de o solo reter cátions que serão utilizados como nutrientes pelas plantas (RAIJ, 2011).

A alta concentração de H^+ no solo, tornando o solo com pH ácido, não é um fator limitante para o crescimento e desenvolvimento das plantas desde que tenha o fornecimento e suprimento adequado dos nutrientes e ausência de elementos em concentrações tóxicas. Mas isso não ocorre em solos naturalmente ácidos, pois apresentam teores elevados de Mn^{2+} e Al^{3+} que são elementos tóxicos para as plantas. Elevados teores de Al^{3+} no solo provocam o engrossamento das raízes além da redução do desenvolvimento, diminuindo a absorção de água e nutrientes. Já o excesso de Mn^{2+} afeta principalmente o crescimento foliar com reflexos negativos na produção da cultura (SOUSA et al., 2007).

2.6 CORREÇÃO DA ÁCIDEZ DO SOLO

A correção da acidez do solo se faz necessária para promover uma maior absorção de água e nutrientes de forma que as plantas possam expressar todo seu potencial produtivo. O insumo mais utilizado para realizar a correção do solo na camada superficial é o calcário, e nas camadas subsuperficiais o gesso agrícola (SOUSA e LOBATO, 2004).

Ao aplicar o calcário (carbonato de cálcio e carbonato de magnésio) o corretivo reage com o hidrogênio do solo liberando água e CO_2 e o alumínio é insolubilizado na forma de hidróxido de alumínio. Quando se utilizam outros corretivos de acidez como cal hidratada, calcário calcinado e cal virgem, que são bases fortes a neutralização da acidez do solo ocorre na reação da hidroxila (OH^-) com o H^+ da solução do solo (LOPES et al., 1990). A calagem é a prática mais utilizada para correção da acidez do solo, e quando adequada eleva o pH do solo e a saturação por bases e fornece Ca e Mg. Com a elevação do pH ocorre uma redução da toxidez por Al. Além disso, possibilita um maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, aumentando a absorção de água e nutrientes (MIRANDA e MIRANDA, 2000).

A reação do calcário no solo é lenta e dependente, principalmente da disponibilidade de água. Dessa forma recomenda-se a aplicação do corretivo com alguns meses de antecedência a implantação da cultura, para que na fase de estabelecimento da cultura a acidez já tenha sido corrigida, mesmo que de forma parcial (SOUSA et al., 2007).

O pH ideal de culturas como soja, milho, trigo, feijão e canola é de aproximadamente 6,0 ficando evidente a necessidade de corrigir o solo em regiões com problemas de acidez (FAGERIA e ZIMMERMANN, 1998; TOMM et al., 2009). Com a introdução do sistema de plantio direto na palha na década de 1970, grande parte das áreas agricultáveis do país passou a utilizar esse sistema. A calagem que antes era realizada com incorporação passou a ser realizada superficialmente (RAMPIM et al. 2011).

Existem muitas controvérsias em relação à aplicação do calcário em superfície, pois é um corretivo de baixa solubilidade e pequena mobilidade no solo, ficando a ação do calcário limitada a camada superficial do solo, segundo Ritchey et al. (1982) e Caires et al. (1998). Já outros autores citam que mesmo aplicando o calcário de forma superficial os benefícios dessa prática são notórios (CORREA et al., 2007; SORATTO e CRUSCIOL, 2008). Existem informações conflitantes a respeito da eficiência da calagem realizada superficialmente em sistemas de plantio direto, principalmente a respeito da eficiência em corrigir a acidez em subsuperfície e os critérios para recomendação dessa prática.

Para tal avaliação, deve-se ter em considerações alguns aspectos e características intrínsecas ao solo, principalmente em relação ao poder tampão exercido pelo solo que também afeta a profundidade de atuação das reações que ocorrem com a calagem (ERNANI et al., 2001). Esse poder tampão do solo está ligado à sua capacidade de resistir as mudanças decorrentes da aplicação de ácidos ou bases sem que ocorra alterações no pH, sendo que esse fator está ligado as características do solo. Solos com maior teor de argila ou com elevados teores de matéria orgânica geralmente tem poder tampão maior que solos com baixo teor de argila. Isso ocorre, pois os pontos de troca nos colóides orgânicos e minerais funcionam como receptor de H^+ fazendo com que o pH não tenha grandes alterações (LUCHESE et al., 2001). Dessa forma solos com textura argilosa os efeitos da calagem são menores em profundidade quando aplicados em superfície do que em solos de textura média.

Como a aplicação de calcário em superfície normalmente não corrige todos os problemas de acidez, principalmente em profundidades maiores que dez centímetros, a utilização de outros produtos vem sendo estudada nas ultimas décadas, onde se pode destacar o gesso agrícola (SOUSA et al., 2007).

2.7 GESSAGEM

Uma alternativa de manejo da acidez do solo em profundidade é a utilização do gesso agrícola para melhoria das condições de solo em subsuperfície, ou seja, abaixo da camada corrigida pela calagem, principalmente em solos com argilas de baixa atividade. O gesso é aplicado superficialmente no solo e após sua dissolução será lixiviado até a subsuperfície devido a sua elevada mobilidade na primeira camada do solo. O Ca lixiviado no perfil do solo, favorece o aprofundamento do sistema radicular, isso faz com que em casos de déficit hídrico a planta utilize a água disponível de forma mais eficiente (SOUSA et al., 2007).

Quimicamente, o gesso agrícola trata-se do sulfato de cálcio hidratado ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), que é um sal neutro. É um subproduto da indústria de fertilizantes fosfatados que possui de 20 a 23% de Ca, 15 a 16% de S e quantidades pequenas de P, Zn, Cu e B (MALAVOLTA, 1979; SÁVIO et al., 2011). As reações do produto no solo ocorrem na camada superficial com a dissociação do gesso. Posteriormente ocorre a lixiviação dos íons Ca^{2+} e SO_4^{2-} e do par iônico $CaSO_4^0$ para as camadas mais profundas do solo (20 - 40 cm). É na subsuperfície que ocorrem as principais reações do gesso, onde ocorre a troca iônica do Al

pelo Ca e a formação de sulfato de alumínio (AlSO_4^+), que não é tóxico para as plantas. Além disso, o Al pode ser precipitado na forma de oxihidróxido (PAVAN e VOLKWEISS, 1986).

Diferentemente do calcário, o gesso agrícola não neutraliza a acidez de solo pois não possui ânion CO_3^{2-} para se ligar ao H^+ na solução do solo. Portanto, ele neutraliza apenas o Al^{3+} , isso ocorre porque os ânions SO_4^{2-} tem maior afinidade com os cátions Al^{3+} do que com H^+ , e ao se ligar forma o sulfato de alumínio, e nessa forma a planta não absorve o Al nesta forma molecular (FASSBENDER, 1980). Dessa forma, ao neutralizar Al^{3+} , que faz com que ocorra coagulação de proteínas na planta e limita o desenvolvimento das raízes, a gessagem propicia um sistema radicular vigoroso e bem desenvolvido (MALAVOLTA et al., 1974).

Algumas pesquisas demonstram benefícios sobre a fertilidade do solo com a aplicação do gesso agrícola. Trabalhos relacionados à aplicação de gesso em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico tem demonstrado aumento nos teores de cálcio e enxofre no solo (CAIRES et al., 2004). Em pesquisas desenvolvidas por Rampim et al. (2011) em LATOSSOLO VERMELHO Argiloso, foram verificados aumentos dos teores de Ca e da relação Ca/Mg do solo com aplicação de gesso.

Os principais efeitos da gessagem são verificados em trabalhos com gramíneas como trigo (CAIRES et al., 2004), milho (RAMPIM et al., 2011) e cevada (ZANDONÁ et al. 2015; VICENSI et al., 2016). As pesquisas utilizando gesso agrícola em culturas leguminosas como o feijão e a soja não tem demonstrado efeitos significativos na produção (CAIRES et al., 2006; NEIS et al., 2010; PAULETTI et al., 2014). Gerlain et al. (2011) observaram aumento do teor foliar de S com aplicação de gesso, enquanto Moda et al. (2013) verificaram efeitos positivos nos teores foliares de Ca, K e S na cultura da soja, mas sem aumentos significativos na produtividade da cultura.

REFERÊNCIAS

- CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistemas de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 27-34, 1998.
- CAIRES, E. F.; KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; PADILHA, J. M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 125-136, 2004.
- CAIRES, E. F.; CHURKA, S.; GARBUIO, F. J.; FERRARI, R. A.; MORGANO, M. A. Soybean yield and quality a function of lime and gypsum applications. **Scientia Agrícola**, v. 63, n. 1 p. 370–379, 2006.

CANOLA COUNCIL OF CANADA. **Canola Growers manual**. Winnipeg. Disponível em: www.canolacouncil.org/crop-production/canola-growers-manual-contents. Acesso em: 12 de abril de 2017.

CARLSSON, A. S.; CLAYTON, D.; SALENTIJS, E.; TOONEN, M. **Oil crop platforms for industrial uses**. York, UK: CPL Press, 158 p., 2007.

CARVALHO, M. C. S.; RAIJ, B. V. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant Soil**, p. 37-48, 1997.

CASTRO, A. M. C.; BOARETTO, A. E. Teores e acúmulo de nutrientes em função da população de plantas de canola. **Scientia Agraria**, v. 5, n. 1-2, p. 95–101, 2004.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J.A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v. 28, n. 2, p.317–326, 2004.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2017/2018**. Décimo segundo levantamento. 2018. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br> >. Acesso em: 11 novembro de 2018.

CORDEIRO, L. A. M.; REIS, M. S.; ALVARENGA, E. M. **A cultura da canola**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999.

CORRÊA, J. C.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; MARCELINO, R.; MAUAD, M. Correção da acidez e mobilidade de íons em Latossolo com aplicação superficial de escória, lama cal, lodos de esgoto e calcário. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1307-1317, 2007.

DIAS, J. C. A. **Canola/Colza: alternativa de inverno com perspectiva de produção de óleo comestível e combustível**. Pelotas: EMBRAPA, 42 p., 1992.

ERNANI, P. R.; RIBEIRO, M. S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agrícola**, v. 1, n. 4, p. 825-831, 2001.

FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. Influence of pH on growth and nutrient uptake by crop species in an Oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 29, n. 17, p. 2675-2682, 1998.

FAGERIA, N. K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1419–1424, 2001.

FASSBENDER, H. W. **Química de suelos: con énfasis en suelos de América Latina**. San José (Costa Rica): Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), 398 p., 1980.

FIGUEIREDO, D. F.; MURAKAMI, A. E.; PEREIRA, M. A. S.; FURLAN, A. C.; TORAL, F. L. B. Desempenho e Morfometria da Mucosa de Duodeno de Frangos de Corte Alimentados com farelo de canola, durante o período inicial. **Revista Brasileira de**

Zootecnia, v. 32, n. 6, p. 1321–1329, 2003.

GELAIN, E.; ROSA JUNIOR, E. J.; MERCANTE, F. M.; FORTES, D. G.; SOUZA, F. R.; ROSA, Y. Fixação biológica de nitrogênio e teores foliares de nutrientes na soja em função de doses de molibdênio e gesso agrícola. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 35, n. 2, p.259-269, 2011.

GENE TECHNOLOGY REGULATOR. **The biology and ecology of canola**, 2002. Disponível em: [www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/canola3/\\$FILE/brassica.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/canola3/$FILE/brassica.pdf). Acesso em: 08 de janeiro de 2019.

HELYAR, K. Manejo da acidez do solo a curto e longo prazo. **Informações agronômicas**, Piracicaba, n. 104, p. 1-12, 2003.

IRIARTE, L. B.; VALETTI, O. E.; APPELLA, C. **Descripción de la planta. Cultivo da Colza**. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária – INTA, 156p., 2008.

KRÜGER, C. A. M. B.; SILVA, J. A. G. DA; MEDEIROS, S. L. P.; DALMAGO, G. A.; SARTORI, C. O.; SCHIAVO, J. Arranjo de plantas na expressão dos componentes da produtividade de grãos de canola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 11, p.1448-1453, 2011.

LUCHESI, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos de química do solo**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2001. 182 p.

LOPES, A. S.; SILVA, M. C.; GUILHERME, L. R. G. **Acidez do solo e calagem**. São Paulo: ANDA (Boletim Técnico, 1), 1990, 22 p.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; MELLO, F. A. F.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo: Pioneira, 1974. p. 149-167.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Ceres, 1979. 256 p.

MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C. de. Efeito residual do calcário na produção de milho e soja em solo Glei pouco húmico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 209-215, 2000.

MODA, L. R.; BORGES, B. M.; FLORES, R. A.; DOS SANTOS, C.L.; PRADO, R. M.; SOUSA, J. . Gessagem na cultura da soja no sistema de plantio direto com e sem adubação potássica. **Revista Agroambiente**, v. 2 n. 7, p.129-135, 2013.

MORRISON, M. J.; Mc VETTY, P. B. E.; SHAYKEWICH, C. F. The determination and verification of a baseline temperature for the growth of westar summer rape. **Canadian Journal Plant of Science**, v. 69, p. 455-464, 1989.

NEIS, L.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PINTO, F. A. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na regiões Sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciências do Solo** , v. 34, n. 2, p. 409–416, 2010.

PAULETTI, V.; PIERRI, L.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A. C. V. Efeitos em longo prazo da aplicação de calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 38, n. 2, p. 495–505, 2014.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminium following lime or gypsum applications to a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, p. 33-38, 1984.

PAVAN, M.; VOLKWEISS, S. J. **Efeitos do gesso nas relações solo-planta: princípios**. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, 1985. Anuais. Brasília, p. 107 – 118, 1986.

RAIJ, B. V.; FURLANI, P. R.; QUAGGIO, J. A.; PETTINELLI JR, A. Gesso na produção de cultivares de milho com tolerância diferencial a alumínio em três níveis de calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 101-108, 1998.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 420 p., 2011.

RAMPIM, L.; LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F.; FONTANIVA, S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1687–1698, 2011.

RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; COSTA, U. F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. **Soil Science**, Baltimore, v. 133, p. 378-382, 1982.

RODRIGHERO, M. B.; BARTH, G.; CAIRES, E. F. Aplicação superficial de calcário com diferentes teores de magnésio e granulometria em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 39, n. 6, p. 1723–1736, 2015.

SÁVIO, F. L.; SILVA, G. C.; TEIXEIRA, I. R.; MOTA, J. H.; BORÉM, A. Calagem e gessagem na nutrição e produção de soja em solo com pastagem degradada. **Revista Agrotecnologia**, v.2, n.1, p.19-31, 2011.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 675-688, 2008.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2 ed. Embrapa Cerrados, p. 91-96, 2004.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F., ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds), **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007, 1017 p.

STAFF, O. **Agronomy guide for field crops** – publication 811, 2002. Disponível em: www.omafr.gov.on.ca/english/crops/pub811/p811toc.html. Acesso em: 09 de janeiro de 2019.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C. Escolha do corretivo da acidez do solo. In: KAMINSKI, J. **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2000. p. 95-113.

THOMAS, P. **Canola growers manual**. Winnipeg: Canola Council of Canada, 2003. Disponível em: <http://www.canola-council.org/manual/canolafr.htm>. Acesso em 16 de janeiro de 2019.

TOMM, G. O. **Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 68 p. (Embrapa Trigo. Sistemas de produção, 04). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/174531/1/CNPT-ID09766.pdf>. Acesso em: 16 de janeiro de 2019.

TOMM, G. O.; WIETHOLTER, S.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P. **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 41 p. (Embrapa Trigo. Documentos online, 113). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do149.pdf Acesso em: 16 de janeiro de 2019.

VICENSI, M.; MÜLLER, M. M. L.; KAWAKAMI, J.; NASCIMENTO, R.; MICHALOVICZ, L., LOPES, C. Do Rates and Splitting of Phosphogypsum Applications Influence the Soil and Annual Crops in a No-Tillage System. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, n.1, p.1–17, 2016.

ZANDONÁ, R. R.; BEUTLER, A. N.; BURG, G. M.; BARRETO, C. F.; SCHIMIDT, M. R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do deficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 128–137, 2015.

3 ARTIGO I – TEOR FOLIAR DE NUTRIENTES DA CANOLA EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA NUM LATOSSOLO VERMELHO

RESUMO

Um dos principais fatores limitantes da produtividade das culturas é a acidez do solo e as demais condições químicas do solo em subsuperfície. O objetivo deste trabalho foi determinar a curva de resposta a doses de calcário e gesso sobre o pH do solo, os teores foliares de fósforo, potássio, cálcio e magnésio e a produtividade do híbrido de canola Hyola 433. O experimento foi conduzido em Marechal Cândido Rondon-PR, durante os anos agrícolas de 2017 e 2018 em cultivo protegido, utilizando como substrato LATOSSOLO VERMELHO eutroférico contidos em vasos de 5 dm³. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 4, com quatro doses de calcário (0, 325, 650 e 1300 mg dm⁻³) e quatro doses de gesso agrícola (0, 125, 250 e 500 mg dm⁻³). Não houve interação entre as doses de calcário e gesso agrícola. Houve diferenças significativas na produtividade de grãos do ano 2017 para 2018, sendo constatadas 4,11 e 9,03g planta⁻¹, respectivamente. Portanto, a diferença chegou a aproximadamente 120% e possivelmente ocasionada pelas diferenças de temperatura e épocas de semeadura. A aplicação de gesso agrícola não influenciou significativamente as variáveis analisadas durante os dois anos de experimentação. A aplicação de calcário na cultura da canola implicou em aumento significativo e de forma linear no pH do solo, sendo que para cada 100 mg dm⁻³ de calcário aplicado estima-se elevação de 0,08 e 0,03 do pH do solo nos anos de 2017 e 2018, respectivamente. Da mesma, forma a aplicação de calcário proporcionou aumento nos teores foliares de K, Ca e Mg, sendo esse aumento linear, onde a maior dose aplicada (1300 mg dm⁻³) resultou nos maiores teores destes nutrientes. Não houve aumento significativo da produtividade de grãos com a aplicação de calcário e gesso agrícola, e a média de produtividade dos anos de 2017 e 2018 foi de 6,57 g planta⁻¹.

Palavras-chave: Acidez do solo. *Brassica napus* L. Correção de solo.

FOLIAR CONTENT OF CANOLA NUTRIENTS IN RESPONSE TO APPLICATION OF LIME AND GYPSUM IN A RED LATOSOL

ABSTRACT

One of the main limiting factors of crop productivity is soil acidity and other soil chemical conditions in subsurface. The objective of this work was to determine the response curve to lime and gypsum doses on soil pH, leaf content phosphorus, potassium, calcium and magnesium and Hyola 433 canola hybrid productivity. The experiment was conducted in Marechal Cândido Rondon-PR, during the agricultural years of 2017 and 2018 in protected cultivation, using RED LATOSOL substrate contained in pots of 5 dm³. The experimental design was a randomized block design with four replicates, in a 4 x 4 factorial scheme, with four doses of lime (0, 325, 650 and 1300 mg dm⁻³) and four doses of gypsum (0, 125, 250 and 500 mg dm⁻³). There was no interaction between the doses of lime and gypsum. There were significant differences in grain yield from 2017 to 2018, with 4.11 and 9.03g plant⁻¹, respectively. Therefore, the difference reached approximately 120% and possibly caused by differences in temperature and sowing times. The application of gypsum did not significantly influence the variables analyzed during the two years of experimentation. The application of lime in the canola crop implied a significant increase in linear pH in the soil pH, and for each 100 mg dm⁻³ of applied lime it is estimated an increase of 0.08 and 0.03 of the soil pH in the years of 2017 and 2018, respectively. In the same way, the application of lime provided an increase in the K, Ca and Mg foliar contents, being this linear increase, where the highest dose applied (1300 mg dm⁻³) resulted in the highest levels of these nutrients. There was no significant increase in grain yield with the application of limestone and gypsum, and the average productivity of the years 2017 and 2018 was 6.57 g plant⁻¹.

Key words: Soil acidity; *Brassica napus* L. Soil correction.

3.1 INTRODUÇÃO

A canola (*Brassica napus* L. var. oleífera) é uma oleaginosa pertencente a família das brassicas e ao gênero *Brassica*. É uma cultura de inverno que foi desenvolvida a partir do melhoramento genético da colza, onde foram selecionados materiais com baixo teor de ácido erúico (menos de 2% do total de ácidos graxos) e glucosinolato (menos de 30 $\mu\text{mol g}^{-1}$ de farelo seco desengordurado) (FIGUEIREDO et al., 2003; TOMM et al., 2009). A cultura se destaca pela produção de óleo utilizado tanto na alimentação humana como também para a produção de biocombustíveis. Comparando-a com a soja os teores de ácidos graxos mono insaturados são superiores, sendo a soja com 26% e a canola 48% (GALDIOLI et al., 2002).

No Brasil, os cultivos de canola concentram-se na região sul, sendo os estados do Rio Grande do Sul e Paraná os principais produtores. Na safra 2017/2018 a área cultivada com canola foi de 48 mil hectares e a produção foi de 41 mil toneladas, produtividade média de 854 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018). A média de produtividade brasileira ainda é baixa comparando a países como Canadá e Alemanha onde a produtividade é de aproximadamente 1500 a 2000 kg ha⁻¹.

Existem poucas pesquisas relacionadas ao cultivo de canola no estado do Paraná, bem como existem poucas áreas cultivadas com esta oleaginosa. Apesar disso, a cultura tem grande potencial de expansão, principalmente devido à adaptação a baixas temperaturas, que comumente ocorre na região sul. A cultura é uma importante alternativa para os produtores utilizarem no sistema de rotação de culturas, podendo ser cultivada na safra de inverno, sendo alternativa as gramíneas milho e trigo (KRÜGER et al., 2011).

A exigência nutricional da canola é um fator muito importante para que aumente-se a produtividade e expansão da cultura. Segundo Tomm (2007) a canola exige solos de média a alta fertilidade, bem drenados e é sensível a toxidez por alumínio, muito comum em solos tropicais. O pH de solo ideal para a cultura é de 5,5 a 6,0. Os nutrientes que são demandados em maior quantidade são respectivamente N, K, Ca, Mg, S e P. (SBCS, 2017). O nitrogênio é o nutriente que mais promove incrementos de produtividade de grãos, outro nutriente requerido em grandes quantidades é o enxofre, sendo a canola sensível a deficiência desse nutriente (CHEEMA et al., 2001; AHMAD et al., 2007).

Dentre os principais classes de solos do Paraná encontram-se os Latossolos. Os latossolos se caracterizam por serem profundos e intemperizados, além de serem porosos permeáveis de boa drenagem e sem pedregosidade. Devido a essas características são

utilizados amplamente para atividades agrícolas, utilizando as práticas de adubação e correção da acidez, tornam-se extremamente produtivos (SBCS, 2017).

A acidez do solo é um dos principais fatores limitantes da produção agrícola em áreas consideráveis do mundo, principalmente nas regiões tropicais, onde os solos são naturalmente ácidos e há presença de Al e Fe (COLEMAN e THOMAS, 1967). Além de influenciar na química do solo, os efeitos da acidez podem restringir o desenvolvimento das plantas, afetando principalmente o sistema radicular, limitando a absorção de água e nutrientes (CIOTTA et al., 2004). No Brasil tem-se verificado aumentos de produtividade em diversas culturas quando realizada a correção do solo utilizando calcário. Os principais efeitos observados são elevação do pH do solo, redução nos teores de Al e Mn tóxicos as plantas, aumento da absorção de nutrientes (SOUSA et al., 2007).

Entretanto, a reação do calcário normalmente é limitada ao local de sua aplicação no solo devido a sua baixa solubilidade. A calagem não tem um efeito rápido e depende da lixiviação para as camadas do solo, principalmente quando aplicado em superfície (SOUSA et al., 2007). Para o manejo da acidez em subsuperfície vem sendo amplamente utilizado o gesso agrícola.

Subproduto da indústria de ácido fosfórico, o gesso contém principalmente sulfato de cálcio (Ca e S) e pequenas quantidades de P, é amplamente disponível e de baixo custo. O gesso agrícola, diferentemente do calcário, é um condicionador do solo, não influenciando o pH (MEURER et al., 2004). Ao ser aplicado ocorre a dissociação do Ca^{2+} e SO_4^{2-} que são lixiviados para a subsuperfície onde ocorre a ligação com o Al^{+3} , e forma o par iônico AlSO_4^+ , que não é tóxico as plantas (SOUSA et al., 2007; NEIS et al., 2010). Para a cultura da canola recomenda-se aplicar o gesso quando, em subsuperfície (20 – 40 cm), o teor de cálcio se apresenta inferior a $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, alumínio superior a $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ou saturação por alumínio superior a 20% da CTC (SBCS, 2017).

Ainda existem diversas duvidas a respeito das condições em que se podem esperar efeitos favoráveis da aplicação de gesso agrícola sobre a produção das culturas e principalmente em relação aos métodos de recomendação. Em relação a cultura da canola existem poucos estudos relacionados aos benefícios da calagem e da gessagem sobre a produtividade e teores nutricionais.

O objetivo do presente trabalho foi determinar a curva de resposta a doses de calcário e gesso agrícola sobre o pH do solo, teores foliares de Ca, Mg, P e K, e a produtividade do híbrido de canola Hyola 433, utilizando um LATOSSOLO VERMELHO eutroférico como substrato.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos anos de 2017 e 2018, em condições de cultivo protegido com estrutura de metal, cobertura superior de plástico e laterais com tela antiafídeo, na Estação de Horticultura e Cultivo Protegido Professor Mario César Lopes, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) localizada no município de Marechal Cândido Rondon, região Oeste do Paraná, sob as coordenadas 24° 33' 29'' S e 54° 02' 43'' W, com uma altitude de 410 metros. Os dados de temperatura do ar foram coletados e armazenados durante os anos de 2017 e 2018 por meio de um datalogger (Figuras 1 e 2).

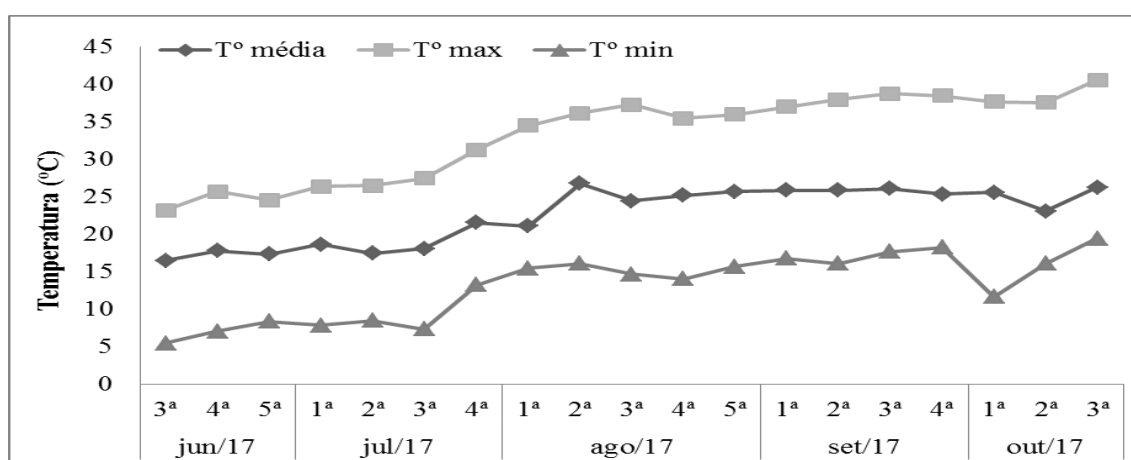


Figura 1. Dados de T° máx, T° mínima e T° média coletadas semanalmente por datalogger durante o ano de 2017, Marechal Cândido Rondon – PR, 2017.

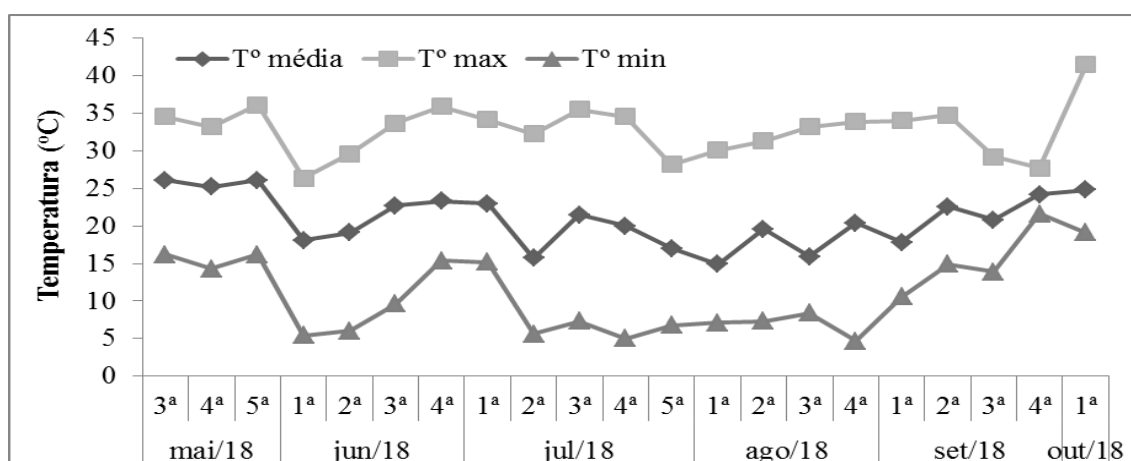


Figura 2. Dados de T° máx, T° mínima e T° média coletadas semanalmente por datalogger durante o ano de 2018, Marechal Cândido Rondon – PR, 2018.

O experimento foi conduzido em vasos de polietileno de 5 dm³ e o solo utilizado como substrato foi um LATOSSOLO VERMELHO (SBCS, 2017), sendo que foi coletado na camada arável (0 – 20 cm) no município de Marechal Cândido Rondon-PR. O solo apresentou as seguintes características químicas e físicas: pH (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹) 5,41; P (Mehlich⁻¹) 2,07 mg dm⁻³; H + Al 3,68 cmolc dm⁻³; Al³⁺ 0,35 cmolc dm⁻³; Ca²⁺ 3,09 cmolc dm⁻³; Mg²⁺ 1,15 cmolc dm⁻³; K⁺ 0,19 cmolc dm⁻³; CTC 8,11 cmolc dm⁻³; saturação por bases (V%) 54,63; saturação por alumínio (m%) 7,32; e teores de areia, silte e argila, respectivamente, de 103, 329 e 568 g kg⁻¹.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 4. O primeiro fator foi as doses de calcário e o segundo fator as doses de gesso agrícola. O calcário foi calculado pelo método da saturação por bases, considerando como adequada, uma saturação de 70% para a cultura da canola (SBSC, 2017). Dessa forma, as doses calculadas de calcário foram respectivamente de 0, 325, 650 e 1300 mg dm⁻³. O calcário utilizado apresentou um PRNT (poder relativo de neutralização total) = 95%, PN = 107%, CaO = 303 g kg⁻¹, MgO = 214 g kg⁻¹ (calcário dolomítico). As doses de gesso agrícola utilizadas foram calculadas utilizando 1/3 da necessidade de calagem, sendo respectivamente de 0, 125, 250 e 500 mg dm⁻³. O gesso agrícola utilizado apresentava teores de Ca e SO₄ de 18% e 15% respectivamente.

A mistura do solo com as respectivas doses de calcário e gesso agrícola foram realizadas individualmente para cada unidade experimental, e posteriormente foram incubadas no vaso e vedado em sacos plásticos por um período de 45 dias, mantendo umidade constante.

Em todos os tratamentos, após incubação foi realizada a adubação básica de semeadura: 100 mg dm⁻³ de N; 300 mg dm⁻³ de P; 150 mg dm⁻³ de K; 1 mg dm⁻³ de B; 1,5 mg dm⁻³ de Cu; 3,5 mg dm⁻³ de Mn e 4 mg dm⁻³ de Zn (NOVAIS et al., 1991). As adubações em trabalhos onde se utiliza vasos de polietileno como recipiente são maiores do que em adubação de solo, pois ocorre uma maior lixiviação dos nutrientes. As fontes utilizadas foram sais p.a.: nitrato de amônio, sulfato de potássio, fosfato monoamônico, ácido bórico, sulfato de cobre, cloreto de manganês, sulfato de zinco.

A semeadura foi realizada em dois anos agrícolas, sendo o primeiro no dia 12/06/2017 (Ano 1) e do segundo no dia 16/05/2018 (Ano 2). Foram semeadas 10 sementes por vaso, a fim de obter o *stand* de 2 plantas por vaso. O desbaste foi realizado no estágio B₃ (três folhas verdadeiras desenroladas).

O híbrido utilizado foi o Hyola 433, com ciclo que varia de 120 à 150 dias, sendo um material exigente em fertilidade e de elevado potencial produtivo (TOMM et al., 2009). Os

vasos foram irrigados duas vezes ao dia. Durante a condução do trabalho não se constatou o aparecimento de plantas daninhas, doenças ou insetos pragas, e dessa forma não houve necessidade de realizar o controle químico.

A primeira variável analisada foi o pH do solo (H_2O). Após a incubação do solo foram coletadas amostras de cada tratamento e encaminhadas ao laboratório de Fertilidade de solos da UNIOESTE para realização da análise de pH.

No início do florescimento (estádio fenológico F1) foi feita a amostragem de folhas, coletando todas as folhas de uma das plantas por tratamento. Este material vegetal foi levado até a estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65 °C por um período de 48 horas, até atingir massa constante. Posteriormente esse material vegetal foi moído para determinação do teor foliar de nutrientes.

No laboratório de Fertilidade Solos da UNIOESTE foi realizada a determinação dos teores foliares de fósforo, potássio, cálcio e magnésio conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Para avaliação dos teores de Ca, Mg, P e K primeiramente realizou-se a digestão nitro-perclórica na proporção 3:1. Em seguida determinou-se os teores de Ca, Mg e K por espectrofotometria de absorção atômica. Os teores de P foram determinados em espectrômetro UV-VIS (EMBRAPA, 1999).

A colheita foi realizada manualmente, após atingir a maturação fisiológica (estádio fenológico G_5 com coloração de grãos escuros). No Ano 1 de experimentação a colheita foi realizada no dia 25/10/2017, 135 DAS (dias após semeadura), e no Ano 2 a colheita foi realizada no dia 03/10/2018, 141 DAS. Os grãos foram colocados em local protegido para correção de umidade (10% de umidade), e posteriormente determinou-se a produtividade. Para determinar a produtividade realizou-se a pesagem dos grãos de cada planta com as correções de umidade sendo a produtividade determinada em g^{-1} planta.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade e posteriormente a análise de variância conjunta. As médias dos diferentes anos de experimentação foram comparadas pelo teste de média a 5% de probabilidade de erro. Quando constatada significância do efeito de doses foi realizada à análise de regressão utilizando o programa estatístico Genes (CRUZ, 2013).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se interação significativa somente para as doses de calcário e ano para as variáveis pH do solo e teor foliar de K, sendo que as demais interações não foram significativas (Tabela 1). A aplicação de calcário exerceu influência significativa para o pH do solo, teor foliar de K, Ca, Mg e para a produtividade. A aplicação de gesso agrícola não exerceu influência significativa para as variáveis analisadas.

Geralmente as respostas da aplicação de gesso agrícola são observadas em subsuperfície (camada 20 – 40 cm), sendo que os principais benefícios da aplicação estão relacionados ao fornecimento de cálcio e enxofre além de se ligar ao Al^{+3} e formando o par iônico $AlSO_4^+$, não tóxico a planta (SOUSA et al., 2007). O experimento foi realizado em vasos de polietileno, isso provavelmente possa ter influenciado as respostas a gessagem, pois o recipiente limita a ação do gesso em profundidade também limita o crescimento do sistema radicular, além de que foram avaliados somente os teores foliares e produtividade, não sendo avaliados o sistema radicular das plantas e os atributos químicos de solo.

Tabela 1. Resumo da análise de variância conjunta e teores foliares médios de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), pH do solo em H_2O e produtividade (PRO) para o LATOSSOLO VERMELHO, Marechal Cândido Rondon – PR, 2018.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios					
		pH	P	K	Ca	Mg	PRO
Bloco/A	6	0,3062 ^{ns}	0,0152 ^{ns}	10,1675 ^{ns}	2,6921 ^{ns}	0,2372 ^{ns}	0,6524 ^{ns}
A	1	3,8850*	0,2186*	486,052*	18,688 ^{ns}	0,0208 ^{ns}	774,84*
C	3	3,3917*	0,0090 ^{ns}	98,8569*	16,901*	1,3483*	1,7440 ^{ns}
G	3	0,0066 ^{ns}	0,0049 ^{ns}	19,4141 ^{ns}	13,923 ^{ns}	0,0136 ^{ns}	0,9846 ^{ns}
C x G	9	0,0225 ^{ns}	0,0014 ^{ns}	3,6256 ^{ns}	0,3632 ^{ns}	0,0050 ^{ns}	0,0305 ^{ns}
C x A	3	0,8730*	0,0049 ^{ns}	4,8255*	0,8940 ^{ns}	0,0198 ^{ns}	0,2102 ^{ns}
G x A	3	0,0050 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	18,6888 ^{ns}	3,1625 ^{ns}	0,0057 ^{ns}	0,0452 ^{ns}
CxG xA	9	0,0156 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	1,5387 ^{ns}	0,3370 ^{ns}	0,0038 ^{ns}	0,0278 ^{ns}
Resíduo	90	0,2808	0,0052	34,8256	5,8860	0,1553	1,1828
Média geral		6,45	0,7687	45,9082	14,5074	2,4345	6,5745
CV (%)		8,22	9,46	12,85	16,72	16,19	16,54

^{ns/} Não significativo. ^{*/} Significativo pelo teste F em nível de 5 % de probabilidade de erro.

Não houve diferença estatística entre os teores de Ca e Mg entre os experimentos de 2017 e 2018 (Tabela 2). O teor foliar de P foi superior no ano de 2018, sendo aproximadamente 13% superior ao de 2017. Da mesma forma, a produtividade de 2018 foi 119% superior a de 2017.

A diferença de produtividade entre os anos pode ser justificada pela diferença de data de semeadura, onde em 2017 a semeadura foi realizada no dia 12/06/2017 sendo que as temperaturas foram adequadas na fase de desenvolvimento vegetativo da canola, mas durante o florescimento houve uma elevação das temperaturas fazendo com que houvesse um estresse na planta aumentando a respiração e consequentemente reduziu a produtividade. Já na safra 2018, a semeadura foi realizada com antecedência em relação a safra 2017 (16/05/2018), nesta situação as temperaturas foram amenas na fase de florescimento (entorno de 18°C), assim houve uma maior fecundação de botões florais e a taxa de abortamento foi menor em relação a 2017.

Segundo Dalmago et al. (2013) a temperatura do ar é o fator ambiental que tem mais influência sobre o desenvolvimento da canola. Altas temperaturas durante o período de floração são prejudiciais, pois podem reduzir o tempo de duração desse estágio, além de afetar a viabilidade do grão de pólen e a receptividade das flores, fazendo com que os rendimentos de grãos sejam menores (CORDEIRO et al., 1999).

Tabela 2. Resultados médios para teor foliar de fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio(Mg) e produtividade (PRO) de canola cv “Hyola 433” em LATOSSOLO VERMELHO em dois anos de experimentação safra 2017 e 2018, Marechal Cândido Rondon-PR, 2018.

Ano	P	Ca	Mg	PRO (g planta ⁻¹)
2017	0,72 b ^{1*}	14,12 a	2,42 a	4,11 b
2018	0,81 a	14,89 a	2,44 a	9,03 a

^{*/} Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F em nível de 5% de probabilidade de erro.

Para os efeitos da aplicação de calcário no pH do solo foi verificada a interação entre os anos de 2017 e 2018, onde os efeitos da calagem foram significativos (Figura 3), sendo que conforme aumentou-se a dose de calcário houve um aumento linear do pH. No ano de 2017 a cada 100 mg dm⁻³ de calcário aplicado elevou-se aproximadamente 0,08 o pH do solo, sendo que a maior dose avaliada (1300 mg dm⁻³) proporcionou o maior valor de pH, sendo esse aumento de aproximadamente 17% em relação a testemunha. Da mesma forma, em 2018 o aumento do pH do solo foi linear conforme maior a dose de calcário aplicada, sendo que a

cada 100 mg dm⁻³ de calcário aplicado elevou-se aproximadamente 0,03 o pH do solo, onde a maior dose avaliada apresentou maior valor de pH (6,48) sendo aproximadamente 6 % maior em relação a testemunha. Esse aumento está relacionado à neutralização de H⁺ e Al⁺³ proporcionados pela calagem. Resultados semelhantes foram verificados por Prado et al. (2004), onde conforme aumentou as doses de calcário houve um aumento linear no pH em um LATOSSOLO VERMELHO.

Avaliando a aplicação de calcário isoladamente e combinado com a aplicação de gesso Crusciol et al. (2005) verificaram elevação dos atributos químicos do solo, como a elevação dos valores de pH. Em trabalho de Oliveira et al. (2002) em solo ácido, constatou-se que com a aplicação de calcário aumentou os teores de Ca e Mg no solo e também do pH, e a adição de gesso não influenciou no pH, mas houve aumento dos teores de Ca no solo.

A elevação do pH a valores muito elevados faz com que ocorra redução na disponibilidade de micronutrientes catiônicos no solo, isso faz com que ocorra aumento de retenção no complexo coloidal ou reduzindo as formas químicas que controlam a sua concentração na solução do solo (QUAGGIO, 2000). Segundo Tomm et al. (2009) o pH de solo ideal para o desenvolvimento da canola é de 5,5 – 6,0, dessa forma pode-se constatar que os valores de pH da testemunha estariam adequados para a cultura, sendo que para a realização da calagem neste experimento foi levado em consideração a saturação por bases.

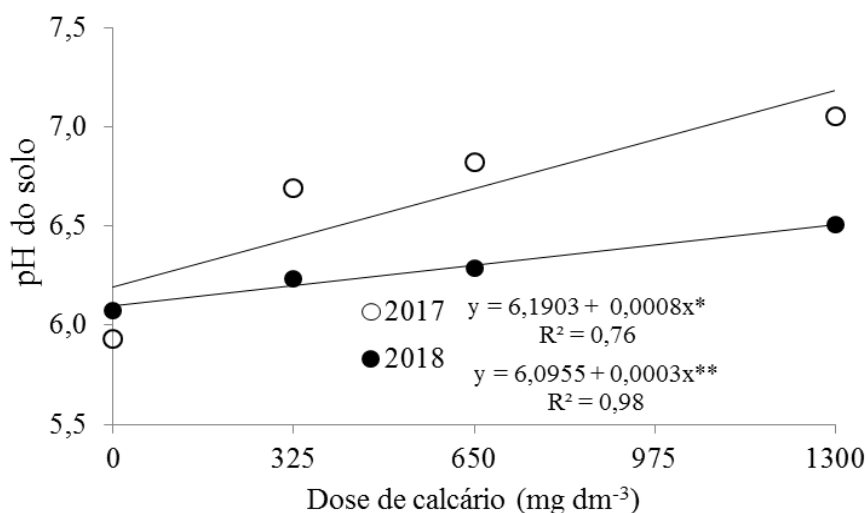


Figura 3. Resultado do pH do solo (H₂O) em função de doses crescentes de calcário nos anos de 2017 e 2018, Marechal Cândido Rondon-PR, 2018.

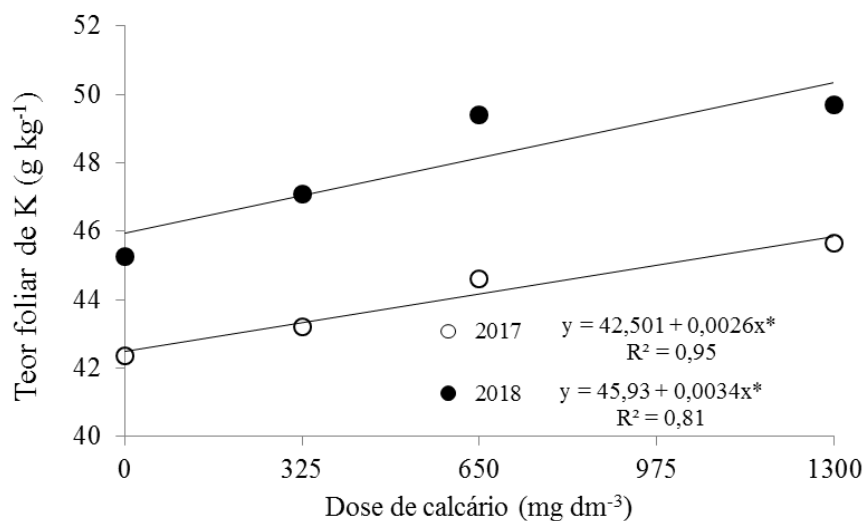


Figura 4. Teor foliar de K (g kg^{-1}) em função de doses crescentes de calcário nos anos de 2017 e 2018, Marechal Cândido Rondon-PR, 2018.

A aplicação de calcário também fez com que houvesse aumento no teor foliar de K, sendo que esse aumento foi linear e houve interação entre os anos de 2017 e 2018 (Figura 4). No ano de 2017 onde não foi realizada a calagem (testemunha) o teor foliar de K era de aproximadamente $42,5 \text{ g kg}^{-1}$, sendo que a cada 100 mg dm^{-3} de calcário aplicado estima-se que ocorra um aumento de $0,26 \text{ g kg}^{-1}$ de K, a maior dose (1300 mg dm^{-3}) apresentou o maior teor foliar de K, sendo aproximadamente 8 % superior em relação a testemunha.

Efeito similar ocorreu no ano de 2018, onde houve um aumento linear conforme acréscimo das doses de calcário, sendo que a testemunha apresentou teor foliar de K de aproximadamente $45,9 \text{ g kg}^{-1}$, e a cada 100 mg dm^{-3} de calcário aplicado estima-se que ocorra elevação de $0,34 \text{ g kg}^{-1}$ do teor foliar de K, sendo assim, a diferença entre a testemunha e a maior dose pesquisada é de aproximadamente 10 %. Segundo a SBSC (2017) o teor considerado ideal de K para a cultura da canola é de 33 g kg^{-1} , sendo assim os teores mesmo na testemunha estavam acima do considerado ideal para a cultura.

Segundo Sousa et al. (2007) além de aumentar o pH e neutralizar H^+ e Al^{3+} , a prática da calagem faz com que nutrientes que estavam indisponíveis tornem-se prontamente disponíveis as plantas. Além disso, a correção do solo faz com que aumente o desenvolvimento radicular, possibilitando uma maior exploração das raízes no solo e captação de água e nutrientes. O potássio é um dos nutrientes exigidos em maior quantidade pelas culturas, sendo que sua principal função na planta é como ativador enzimático, atuando em diversas enzimas na planta. Também desempenha função importante na regulação da turgidez dos tecidos, resistência a geadas, seca, salinidade, abertura e fechamento de estômatos dentre outras funções (PES e ARENHARDT, 2015).

Também houve incremento nos teores foliar de Ca e Mg conforme aumento da dose de calcário (Figura 5 e 6). A aplicação de doses crescentes de calcário fez com que houvesse aumento linear no teor foliar de Ca, onde a testemunha apresentou teor de aproximadamente $13,7 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca a maior dose de calcário (1300 mg dm^{-3}) elevou o teor para $15,5 \text{ g kg}^{-1}$, sendo portanto um aumento de 13 %. Portanto, para a realidade desta pesquisa a cada 100 mg dm^{-3} de calcário aplicado estima-se um aumento de $0,13 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca no tecido vegetal. Os teores considerados ideais de Ca e Mg no tecido vegetal para a cultura da canola é de respectivamente 25 e 5 g kg^{-1} (SBSC, 2017), no estudo em questão os valores ficaram abaixo dos teores considerados ideais, provavelmente o recipiente tenha limitado nutrientes para as plantas.

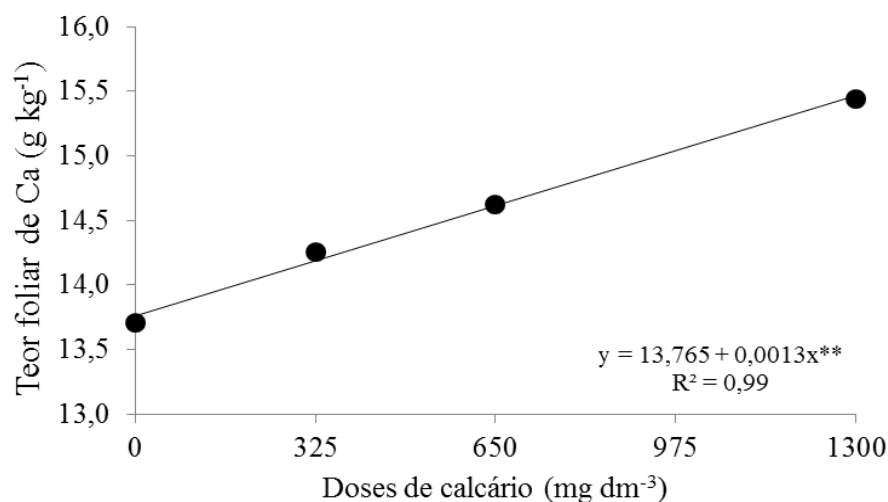


Figura 5. Teor foliar de Ca (g kg^{-1}) em função de doses crescentes de calcário, Marechal Cândido Rondon-PR, 2018.

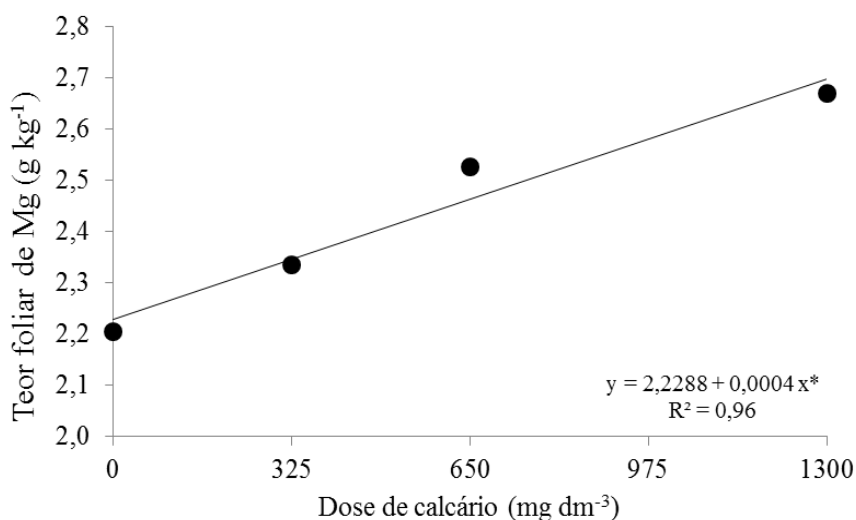


Figura 6. Teor foliar de Mg (g kg^{-1}) em função de doses crescentes de calcário, Marechal Cândido Rondon-PR, 2018.

A aplicação de calcário também proporcionou aumento linear no teor foliar de Mg, sendo que na dose 0 (testemunha) o teor de Mg é de aproximadamente $2,2 \text{ g kg}^{-1}$, a aplicação de doses crescentes, conforme pode-se observar na figura 6, faz com que ocorra elevação nestes teores sendo que na maior dose de calcário pesquisada o teor foliar de Mg é de aproximadamente $2,7 \text{ g kg}^{-1}$, sendo esse aumento de aproximadamente 22 %, ou seja, a cada 100 mg dm^{-3} de calcário aplicados ocorre um aumento de 0,04 do teor foliar de Mg.

Souza et al. (2011) em trabalho realizado com feijoeiro em vaso adicionando doses crescentes de calcário também verificou aumentos lineares dos teores de Ca e Mg tanto no solo como também no tecido vegetal. Resultados semelhantes foram verificados por Prado et al. (2004), onde aplicando calcário em LATOSSOLO VERMELHO houve aumento dos teores foliar de K, Ca e Mg no maracujazeiro, em relação a testemunha sem aplicação. Isso ocorre, pois o corretivo aplicado possui altos teores de Ca e Mg em sua composição, elevando tanto os teores destes nutrientes no solo como no tecido vegetal.

O Ca apresenta funções extremamente importantes no funcionamento da planta, sendo que ele faz parte da estrutura da planta, como na parede celular das células. Também atua como ativador de enzimas em reações da fotossíntese e atua nas funções reprodutivas e nas raízes das plantas. Da mesma forma o Mg também exerce funções de extrema importância, sendo responsável pela ativação de diversas enzimas de processos fisiológicos e ser constituinte da molécula da clorofila (PES e ARENHARDT, 2015).

Não foram constatadas diferenças estatísticas de produtividade (PRO) aplicando diferentes doses de calcário e gesso agrícola nas condições estudadas, sendo que a produtividade média foi de $6,57 \text{ g planta}^{-1}$. Normalmente resultados significativos com a aplicação de calcário e gesso são verificados em solos com acidez elevada e baixos teores de nutrientes no solo.

3.4 CONCLUSÕES

Não se observou interação significativa entre as doses de calcário e as doses de gesso agrícola sobre as variáveis analisadas para a cultivar Hyola 433 nestas condições e período de estudo em LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico.

A aplicação de gesso agrícola não apresentou efeito significativo sobre as variáveis das plantas de canola nas condições de experimentais da casa de vegetação e solo como substrato contido em vasos, pois o estudo ficou limitado ao horizonte superficial.

A aplicação de doses crescentes de calcário promoveram a elevação do pH do solo (H_2O), e se constatou que a cada 100 mg dm^{-3} de calcário aplicado elevou-se 0,08 e 0,03 unidades de pH, respectivamente para os anos de 2017 e 2018. A diferença entre a maior dose (1300 mg dm^{-3}) e a testemunha (zero de calcário) foi de aproximadamente 17% em 2017 e de 6% em 2018.

O uso do calcário elevou a disponibilidade de K, Ca e Mg no solo e consequentemente aumentou os teores foliares destes elementos nas plantas da canola de forma linear. Foi observado que a dose de 1300 mg dm^{-3} de solo proporcionou os maiores valores destes nutrientes nas plantas.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, G.; JAN, A.; ARIF, M.; JAN, M. T.; KHATTAK, R. A. Influence of nitrogen and sulfur fertilization on quality of canola (*Brassica napus* L.) under rainfed conditions. **Journal of Zhejiang University – Science B**, Hangzhou, v. 8, n. 10, p. 731-737, 2007.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J.A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v. 28, n. 2, p.317 – 326, 2004.

COLEMAN, N. T.; THOMAS, G. W. **The basic chemistry of soil acidity**. In: PEARSON, R. W.; ADAMS, F., eds. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p.1-41.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2017/2018**. Décimo segundo levantamento. 2018. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br> >. Acesso em: 11 nov 2018.

CORDEIRO, L. A. M.; REIS, M. S.; ALVARENGA, E. M. **A cultura da canola**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999.

CHEEMA, M. A.; MALIK, M. A.; HUSSAIN, A.; SHAH, S. H.; BASRA, S. M. A. Effects of time and rate of nitrogen and phosphorus application on the growth and seed and oil yields of canola (*Brassica napus* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, Saskatoon, v. 186, n. 2, p. 103-110, 2001.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. **Modificações químicas do solo em função da aplicação de calcário e gesso em superfície**. In: XXX Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Recife, 2005.

CRUZ, C. D. Genes: A Software Package for Analysis in Experimental Statistics and Quantitative Genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DALMAGO, G. A.; FOCESATTO, E.; KOVALESKI, S.; TAZZO, I. F.; BOLIS, L. M.; CUNHA, G. R.; NIED, A. H.; BERGAMASHI, H.; SANTI, A. Filocrono e número de folhas

da canola em diferentes condições ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 6, p. 573 – 581, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análise química de solo, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa/Solos, 1999, 370 p.

FIGUEIREDO, D. F.; MURAKAMI, A. E.; PEREIRA, M. A. S.; FURLAN, A. C.; TORAL, F. L. B. Desempenho e Morfometria da Mucosa de Duodeno de Frangos de Corte Alimentados com farelo de canola, durante o período inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 32, n. 6, p. 1321–1329, 2003.

GALDIOLI, E. M.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; FURUYA, V. R. B.; FARIA, A. C. E. A. Replacement of soybean meal protein by canola meal protein in “Curimbatá” (*Prochilodus lineatus* V.) fingerling diets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 552 - 559, 2002.

KRÜGER, C. A. M. B.; SILVA, J. A. G. DA; MEDEIROS, S. L. P.; DALMAGO, G. A.; SARTORI, C. O.; SCHIAVO, J. Arranjo de plantas na expressão dos componentes da produtividade de grãos de canola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n. 11, p.1448-1453, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MEURER, E. J.; RHENHEIMER, D.; BISSANI, C. A. Fenômeno de sorção em solos. In: MEURER, J. E. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. 2. ed. Porto Alegre: Gênese, 2004. p. 131-179.

NEIS, L.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PINTO, F. A. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na regiões Sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, n. 2, p. 409–416, 2010.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambientes controlados. In: OLIVEIRA, A. J. et al. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. EMBRAPA, p. 189 – 253, 1991.

OLIVEIRA, H. J.; ERNANI, P. R.; AMARANTE, C. V. T. Alteração na composição química das fases sólidas e líquida de um solo ácido pela aplicação de calcário e gesso agrícola. **Journal of Agronomy and Veterinary Sciences**, n. 2, 2002.

PRADO, R. M.; NATALE, W.; CORRÊA, M. C. M.; BRAGHIROLI, L. F. Efeitos da aplicação de calcário no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 145 – 149, 2004.

PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H. *Fisiologia Vegetal*. Santa Maria, RS. UFSM, 2015, 81p. Disponível em: http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_fruticultura/terceira_etapa/arte_fisiologia_vegetal.pdf Acesso em: 04 de fevereiro de 2019.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111p.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F., ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds), **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 1017 p., 2007.

SOUZA, H. A.; NATALE, W.; ROZANE, D. E.; HERNANDES, A.; ROMUALDO, L. M. Calagem e adubação borratada na produção de feijoeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 249 – 257, 2011.

SCHERER, H. W. Sulphur in crop production – invited paper. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v. 14, n. 2, p. 81-111, 2001.

Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/ NEPAR, 482 p., 2017.

TOMM, G. O. **Indicativos tecnológicos para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 68 p. (Embrapa Trigo. Sistemas de produção, 04). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/174531/1/CNPT-ID09766.pdf> . Acesso em: 16 de janeiro de 2019.

TOMM, G. O.; WIETHÖLTER, S.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P. Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul. **Embrapa trigo**, n. 54, p. 88, 2009.

4 ARTIGO II - CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA CANOLA EM FUNÇÃO DE DOSES DE CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA NUM LATOSSOLO VERMELHO

RESUMO

O uso de calcário e gesso agrícola pode proporcionar a correção e o melhoramento da fertilidade do solo, aumentar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, e consequentemente aumentar a produtividade. O objetivo da realização deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes doses de calcário e gesso agrícola sobre as características agronômicas do híbrido de canola Hyola 433. O experimento foi conduzido no município de Marechal Cândido Rondon - PR, durante os anos agrícolas de 2017 e 2018 em cultivo protegido, utilizando como substrato o LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico contidos em vasos de 5,0 dm³. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 4, com quatro doses de calcário (0, 325, 650 e 1300 mg dm⁻³), quatro doses de gesso agrícola (0, 125, 250 e 500 mg dm⁻³). A aplicação de gesso agrícola não influenciou significativamente a altura de plantas (AP), número de siliques por plantas (NSP), número de grãos por síliqua (NGS), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PRO) da cultura da canola, durante os dois anos de experimentação. A aplicação de calcário no solo, na dose 1300 mg dm⁻³ aumentou a disponibilidade de nutrientes e consequentemente a AP em 8% em comparação a testemunha (sem aplicação de calcário). O NGS e MMG aumentaram linearmente quando se aplicou doses crescentes de calcário. A dose de 1300 mg dm⁻³ de calcário condicionou a obtenção de 16 grãos por síliqua e 3,57 g para 1.000 grãos de canola, assim foram 23 e 17% superiores em relação a testemunha, respectivamente. Neste trabalho, foi constatado que a cada 360 e 100 mg dm⁻³ de calcário no solo promovia, respectivamente, o aumento de 1,00 síliqua por planta e 0,04 g da MMG, mas não resultou em incrementos significativos da produtividade média que foi de 6,57 g planta⁻¹ de grãos de canola, nos anos de 2017 e 2018.

Palavras-chave: Acidez do solo. *Brassica napus* L. Nutrição mineral.

AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF THE CANOLA IN THE FUNCTION OF DOSES OF LIME AND GYPSUM IN A RED LATOSOL

ABSTRACT

The use of lime and gypsum can provide the correction and improvement of soil fertility, increase the availability of nutrients to the plants, and consequently increase productivity. The objective of this work was to evaluate the effects of different doses of lime and gypsum on the agronomic characteristics of Hyola 433 hybrid. The experiment was conducted in the municipality of Marechal Cândido Rondon-PR, during the agricultural years of 2017 and 2018 in protected cultivation, using as substratum LATOSOL RED contained in pots of 5 dm³. The experimental design was a randomized complete block design with four replicates, in a 4 x 4 factorial scheme, with four doses of lime (0, 325, 650 and 1300 mg dm⁻³) and four of gypsum (0, 125, 250 and 500 mg dm⁻³). The application of gypsum did not significantly influence plant height (AP), number of siliques per plant (NSP), number of grains per silique (NGS), mass of a thousand grains (MMG) and grain yield (PRO) during the two years of experimentation. The application of lime to the soil at the 1300 mg dm⁻³ dose increased nutrient availability and, consequently, AP by 8% compared to the control (without lime application). The NGS and MMG increased linearly when increasing doses of lime were applied. The dose of 1300 mg dm⁻³ of lime conditioned the yield of 16 grains per silique and 3.57 grams for 1,000 grains of canola, thus were 23 and 17% higher than the control, respectively. In this work, it was verified that at each 360 and 100 mg dm⁻³ of lime in the soil promoted, respectively, the increase of 1.00 silique per plant and 0.04 g of MMG, respectively, but did not result in significant increases in average yield was 6.57 g plant⁻¹ of canola grains, in the years 2017 and 2018.

Key words: Soil acidity; *Brassica napus* L. Mineral nutrition.

4.1 INTRODUÇÃO

A canola (*Brassica napus* L. var. *oleífera*) é uma oleaginosa que pertence a família *Brassicaceae* (crucíferas) desenvolvida através do melhoramento genético da colza, sendo o termo canola um acrônimo de CANadian Oil Low Acid, indicando cultivares com baixo teor de ácido erúcio (menos de 2% do total de ácidos graxos) e glucosinolato (menos de 30 $\mu\text{mol g}^{-1}$ de farelo seco desengordurado) nos grãos, sendo essas substâncias nocivas ao organismo humano e animal (FIGUEIREDO et al., 2003; CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2017).

A cultura se destaca por seu elevado teor de óleo (aproximadamente 38%) e de proteína (24 a 27%), sendo a terceira oleaginosa mais produzida mundialmente, representando aproximadamente 15% da produção mundial de óleos vegetais, superada apenas pela soja e palma, que representam 29% e 34% respectivamente (TOMM et al., 2009; USDA, 2017). No Brasil, o cultivo de canola concentra-se na região Sul, na safra 2017 a área cultivada foi de 48 mil hectares com uma produção de aproximadamente 41 mil toneladas, assim resultou em uma produtividade média de 854 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018).

Por ser uma oleaginosa que se adapta a baixas temperaturas, a canola surge como importante alternativa para cultivos de inverno na região Sul (KRÜGER et al., 2011). Existe carência de estudos sobre nutrição e adubação da canola no Brasil, principalmente no que diz respeito à utilização de calcário e gesso agrícola associado à produtividade da cultura.

Em termos nutricionais, sabe-se que a canola é uma cultura que exige solos de média a alta fertilidade, além de ser sensível à toxidez por alumínio. O pH de solo ideal para o desenvolvimento da cultura deve situar-se entre 5,5 e 6,0 (CASTRO e BOARETTO, 2004; TOMM et al., 2009).

Os solos das regiões tropicais e subtropicais são naturalmente ácidos, apresentam elevados teores de alumínio e manganês. A acidez pode ocasionar alterações na química e fertilidade do solo, podendo restringir o crescimento de plantas e limitar a absorção de água e nutrientes, influenciando diretamente no desenvolvimento das culturas (CIOTTA et al., 2004).

A principal maneira de eliminar os efeitos negativos da acidez do solo é por meio da utilização de materiais corretivos, sendo que o mais utilizado é o calcário. Proveniente da moagem de rochas calcárias, o calcário é composto por carbonato de cálcio (CaCO_3) e carbonato de magnésio (MgCO_3), ambos sais de baixa solubilidade, mas a dissolução de pequenas frações desses sais associados a presença de gás carbônico é suficiente para que ocorra reações que resultam na neutralização da acidez (Al^{+3} e H^+), com isso eleva-se o pH do

solo pelo aumento da saturação por bases, além de fornecer os macronutrientes Ca^{2+} e Mg^{2+} (RAIJ, 2011).

Com o advento do plantio direto, na década de 1970, grande parte da utilização do calcário passou a ser realizada em superfície, sem incorporação, fazendo com que os efeitos de sua utilização também sejam superficiais devido à baixa solubilidade do calcário e dos produtos de sua reação no solo (RAMPIM et al., 2011).

Para o manejo da acidez em profundidade, uma alternativa interessante é a utilização do gesso agrícola. Diferentemente do calcário, o gesso é um condicionador de solo, tendo pouca influência sobre o pH, ao ser aplicado, dissocia-se disponibilizando cálcio e enxofre, aumentando os teores desses nutrientes no solo (NEIS et al., 2010).

Ao se dissociar, o Ca^{2+} e SO_4^{2-} são lixiviados para a camada subsuperficial onde ocorre a troca iônica do cálcio pelo alumínio, formando o par iônico AlSO_4^+ , não tóxico às plantas. Também pode ocorrer a precipitação do alumínio na forma de oxihidróxido (SOUSA et al., 2007, SBSC, 2017). Com isso ocorre uma maior penetração das raízes em profundidade, melhorando assim a utilização de água e nutrientes, podendo minimizar possíveis efeitos de déficit hídrico (PAVAN, 1986).

Dessa forma a aplicação de calcário associado ao gesso agrícola pode ocasionar aumento nos caracteres agronômicos e na produtividade. Assim sendo, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência da aplicação de calcário e gesso agrícola sobre as características agronômicas da cultura da canola.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido nos anos de 2017 e 2018, em condições de cultivo protegido com estrutura de metal, cobertura superior de plástico e laterais com tela antiafídeo, na Estação de Horticultura e Cultivo Protegido Professor Mario César Lopes, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) localizada no município de Marechal Cândido Rondon (24° 33' 29'' S, 54° 02' 43'' W, altitude de 410 metros), região Oeste do Paraná. Os dados de temperatura do ar foram coletados e armazenados durante os anos de 2017 e 2018 por meio de um datalogger (Figuras 1 e 2).

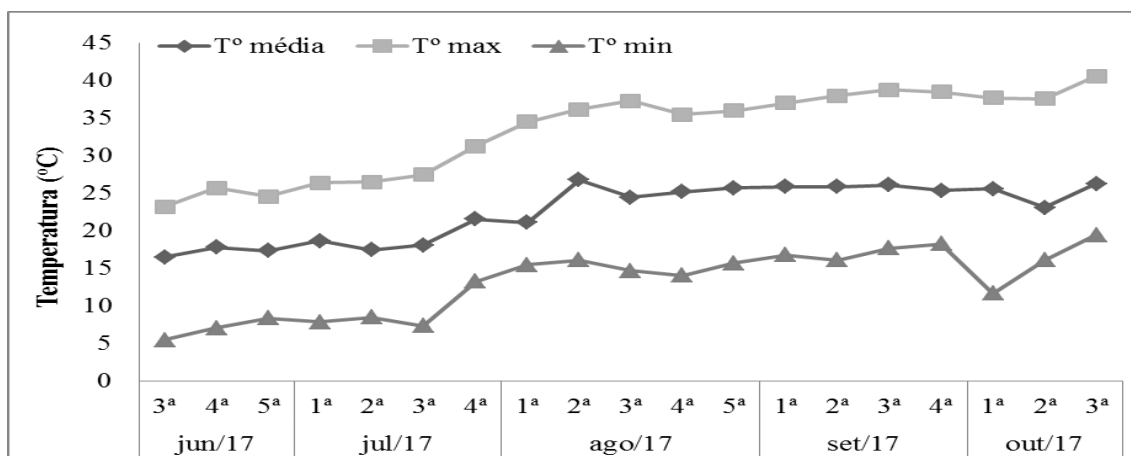


Figura 1. Dados de T° máxima, T° mínima e T° média coletadas semanalmente por datalogger durante o ano de 2017, Marechal Cândido Rondon – PR, 2017.

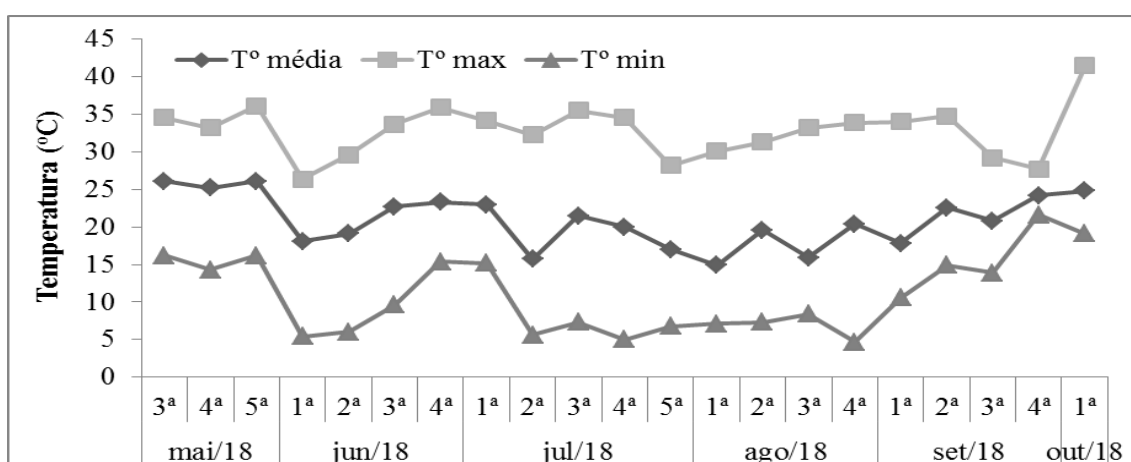


Figura 2. Dados de T° máxima, T° mínima e T° média coletadas semanalmente por datalogger durante o ano de 2018, Marechal Cândido Rondon – PR, 2018.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso com quatro repetições, em esquema fatorial (4 x 4). O primeiro fator foram as doses de calcário (0, 325, 650 e 1300 mg dm⁻³) calculadas pelo método da saturação por base considerando como adequada, uma saturação de 70% para a cultura da canola (SBSC 2017). O calcário utilizado apresentou um PRNT (poder relativo de neutralização total) = 95%, PN = 107%, CaO = 303 g kg⁻¹, MgO = 214 g kg⁻¹ (calcário dolomítico). O segundo fator foram às doses de gesso agrícola, sendo calculadas utilizando 1/3 da necessidade de calagem (0, 125, 250 e 500 mg dm⁻³). O gesso agrícola utilizado apresentava teores de Ca e SO₄ de 18 e 15% respectivamente.

O experimento foi conduzido em vasos de polietileno de 5 dm³, contendo LATOSSOLO VERMELHO (SANTOS et al., 2013), com as seguintes características químicas: pH (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹) 5,41; P (Mehlich-1) 2,07 mg dm⁻³; H + Al 3,68 cmolc dm⁻³; Al³⁺ 0,35 cmolc dm⁻³; Ca²⁺ 3,09 cmolc dm⁻³; Mg²⁺ 1,15 cmolc dm⁻³; K⁺ 0,19 cmolc dm⁻³;

CTC 8,11 cmolc dm^{-3} ; saturação por bases (V%) 54,63; saturação por alumínio (m%) 7,32; e teores de areia, silte e argila, respectivamente, de 103, 329 e 568 g kg^{-1} .

A mistura do solo com as respectivas doses de calcário e gesso agrícola foram realizadas individualmente para cada unidade experimental, e posteriormente foram incubadas no vaso e vedado em sacos plásticos por um período de 45 dias, mantendo umidade constante. No segundo ano de experimentação foi utilizado o solo da mesma coleta, mas que não havia sido utilizado no primeiro ano, ou seja, foi utilizado solo com as mesmas características nos dois anos de experimentação.

Em todos os tratamentos, após incubação foi realizada a adubação básica de semeadura: 100 mg dm^{-3} de N; 300 mg dm^{-3} de P; 150 mg dm^{-3} de K; 1 mg dm^{-3} de B; 1,5 mg dm^{-3} de Cu; 3,5 mg dm^{-3} de Mn e 4 mg dm^{-3} de Zn (NOVAIS et al., 1991). Diferentemente de trabalhos realizados a campo, em experimentos realizados em casa de vegetação utilizando vasos como recipiente são aplicadas maiores doses de macronutrientes e micronutrientes devido a lixiviação que ocorre. As fontes utilizadas foram sais p.a.: nitrato de amônio, sulfato de potássio, fosfato monoamônico, ácido bórico, sulfato de cobre, cloreto de manganês, sulfato de zinco.

A semeadura foi realizada em dois anos agrícolas, sendo o primeiro no dia 12/06/2017 (Ano 1) e do segundo no dia 16/05/2018 (Ano 2). Foram semeadas 10 sementes por vaso, a fim de obter o *stand* de 2 plantas por vaso. O desbaste foi realizado no estádio B₃ (três folhas verdadeiras desenroladas). O híbrido utilizado foi o Hyola 433, com ciclo que varia de 120 à 150 dias, sendo um material exigente em fertilidade e de elevado potencial produtivo (TOMM et al., 2009). Os tratamentos foram irrigados quando verificado a necessidade. Durante a condução do experimento não se constatou o aparecimento de plantas daninhas, doenças ou insetos pragas, não havendo necessidade de controle.

Foram avaliadas as seguintes características biométricas, altura de plantas e índice de área foliar, bem como, os componentes de produção da canola (número de síliquas por planta, número de grãos por síliqua, massa de mil grãos e produtividade).

A altura de plantas (AP) foi aferida 40 dias após a semeadura (DAS), para determinar a altura foi utilizado uma régua graduada, medindo-se da base da planta até a extremidade das folhas. Para determinar o índice de área foliar (IAF), utilizou-se a área foliar (cm^2) por planta, medida com o auxílio do área meter (marca *Li-cor* 3100C), e as dimensões dos vasos.

A colheita foi realizada manualmente, após atingir a maturação fisiológica (estádio fenológico G₅ com coloração de grãos escuros). No Ano 1 de experimentação a colheita foi

realizada no dia 25/10/2017, 135 DAS (dias após a semeadura), e no Ano 2 a colheita foi realizada no dia 03/10/2018, 141 DAS.

Após a colheita foi determinado o número de siliques por planta (NSP), em seguida foram coletadas dez siliques de pontos distintos de cada planta e contabilizando o número de grãos por síliqua (NGS).

Depois de colhida e beneficiado, os grãos foram colocados em local protegido para correção de umidade (10% de umidade). Padronizado a umidade, avaliou-se a massa de mil grãos e a produtividade. A massa de mil grãos (MMG) foi determinada a partir de oito subamostras, com 100 grãos cada, segunda as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A produtividade foi determinada realizando a pesagem do total de grãos produzidos por planta, corrigindo a umidade, sendo a produtividade determinada em g^{-1} planta.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade e posteriormente a análise de variância conjunta. As médias dos diferentes anos de experimentação foram comparadas pelo teste de média a 5% de probabilidade de erro. Quando constatada significância do efeito de doses foi realizada à análise de regressão utilizando o programa estatístico Genes (CRUZ, 2013).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa sobre as variáveis doses de calcário, gesso agrícola e ano (Tabela 1). Para ano, não foi observado diferença significativa para o índice de área foliar, mas foi significativo para altura de plantas, número de siliques por planta, número de grãos por síliqua, massa de mil grãos e produtividade. As doses de calcário apresentaram efeitos sobre as variáveis: altura de planta número de grãos por síliqua e massa de mil grãos.

Para o gesso agrícola não foi verificado efeito significativo sobre as variáveis analisadas. Geralmente os benefícios da aplicação de gesso são verificados em profundidades maiores (20 – 40 cm), já que ao aplica-lo o Ca^{+2} e SO_4^{2-} , em contato com a água, são lixiviados para a subsuperfície e na presença de Al^{+3} se liga ao SO_4^{2-} formando o par iônico AlSO_4^+ (não tóxico a planta). Para avaliar possíveis benefícios da gessagem seria interessante analisar, para uma próxima pesquisa, o crescimento radicular e massa seca de raízes.

Além disso, outra questão controlada no trabalho foi o manejo de irrigação, onde não houve déficit hídrico, pois, as plantas foram irrigadas diariamente conforme necessário. Trabalhos onde ocorre déficit hídrico normalmente as respostas à aplicação de gesso são

evidenciadas, pois com a falta de água as plantas tendem a desenvolver o sistema radicular e assim torna possível evidenciar diferenças de tratamentos com e sem gesso agrícola.

A ausência de respostas à gessagem também foi verificada em trabalhos com as culturas de soja e milho (QUAGGIO et al., 1993; CAIRES et al., 2003; NEIS et al., 2010). Assim como existem trabalhos onde os efeitos da gessagem foram significativos, principalmente onde ocorreu déficit hídrico, pois possibilitou melhor desenvolvimento radicular além do fornecimento de cálcio e enxofre (PAULETTI et al., 2014; ZANDONÁ et al., 2015).

Tabela 1. Resumo da análise de variância conjunta com as variáveis agrônômicas: altura de planta (AP), índice de área foliar (IAF), número de siliques por planta (NSP), número de grãos por sílica (NGS), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PRO), Marechal Cândido Rondon – PR, 2018.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios					
		AP (cm)	IAF	NSP	NGS	MMG (g)	PRO (g planta ⁻¹)
Bloco/A	6	1,1778 ^{ns}	0,0442 ^{ns}	397,112 ^{ns}	4,6116 ^{ns}	0,06489 ^{ns}	0,6524 ^{ns}
A	1	118,9653 [*]	0,0489 ^{ns}	81233,4 [*]	684,50 [*]	30,1185 [*]	774,84 [*]
C	3	22,3697 [*]	0,2100 ^{ns}	2454,42 ^{ns}	64,155 [*]	1,6293 [*]	1,7441 ^{ns}
G	3	4,7734 ^{ns}	0,0293 ^{ns}	1641,96 ^{ns}	5,7043 ^{ns}	0,8415 ^{ns}	0,9847 ^{ns}
C x G	9	0,1723 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	90,4592 ^{ns}	0,1477 ^{ns}	0,1018 ^{ns}	0,0306 ^{ns}
C x A	3	2,7480 ^{ns}	0,0207 ^{ns}	384,216 ^{ns}	5,2373 ^{ns}	0,1845 ^{ns}	0,2103 ^{ns}
G x A	3	0,1655 ^{ns}	0,0033 ^{ns}	373,049 ^{ns}	0,0531 ^{ns}	0,0991 ^{ns}	0,0452 ^{ns}
CxG xA	9	0,0780 ^{ns}	0,0016 ^{ns}	71,2092 ^{ns}	0,3074 ^{ns}	0,0534 ^{ns}	0,0279 ^{ns}
Resíduo	90	4,0244	0,1183	1067,6509	3,8472	0,2380	1,1829
Média geral		26,22	1,85	210,89	14,52	3,28	6,57
CV (%)		7,64	18,55	15,49	13,50	14,87	16,54

^{ns/} Não significativo. ^{*/} Significativo pelo teste F em nível de 5 % de probabilidade de erro.

Na safra 2017 as médias de altura de plantas (AP) e massa de mil grãos (MMG) foram, respectivamente 7 e 35 % superior às médias da safra 2018 (Tabela 2). As variáveis número de siliques por planta (NSP), número de grãos por sílica (NGS) e produtividade (PRO) as maiores médias foram registradas em 2018, sendo a diferença para 2017 de aproximadamente 121, 38 e 119%, respectivamente.

Este resultado demonstra a influência exercida pelo fator climático temperatura do ar sobre as variáveis analisadas. Na safra 2017 a semeadura foi realizada no dia 12/06/2017 onde

as temperaturas foram adequadas para o desenvolvimento, da emergência até o início do florescimento (temperatura média de 19,5 °C). Na safra 2018, a semeadura foi realizada no dia 16/05/2018, e durante os estádios vegetativos a temperatura média foi mais elevada (22 °C), além disso as temperaturas máximas foram superior em 16% comparado a safra 2017.

Tabela 2. Resultados médios para altura de planta (AP), número de siliques por planta (NSP), número de grãos por planta (NGS), massa de mil grãos (MMG), e produtividade (PRO) de canola cv “Hyola 433” em função de dois anos de experimentação safra 2017 e 2018, Marechal Cândido Rondon – PR, 2018.

Ano	AP (cm)	NSP	NGS	MMG (g)	PRO (g planta ⁻¹)
2017	27,19 a [*]	131,23 b	12,20 b	3,76 a	4,11 b
2018	25,26 b	290,56 a	16,83 a	2,79 b	9,03 a

^{*}/ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F em nível de 5% de probabilidade de erro.

Segundo Dalmago et al. (2013) a temperatura do ar é o fator ambiental que tem mais influência sobre o desenvolvimento da canola. A influência ocorre no intervalo entre o aparecimento das folhas no caule, denominado de filocromo. A emissão de folhas ocorre pelo acúmulo de graus-dia, que para a cultura da canola é de aproximadamente 50 graus-dia, e a temperatura ideal para o desenvolvimento é de aproximadamente de 20 °C (ROBERTSON et al., 2004; WILHELM e MCMASTER, 1995).

Dessa forma é possível compreender que à medida que aumenta o acúmulo de graus-dia através da elevação da temperatura do ar, reduz o tempo para que sejam emitidas novas folhas, acelerando os estádios fenológicos, reduzindo altura das plantas, pois ocorre diminuição dos internódios.

As temperaturas elevadas durante o florescimento no ano de 2017 resultaram num expressivo abortamento de flores e botões florais, refletindo diretamente na redução do NSP, bem como o NGS. Todavia, durante o transcorrer deste subperíodo no ano de 2018, considerado a fase mais crítica para a canola, as temperaturas se mantiveram na faixa dos (18 °C) e, portanto, não afetaram negativamente o NSP.

Champolivier e Merrien (1996) em estudos realizados com colza, que assemelha-se a canola, verificaram que o período crítico para determinar o rendimento ocorre desde o início do florescimento até o fim da fixação dos grãos, sendo que temperaturas superiores a 27 °C durante o período de floração pode ocasionar redução na fertilidade das flores por infertilidade dos ovários, pólen e aborto das siliques.

Com a redução do NSP e NGS na safra 2017 houve um maior acúmulo de nutrientes e sais minerais em uma menor quantidade de grão, isso fez com que a massa desses grãos fosse superior, sendo a MMG da safra 2017 de 3,76 g enquanto na safra 2018 foi de 2,79 g.

Si et al. (2003) descrevem que temperaturas ente 20 e 25 °C são condições fundamentais para que as plantas realizem suas atividades fisiológicas como a formação e transporte de fotoassimilados para os grãos. Isso evita gasto de energia metabólica para manutenção e recuperação contra estresse ambiental.

Outra variável que apresentou diferença significativa entre os anos foi à produtividade. Em 2018 a média foi de 9,03 g planta⁻¹, sendo 119 % superior a 2017. Esse aumento provavelmente tenha ocorrido em decorrência dos acréscimos observados nos componentes de produção NSP. Sanches et al. (2014), pesquisando adubação nitrogenada e irrigação na cultura da canola, verificaram que o componente NSP exerce influência direta na produtividade.

Analisando a aplicação de doses de calcário pode-se observar que não houve interação entre os anos de experimentação bem como não houve interação com a aplicação de gesso agrícola. Na figura 3 pode-se observar que houve um aumento linear na AP aplicando doses crescentes de calcário, sendo que a testemunha (sem aplicação de calcário) as plantas tinham como AP de aproximadamente 25 cm, na maior dose aplicada no estudo (1300 mg dm⁻³) observou-se um aumento de aproximadamente 8 % da AP.

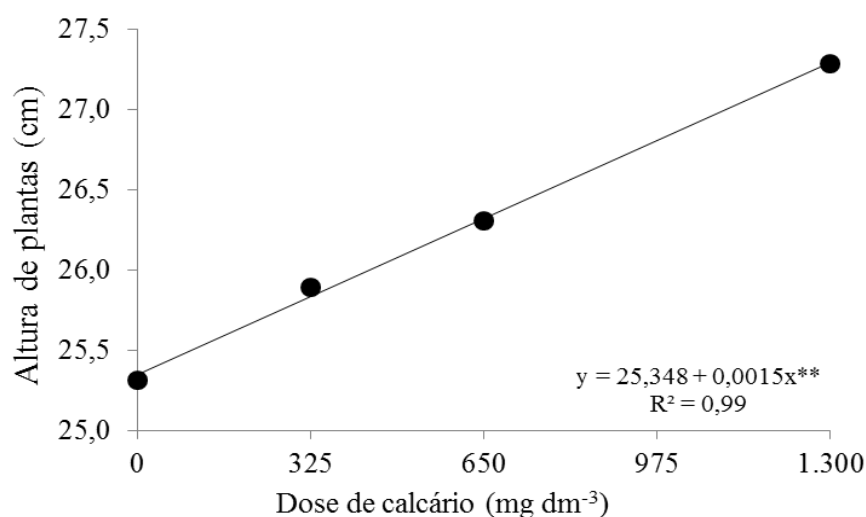


Figura 3. Altura de planta (cm) em função de doses crescentes de calcário, Marechal Cândido Rondon-PR, 2018.

Esses aumentos podem estar relacionados à elevação do pH e neutralização do Al⁺³ que são impedimentos químicos limitantes do desenvolvimento das plantas, que ocorrem com a aplicação de calcário. Severino et al. (2004) estudando o desenvolvimento de oleaginosas

em condições semelhantes ao estudo em questão, também constatarem significativos aumentos na AP em decorrência da adição de Ca^{2+} e Mg^{2+} .

Para os efeitos da aplicação de calcário no NGS verificou-se que não houve interação significativa para as doses de calcário e os anos de experimentação. A aplicação doses de calcário como efeito isolado foi significativa, sendo que com o aumento das doses de calcário houve um aumento linear do NGS (Figura 4). Onde não foi realizada a calagem (testemunha) as siliques possuíam em média 13 grãos de canola, na dose de 1300 mg dm^{-3} as siliques possuíam em média 16 grãos, ou seja, aplicando a maior dose houve um aumento de 24% no NGS em relação a testemunha. Dessa forma estima-se que para aumentar 1 grão por síliqua foi necessário aplicar 360 mg dm^{-3} de calcário, para as condições deste experimento.

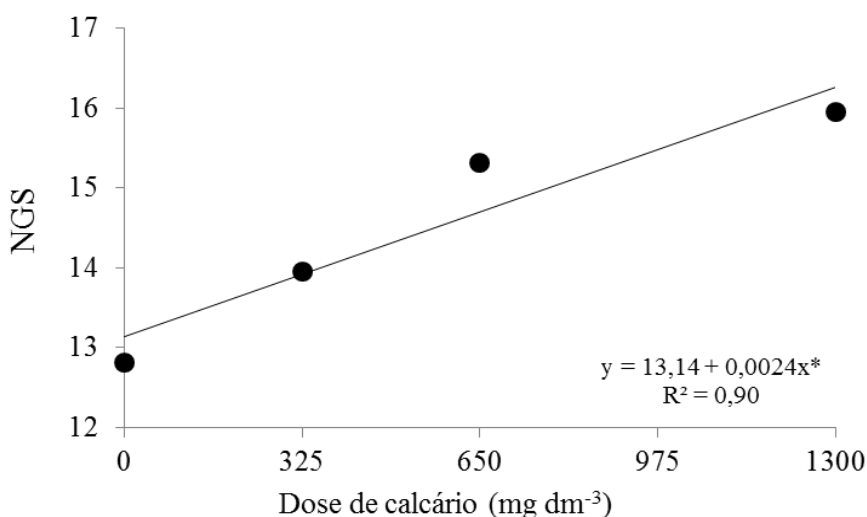


Figura 4. Número de grãos por síliqua em função de doses calcário, Marechal Cândido Rondon, 2018.

Comportamento semelhante foi verificado para o componente agrônômico MMG (Figura 5), onde se obteve respostas crescentes de forma linear à medida que foram aplicadas maiores doses de calcário. Nos tratamentos onde não se aplicou calcário (testemunha) a MMG de canola era de aproximadamente 3,05 g, já o tratamentos onde foram aplicados 1300 mg dm^{-3} de calcário a média da MMG foi de aproximadamente 3,57 g, ou seja, houve um aumento de 17% aplicando a maior dose pesquisada em relação a testemunha. Para as condições deste trabalho estima-se que a cada 100 mg dm^{-3} de calcário aplicado houve um aumento de 0,04 g na MMG.

Ao realizar a calagem grandes quantidades de Ca^{2+} e Mg^{2+} são adicionadas ao solo, esses nutrientes exercem funções estruturais na planta além de influenciarem indiretamente o

nos componentes agronômicos e rendimento das culturas. Com a adição de Ca as condições para o crescimento radicular e atividade microbiana são melhoradas auxiliando na disponibilidade de molibdênio e outros nutrientes essenciais para a planta (DECHEN e NACHTIGALL, 2007).

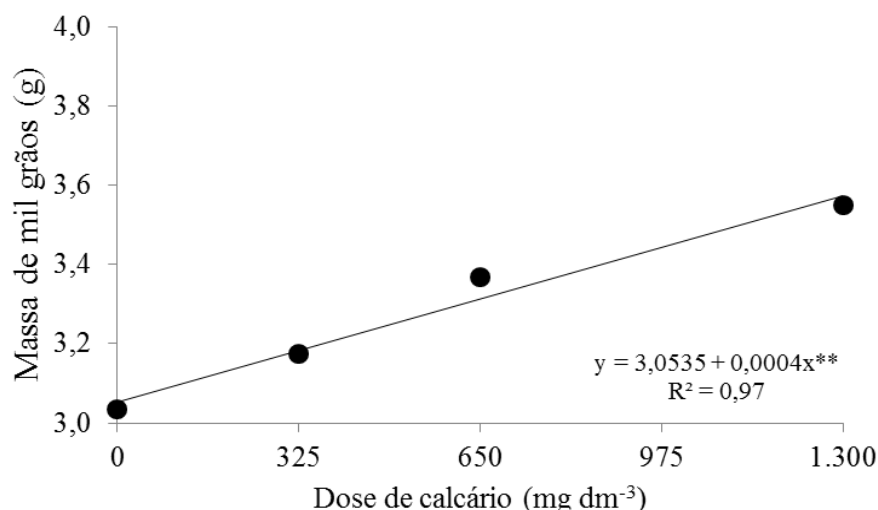


Figura 5. Massa de mil grãos em função de doses calcário, Marechal Cândido Rondon, 2018.

Não houve diferença estatística quando se aplicou doses crescentes de calcário e gesso agrícola para a produtividade. A produtividade média obtida no experimento foi de 6,57 g planta⁻¹. Caires et al (2003) em estudo sobre calagem e gessagem na cultura da soja também não verificou influência dos tratamentos de calagem para o rendimento de grãos. Resultados significativos com a aplicação de doses de calcário são verificados em solos com acidez elevada.

4.4 CONCLUSÕES

Não houve interação significativa entre as doses de calcário e as doses de gesso agrícola para altura de plantas, número de siliques por planta, número de grãos por síliqua, massa de mil grãos e produtividade de grãos do híbrido de canola Hyola 433 no período e condições edafoclimáticas.

A aplicação do gesso agrícola isoladamente não proporcionou efeitos significativos em termos de nutrientes no solo e consequentemente nos caracteres agronômicos da canola.

A aplicação de calcário no solo, na dose 1300 mg dm⁻³ aumentou a disponibilidade de nutrientes e consequentemente a AP em 8% em comparação a testemunha (sem aplicação de calcário).

O NGS e MMG aumentaram linearmente quando se aplicou doses crescentes de calcário. A dose de 1300 mg dm⁻³ de calcário condicionou a obtenção de 16 grãos por siliqua e 3,57 g para 1.000 grãos de canola, assim foram 23 e 17% superiores em relação a testemunha, respectivamente.

Neste trabalho, foi constatado que a cada 360 e 100 mg dm⁻³ de calcário no solo promovia, respectivamente, o aumento de 1,00 siliqua por planta e 0,04 g da MMG, mas não resultou em incrementos significativos da produtividade média que foi de 6,57 g planta⁻¹ de grãos de canola, nos anos de 2017 e 2018.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

CAIRES, E.; BLUM, J.; BARTH, G. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v. 27, n. 1, p. 275–286, 2003.

CANOLA COUNCIL OF CANADA. **Canola grower's manual**. Winnipeg. Disponível em: <<http://www.canolacouncil.org/crop-production/canola-grower's-manual-contents>>. Acesso em: 12 abr 2017.

CASTRO, A. M. C.; BOARETTO, A. E. Teores e acúmulo de nutrientes em função da população de plantas de canola. **Scientia Agraria**, v. 5, n. 1-2, p. 95 – 101, 2004.

CHAMPOLIVIER, L.; MERRIEN, A. Effects of water stress applied at different growth stages to *Brassica napus* L. var. *oleifera* on yield, yield components and seed quality. **European Journal of Agronomy**, v. 5, n. 3–4, p. 153–160, 1996.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J.A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v. 28, n. 2, p.317 – 326, 2004.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2017/2018. **Décimo segundo levantamento. 2018**. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br> >. Acesso em: 11 nov 2018.

CRUZ, C. D. Genes: A Software Package for Analysis in Experimental Statistics and Quantitative Genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DALMAGO, G. A.; FOCESATTO, E.; KOVALESKI, S.; TAZZO, I. F.; BOLIS, L. M.; CUNHA, G. R.; NIED, A. H.; BERGAMASHI, H.; SANTI, A. Filocrono e número de folhas da canola em diferentes condições ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 6, p. 573 – 581, 2013.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds), **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 1017 p., 2007.

FIGUEIREDO, D. F.; MURAKAMI, A. E.; PEREIRA, M. A. S.; FURLAN, A. C.; TORAL, F. L. B. Desempenho e Morfometria da Mucosa de Duodeno de Frangos de Corte Alimentados com farelo de canola, durante o período inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 32, n. 6, p. 1321–1329, 2003.

KRÜGER, C. A. M. B.; SILVA, J. A. G. DA; MEDEIROS, S. L. P.; DALMAGO, G. A.; SARTORI, C. O.; SCHIAVO, J. Arranjo de plantas na expressão dos componentes da produtividade de grãos de canola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n. 11, p.1448-1453, 2011.

NEIS, L.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PINTO, F. A. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na regiões Sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciências do Solo** , v. 34, n. 2, p. 409–416, 2010.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaios em ambientes controlados. In: OLIVEIRA, A. J. et al. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. EMBRAPA, p. 189 – 253, 1991.

PAULETTI, V.; PIERRI, L.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A. C. V. Efeitos em longo prazo da aplicação de calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v. 38, n. 2, p. 495 – 505, 2014.

PAVAN, M. A. Comportamento do gesso nos solos acidos das regioes tropicais e subropicais. **Informações Agronômicas**, n. 35, 1986.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. V.; GALLO, P. B.; MASCARENHAS, H. A. A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 375 – 383, 1993.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 420 p., 2011.

RAMPIM, L.; LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F.; FONTANIVA, S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1687–1698, 2011.

ROBERTSON, M. J.; HOLLAND, J. F.; BAMBACH, R. Response of canola and Indian mustard to sowing date in the grain belt of north-eastern Australia. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. 44, p. 43–52, 2004.

SANCHES, A. C.; GOMES, E. P.; RAMOS, W. B.; MAUAD, M.; SANTOS, S.; BISCARO, G.A. Produtividade da canola sob irrigação e doses de adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 7, p. 688–693, 2014.

SANTOS, H. G. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. EMBRAPA: Brasília, 3 ed, 353 p, 2013.

SEVERINO, L.S.; MORAES, C. R. A.; FERREIRA, G. B.; GONDIM, T. M. S.; FREIRE, W. S. A.; CASTRO, D. A.; CARDOSO, G. D. Adubação química da mamoneira com NPK, cálcio, magnésio e micronutrientes em Quixeramobim, CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA: Energia e sustentabilidade, 2004, Campina Grande. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. Disponível em: < http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/trabalhos_cbm1/069.PDF> Acesso em: 20 de novembro de 2018.

SI, P.; MAILER, R. J.; GALWEY, N.; TURNER, D. W. Influence of genotype and environment on oil and protein concentrations of canola (*Brassica napus* L.) grown across southern Australia. **Australia Journal Agricultural Resource**. v. 54, p. 397 – 407, 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIAS DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/ NEPAR, 482 p., 2017.

SOUZA, A.B.; ANDRADE, M.J.B.; ALVES, V.G. Populações de plantas, adubação e calagem para o feijoeiro (cv. Iapar 81) em um Gleissolo de Ponta Grossa, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 26, n. 3, p. 347-352, 2004.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds), **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 1017 p., 2007.

TOMM, G. O.; WIETHÖLTER, S.; DALMAGO, G. A.; SANTOS, H. P. **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Embrapa trigo, n. 54, p. 88, 2009.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Economic Research Service. 2017. Disponível em: < <http://www.ers.usda.gov/data-products/oil-crops-yearbook.aspx>>. Acesso em: 14 de outubro de 2018.

WILHELM, W. W.; MCMASTER, G. S. Importance of the Phyllochron in Studying Development and Growth in Grasses. **Crop Science**, v. 35, n. 1, p. 1-3, 1995.

ZANDONÁ, R. R.; BEUTLER, A. N.; BURG, G. M.; BARRETO, C. F.; SCHIMIDT, M. R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 128–137, 2015.

5 CONCLUSÕES GERAIS

A aplicação de gesso agrícola não apresentou efeito significativo sobre as variáveis analisadas para as condições de experimento em casa de vegetação com a cultura da canola semeada em vasos. Deve-se considerar a realização de estudos com o uso de gesso agrícola em trabalhos com a cultura da canola a campo, onde os resultados possivelmente sejam mais expressivos.

A aplicação de doses crescentes de calcário promoveram a elevação do pH do solo (H_2O), e se constatou que a cada 100 mg dm^{-3} de calcário aplicado elevou-se 0,08 e 0,03 unidades de pH, respectivamente para os anos de 2017 e 2018.

O uso do calcário elevou a disponibilidade de K, Ca e Mg no solo e consequentemente aumentou os teores foliares destes elementos nas plantas da canola de forma linear. Foi observado que a dose de $1300 \text{ mg de calcário dm}^{-3}$ de solo proporcionou os maiores valores destes nutrientes nas plantas.

A aplicação de calcário no solo, na dose 1300 mg dm^{-3} aumentou a disponibilidade de nutrientes e consequentemente a AP em 8% em comparação a testemunha (sem aplicação de calcário).

O NGS e MMG aumentaram linearmente quando se aplicou doses crescentes de calcário. A dose de 1300 mg dm^{-3} de calcário condicionou a obtenção de 16 grãos por síliqua e 3,57 g para mil grãos de canola, assim foram 23 e 17% superiores em relação a testemunha, respectivamente.

A cada 360 e 100 mg dm^{-3} de calcário no solo promovia, respectivamente, o aumento de 1,00 síliqua por planta e 0,04 g da MMG.

Não houve incrementos significativos da produtividade média, com a aplicação de calcário, que foi de $6,57 \text{ g planta}^{-1}$ de grãos de canola, nos anos de 2017 e 2018.