

**RECOMENDAÇÕES DE FERTILIZAÇÃO FOSFATADA PARA *Helianthus Annus* EM SISTEMAS AGRÍCOLAS**

Thaynara Garcez da Silva<sup>1</sup>, Antonio Nolla<sup>1</sup>, João Henrique Castaldo<sup>1</sup>, Adriely Vechiato Bordin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agrônomicas, Campus de Umuarama. 8 Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR. E-mail: thaynaragarceztg@gmail.com, anolla@uem.com, jhcastaldo2@uem.br, adrielyvechiato@hotmail.com

**RESUMO:** O objetivo desta revisão foi unir informações a respeito do manejo da fertilização fosfatada para a produção de girassol. O cultivo de girassol (*Helianthus annuus* L.) no Brasil é uma alternativa para a diversificação da produção, sendo essa uma cultura valorizada especialmente em função do alto teor de óleo produzido, de elevada qualidade nutricional. Um dos elementos nutrientes mais requeridos pelo girassol é o fósforo, diretamente relacionado ao enchimento de aquênios e teor de óleo. No Estado paranaense há predominância de solos altamente intemperizados, com teores reduzidos de fósforo disponível para as plantas ( $< 12 \text{ mg dm}^{-3}$ ), fato que justifica a adubação fosfatada para o cultivo de girassol. O alto preço e a ação de curto prazo dos fertilizantes fosfatados solúveis tradicionais, como o superfosfato simples e superfosfato triplo, pode reduzir a lucratividade do girassol em algumas condições. Isso desperta o interesse das indústrias de fertilizantes para o desenvolvimento de novos produtos que apresentem maior efeito residual, como os termofosfatos, que passam por um tratamento térmico e de pressão que os conferem maior solubilidade que o fosfato natural, além da possibilidade de serem enriquecidos com outros nutrientes, originando fertilizantes mais completos. A aplicação do pó da rocha fosfatada moída também pode ser uma opção para reduzir os custos com a fertilização mineral, bem como os fertilizantes orgânicos, como o esterco de aves e a casca de arroz carbonizada, que são resíduos de outras atividades agrícolas, que possuem uma ampla gama de elementos nutrientes em sua composição e a lenta decomposição do resíduo os confere longo efeito residual no solo. Assim, compreende-se a necessidade de pesquisas para melhor elucidar os efeitos das fontes de fósforo no cultivo de girassol no Estado paranaense.

**PALAVRAS-CHAVE:** girassol, fósforo, adubação orgânica, termofosfatos

**PHOSPHATE FERTILIZATION RECOMMENDATIONS FOR *Helianthus Annus* IN AGRICULTURAL SYSTEMS**

**ABSTRACT:** The objective of this review was to gather information regarding the management of phosphate fertilization for sunflower production. The cultivation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in Brazil is an alternative for the diversification of production, which is a valued crop especially due to the high oil content produced, with high nutritional quality. One of the nutrient elements most required by sunflower is phosphorus, directly related to achene filling and oil content. In the State of Paraná, there is a predominance of highly weathered soils, with reduced levels of phosphorus available to plants ( $< 12 \text{ mg dm}^{-3}$ ), a fact that makes phosphate fertilization an essential operation for sunflower cultivation. The high price and short shelf life of traditional soluble phosphate fertilizers, such as simple superphosphate and triple superphosphate, can make cultivation unfeasible in some conditions. This arouses the interest of the fertilizer industries in the development of new products that have a greater residual effect, such as thermophosphates, which undergo heat and pressure treatment that give them greater solubility than natural phosphate, in addition to the possibility of being enriched with other nutrients, creating more complete fertilizers. The application of ground phosphate rock powder

can also be an option to reduce the costs of mineral fertilization, as well as organic fertilizers, such as poultry manure and carbonized rice husk, which are residues from other agricultural activities, which have a wide range of nutrient elements in their composition and the slow decomposition of the residue gives them a long residual effect in the soil. Thus, the need for research to better elucidate the effects of phosphorus sources on sunflower cultivation in the State of Paraná is understood.

**KEYWORDS:** sunflower, phosphorus, organic fertilizer, thermophosphates

## INTRODUÇÃO

A produção de girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma opção para diversificar as culturas em rotação, sendo produtora de grãos, forragem e de interesse na produção de biocombustíveis. Dentre seus principais produtos destacam-se o óleo de elevada qualidade e a torta de girassol, que pode ser utilizada na alimentação de animais ruminantes (Soares et al., 2016). Por ser uma cultura de ampla adaptação a diversas condições edafoclimáticas, o girassol pode ser cultivado de norte a sul no Brasil (Nobre et al., 2018). Contudo, para garantir os níveis de produtividade da cultura o manejo da fertilidade do solo é imprescindível. Lira et al. (2011) relatam que o girassol possui preferência pelos solos de textura média ( $< 150 - 350 \text{ g kg}^{-1}$  argila) e pH adequado a moderadamente ácido (5,2-6,0), não tolerando altos índices de acidez. Além disso, a deficiência de fósforo no solo pode limitar o desenvolvimento do girassol, ocasionando reduções no rendimento, enchimento de aquênios e no teor de óleo (Rossi, 1998).

Na região noroeste do Paraná predominam solos altamente intemperizados, com consideráveis níveis de acidez ( $\text{pH H}_2\text{O} < 5,5$ ) e baixa concentração de fósforo ( $< 12 \text{ mg dm}^{-3}$ ) disponível para as plantas (Pauletti e Motta, 2019). Para o crescimento de girassol, é necessária adequada disponibilidade de fósforo, especialmente nos períodos iniciais de desenvolvimento até a formação dos aquênios, período em que ocorre a maior absorção deste nutriente pela planta. No enchimento dos aquênios, cerca de 30-60% do fósforo é remobilizado das folhas e caule para os aquênios em maturação (Hocking e Steer, 1983). Em concordância, Santos et al. (2010) observaram que o incremento de  $160 \text{ kg ha}^{-1}$  de P no solo aumentou em até 4 vezes a matéria seca total e de aquênios no girassol.

Estima-se que, no ano de 2022, cerca de 85% dos fertilizantes solúveis consumidos nacionalmente foram importados de outros países, dado que comprova a relação de dependência externa do Brasil por insumos agrícolas importados. Essa condição pode elevar o custo de produção, especialmente pela vulnerabilidade às oscilações cambiais, além da curta vida útil desses insumos no solo (König et al., 2022, Novais et al., 2007). Com o intuito de minimizar esses problemas, as empresas de fertilizantes estão investindo em novas tecnologias, como o emprego de diferentes fontes de fósforo (orgânicas e minerais) no mesmo produto e a inclusão

de inúmeros macros e micronutrientes no grânulo, como K, Ca, Bo, Cu e Mo, reduzindo a necessidade de adubação para os demais nutrientes e prolongando o efeito residual do fertilizante no solo (Yoorin, 2022).

Há também insumos alternativos, como o pó da rocha fosfatada moída e os termofosfatos, que passam por um tratamento térmico para garantir maior solubilidade (Novais et al., 2007). Vale ressaltar ainda o uso de fertilizantes orgânicos, como o esterco animal e a casca de arroz carbonizada, que disponibilizam nutrientes no solo de forma gradual, possuindo maior vida útil, além de apresentar custo reduzido nas proximidades de criadores de animais e indústrias de beneficiamento de arroz (Oliveira, 2013).

Com tamanha diversidade de insumos para a disponibilização de fósforo no solo, surge a demanda por pesquisas que apontem a eficácia desses insumos para garantir a produtividade do girassol. Isso justifica o objetivo desta revisão, de unir informações sobre as alternativas de manejo da adubação fosfatada para o cultivo de girassol em solos tropicais.

## **IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA E ASPECTOS GERAIS SOBRE O GIRASSOL**

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma das principais oleaginosas consumidas no mundo. Seus grãos possuem alto teor de óleo (entre 38 e 50%) de ampla versatilidade, como componente da alimentação humana, animal e de interesse para a produção de biocombustíveis, especialmente pela elevada qualidade química e organoléptica de seu óleo (Tarsitano et al., 2016, Birck et al., 2017; Polviset et al., 2020). Quase todas as partes da planta podem ser aproveitadas. O sistema radicular pivotante absorve água e nutrientes em profundidade no perfil do solo, as hastes podem ser matéria-prima para produtos de isolamento acústico e a massa seca da parte aérea é fonte de adubação verde, permitindo a ciclagem dos nutrientes que foram absorvidos no perfil do solo. Ao final do ciclo, os restos culturais podem ser mantidos na superfície, disponibilizando os nutrientes através da decomposição do material orgânico (Gazzola et al., 2012).

Pertencente à família Asteraceae, o cultivo de girassol vem ganhando cada vez mais espaço nas lavouras brasileiras em função das suas características de fácil adaptação a distintas condições ambientais, tolerância a seca e o alto rendimento de óleo e grãos, podendo contribuir para diversificação de culturas em sistemas agrícolas (Leite et al., 2005). Tais características possibilitam a rotação do cultivo de girassol com outras culturas como soja ou feijoeiro, inclusive no bioma do Cerrado brasileiro (Carvalho et al., 2012; Carvalho et al., 2014; Castro e Leite, 2018). Estudos apontam que a o cultivo de girassol, em rotação de culturas com

leguminosas pode aumentar a eficiência dos cultivos, em função da ciclagem de nutrientes e do uso comum de insumos, maquinário e infraestrutura (Birek et al., 2017; Carvalho et al., 2018).

Em relação à produção brasileira, a área cultivada com girassol na safra 2021/22 foi de 39,3 mil hectares, atingindo uma produção de 40,8 mil toneladas de grãos (CONAB, 2022) e estima-se um aumento de até 65% na safra 2022/23 (SEAPA, 2023). Nos últimos anos, o Estado do Goiás tem se destacado como maior produtor nacional da cultura, responsável por até 56,2% da produção brasileira de girassol, o que equivale a 37,9 mil toneladas de grãos. O segundo maior produtor é o Estado de Mato Grosso do Sul com 17,3 mil toneladas, seguido pelo Rio Grande do Sul com 4,6 mil toneladas de grãos produzidos (SIDRA, 2022). No Paraná, a produção de girassol foi de aproximadamente 77 toneladas de grãos na safra de 2021/2022, de acordo com dados do IBGE (2022), valor ainda baixo, mas que pode ser superado com a implementação de práticas agrícolas conservacionistas, como a rotação de culturas.

A duração do ciclo é variável em função do genótipo cultivado, podendo abranger entre 65 e 165 dias após a emergência das plantas (Oliveira et al., 2022). Estima-se que a demanda de água pela cultura seja de 400 a 600 mm bem distribuídos ao longo do ciclo. Quanto à temperatura, o girassol tolera uma ampla faixa de variação, que se estende de 8°C a 34°C, o que enfatiza a capacidade de adaptação edafoclimática da cultura, tendo a temperatura ideal próxima a 27°C em ensaios experimentais (Gazzola et al., 2012). Contudo, o girassol é geralmente cultivado em regiões de clima árido ou semiárido, como na região noroeste paraense, onde a baixa pluviosidade aliada às altas temperaturas podem restringir o desenvolvimento radicular das plantas (Kaya et al., 2019). No noroeste do Paraná há predominância de solos com CTC < 7,5 cmol<sub>c</sub>kg<sup>-1</sup> e teor de argila < 350 g kg<sup>-1</sup>, podendo chegar a teores inferiores a 150 g kg<sup>-1</sup> de argila, caracterizando solos de textura média e arenosa, condição que permite a expectativa de 2.500 kg ha<sup>-1</sup> de produtividade média (Raij, 2011; Santos et al., 2018).

A cultura se desenvolve bem por solos profundos, de textura média (150-350 g kg<sup>-1</sup> de argila), com boa capacidade de drenagem e armazenamento de água (33-94 mm), alta fertilidade, com saturação por bases (V%) superior a 50 (Lira et al., 2011; Gazzola et al., 2012; Brasil, 2022). Para garantir os níveis de produtividade da cultura, é necessário se atentar ao manejo de fertilidade do solo, sendo o girassol uma planta exigente em fósforo (Castro e Oliveira, 2005; Eltz, et al., 2010). O fósforo é um nutriente que impacta diretamente na produtividade final da cultura, incrementando a massa seca total e de aquênios, a granação, a floração e o crescimento de raízes, sendo necessária a dosagem de 80 e 140 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em

solos com baixo e muito baixo teor de P, respectivamente, para atingir seu máximo potencial produtivo (Santos et al., 2010; Campos et al., 2015; CQFS, 2016; Oliveira et al., 2022).

### FÓSFORO NO SOLO

O fósforo (P) é um elemento vital para os seres vivos, tanto animais quanto vegetais. No solo, ele representa um íon macronutriente amplamente absorvido pelas plantas, disponível nas formas  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  e  $\text{PO}_4^{3-}$  (Salomaa et al., 2018). Com o aumento da demanda mundial por alimento, a agricultura vem buscando meios de incrementar a produtividade através de técnicas de manejo, melhoramento genético e expansão da área cultivada, especialmente para os solos de textura média e arenosa, que podem apresentar baixa aptidão natural às atividades agrícolas em função da avançada intemperização (Sávio et al., 2011). Grande parte dos solos brasileiros possui deficiência de fósforo disponível, além elevados níveis de acidez, comumente encontrado em condições de  $\text{pH H}_2\text{O} < 5,0$  (Pauletti e Motta, 2019). Isso acontece devido ao elevado grau de desenvolvimento pedogenético do material de origem dos solos em países de clima tropical e subtropical, como o Brasil, onde o solo formado possui predominância de óxidos de ferro e óxidos de alumínio em sua composição, como é o caso dos Latossolos e Argissolos (Vilar e Vilar, 2013; Brady e Weil, 2013). Os óxidos de ferro e alumínio estão presentes no solo como constituintes das argilas e possuem grande avidéz pelo ânion fosfato, ligando-se covalentemente com o fósforo, formando um complexo que constitui o P não-lábil. Nessa forma, o fósforo é retido irreversivelmente na fração argila do solo, pelo fenômeno conhecido como adsorção ou fixação específica (Vilar e Vilar, 2013). Assim, em solos argilosos o problema da dinâmica do fósforo fixado às argilas é superior, quando comparado aos solos arenosos, de modo que até 90% do P aplicado seja adsorvido ao solo na primeira hora após a aplicação (Melo e Mendonça, 2019).

Além de ser prejudicial às plantas pela presença de elementos tóxicos, como  $\text{Al}^{+3}$  ( $> 0,3 \text{ cmolc kg}^{-1}$ ) e  $\text{H}^+$  ( $\text{pH} < 5,0$ ), a acidez do solo também reduz a eficiência da absorção de elementos nutrientes. Na solução do solo, o fósforo está disponível como íon ortofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), que possui forma predominantemente dependente de pH (Scheufele et al., 2016.). Estima-se que a máxima disponibilidade de fósforo no solo se dê com o pH em  $\text{H}_2\text{O}$  em torno de 6,0-6,5 (Nogueira e Távora, 2005). A elevação do pH do solo partir de 6,5 reduz disponibilidade de P, devido ao aumento de  $\text{OH}^-$  na solução e de íons de  $\text{Ca}^{+2}$ , que se ligam ao  $\text{PO}_4^{3-}$  retornando a forma de fosfato bi-cálcico e tri-cálcico, tornando-se indisponível para as plantas, minimizando o efeito dos fertilizantes aplicados (Queiroz et al., 2009). Além disso, nessas condições a disponibilidade de micronutrientes, como Fe, Cu e Zn é drasticamente

reduzida (Santos et al., 2021). Portanto, a correção da acidez do solo é fundamental, considerando-se o pH do solo ideal em torno de 6,0 para potencializar a eficiência da adubação fosfatada e garantir o equilíbrio com os demais nutrientes presentes na solução.

Pesquisas recentes apontam que a disponibilidade de fósforo no solo é afetada positivamente pelo teor de matéria orgânica e negativamente pelo teor de argila presentes no solo (Vinha et al., 2021). Isso ocorre porque os óxidos de Fe e Al, que constituem as argilas, possuem afeição pelo P disponível no solo, sendo os principais responsáveis por ligar-se irreversivelmente a ele. Esse fenômeno é denominado fixação específica, sendo mais enfático em solos argilosos, reduzindo a disponibilidade de P rapidamente, quando comparado aos solos arenosos, com menos de 15% de argila (Novais et al., 2007).

Já a matéria orgânica pode ser inserida no sistema através de resíduos culturais e esterco animal, é fonte de cargas elétricas que não possuem a capacidade de fixar o P no solo, permitindo que esse esteja disponível para as plantas por maior tempo e também disponibiliza nutrientes através da sua mineralização, incluindo algumas formas orgânicas de P (Novais et al., 2007; Ross, 1993). O fósforo orgânico está presente no solo em diversos compostos, como inositol, fosfolípidos e ácidos nucleicos, disponível no solo na mesma proporção que a matéria orgânica, podendo prolongar a capacidade de troca de ânions (CTA) do solo, benefício importante especialmente em solos argilosos, onde a fixação específica de P é potencializada (Faquin, 2005).

Diversos extratores podem ser utilizados para quantificar a quantidade de fósforo disponível para as plantas no solo. O Mehlich-1 é o método mais utilizado nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina, calibrado para as principais culturas cultivadas nesses Estados, pode ser considerada uma metodologia de fácil execução (Mumbach et al., 2018). Entretanto, o Mehlich possui a limitação de extrair preferencialmente o P ligado aos íons de cálcio, podendo superestimar a quantidade de P disponível em solos recentemente fertilizados com fosfatos naturais e tendo efeito reduzido em solos argilosos (Bortolon e Gianello, 2011; Freitas et al., 2013). O método da resina trocadora de ânions é empregado no Estado de São Paulo e foi também utilizado nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina até meados de 2016, para quantificar o fósforo em solos fertilizados com fosfatos naturais. Contudo, dificuldades operacionais e de estabelecimento de parâmetro comparativos para esse método são dificuldades ainda persistentes que limitam o emprego da resina (Mumbach et al., 2018). Assim, nos últimos anos o extrator Mehlich-3 vem sendo pesquisado como uma alternativa de substituição à resina trocadora de ânions. Ele pode minimizar a influência dos fosfatos naturais

sobre o P disponível, além de determinar outros elementos além do fósforo, como potássio, cálcio, magnésio e zinco (Oliveira et al., 2015).

Logo, o método de extração e a forma de fósforo adicionada ao solo pode impactar diretamente na dinâmica deste elemento no solo e na recomendação da dose a ser aplicada. Consequentemente, isso também será refletido no desenvolvimento das plantas cultivadas, como será abordado no próximo tópico.

### FÓSFORO PARA AS PLANTAS

Nas plantas, o fósforo é considerado um elemento móvel. Isso significa que, em condições de fornecimento inadequado ou insuficiente deste nutriente, a planta irá desencadear um distúrbio nutricional cujos sintomas tendem a ser observados nas folhas e estruturas mais velhas (Taiz et al., 2017). A atuação do fósforo na célula vegetal se destaca nos processos de respiração, fotossíntese, metabolismo de transferência de energia, além de ser componente de estruturas vitais, como ácidos nucleicos, cromossomos e inúmeras coenzimas (Epstein e Bloom, 2006).

O fósforo é um elemento imprescindível para o aumento de produtividade das plantas, uma vez que está presente na estrutura da adenosina trifosfato (ATP), que é fonte de energia vegetal, e também das moléculas de RNA e DNA, assumindo papel fundamental no crescimento das plantas através da fotossíntese e da replicação celular (Meneghette et al., 2017). Assim, espera-se que a adição de quantidades adequadas de fósforo no sistema possa aumentar a atividade metabólica e fisiológica das plantas, refletindo maiores índices de produtividade (Duarte et al., 2016). De acordo com Soares et al. (2016), o girassol respondeu linearmente ao aumento das doses de P no solo até a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup>, apresentando-se uma cultura mais responsiva fertilização fosfatada em comparação a fertilização nitrogenada, o que comprova a importância da adição de P no solo para garantir o correto desenvolvimento do girassol.

A deficiência deste elemento pode influenciar o desenvolvimento da planta reduzindo a produção de fitomassa e regulando a arquitetura do sistema radicular, caracterizando o crescimento diminuto das plantas desde os primeiros estádios de desenvolvimento (Dias et al., 2017). Em uma lavoura que apresente deficiência de fósforo é possível observar os sintomas de coloração arroxeada em algumas espécies, em função do acúmulo de antocianina no vacúolo da célula vegetal (Epstein e Bloom, 2006).

Para o girassol, a baixa disponibilidade de fósforo no solo pode acarretar na redução da área foliar da cultura, afetando negativamente a capacidade fotossintética e a interceptação de luz pela planta, o que pode resultar no crescimento diminuto das plantas de girassol, além de

impactar no número de aquênios formados e atraso no crescimento (Aguiar Neto et al., 2010). Santos et al. (2015) observaram que, na ausência de fósforo, o ciclo do girassol aumentou de 98 para 106 dias e a exigência deste nutriente se torna mais evidente a partir dos 38 dias após a germinação, incrementando a altura de parte aérea, o diâmetro, a produção de matéria seca e a área foliar das plantas. Assim, a omissão de fósforo pode retardar a floração e reduzir drasticamente a produção de aquênios em até 92%, a depender da proporção da área foliar reduzida (Alimohammadi e Azizov, 2011; Santos et al., 2015). Prado e Leal (2006) relataram redução no crescimento de girassol provocada pela omissão de fósforo, reduzindo o número de folhas, diâmetro de caule, altura e área foliar das plantas, em relação ao tratamento que recebeu a fertilização fosfatada, além de manchas necróticas nas folhas no início do desenvolvimento da cultura, sintoma característico da deficiência de fósforo no solo. Desse modo, para garantir a concentração de P no solo necessária para o desenvolvimento das culturas, a fertilização é imprescindível.

### FERTILIZANTES FOSFATADOS

A origem de grande parte dos fertilizantes fosfatados minerais são as rochas fosfáticas ígneas ou sedimentares. Assim, com a intenção de reduzir os custos de aquisição dos fertilizantes minerais solúveis, surgiu a alternativa da aplicação dos fosfatos naturais, insumos oriundos das rochas fosfáticas que não passaram por nenhum tratamento químico (Gárciga, et al., 2022). As rochas sedimentares, como as fosforitas, comumente encontradas na Europa, possuem alta solubilidade, indicadas para aplicação direta no solo, de modo que através da moagem da própria rocha seja possível obter os fosfatos naturais reativos, como o fosfato natural reativo de Gafsa, da Carolina do Norte e de Arad (Lima et al., 2016; Gárciga, et al., 2022). Esses produtos devem apresentar, como garantia mínima para comercialização, 28% de  $P_2O_5$  total, 9% de  $P_2O_5$  solúvel em ácido cítrico 2%. Por se tratarem de materiais de origem de maior dureza (5 na escala de Mohs), as rochas fosfáticas ígneas, como a apatita, comumente encontrada em solos brasileiros, são aciduladas com  $H_2SO_4$  ou  $H_3PO_4$ , para gerar fertilizantes solúveis, como o superfosfato simples e o superfosfato triplo, por exemplo (UFRGS, 2021). Devido ao seu alto grau de cristalização e dureza, são menos solúveis do que as fosforitas, originando fosfatos naturais de baixa reatividade, sem o processo de acidulação. Em muitos casos, esse insumo não é capaz de garantir a demanda de fósforo das plantas em função da pequena quantidade de P liberada a curto prazo (Pacheco et al., 2012). O processo de acidulação resulta em fertilizantes de alta solubilidade e por isso, são aplicados no solo na forma de grânulos para prolongar a vida útil deste insumo, reduzindo a superfície de contato com o solo

e minimizando os efeitos da fixação específica do P (Novais et al., 2007; Yamada e Abdalla, 2004).

Ainda, a substituição parcial ou total dos fertilizantes minerais por uma fonte orgânica pode ser uma alternativa para garantir o suprimento nutricional das culturas, prolongando o efeito residual da adubação, como foi observado por Silva et al. (2019), Silva et al. (2020) e Locatelli et al (2019), com o incremento de produtividade de sorgo forrageiro, aveia preta e milho em mais de 100% com da combinação de fertilizantes fosfatados orgânicos e minerais, em relação a adubação exclusivamente mineral. Para a cultura do girassol, observou-se um aumento em até 30 cm na altura de parte aérea e a redução de até 4 dias para a floração através da adubação orgânica (Nobre et al., 2010).

O elevado preço dos fertilizantes minerais, os problemas da poluição ambiental e a crescente preocupação com a sustentabilidade do sistema produtivo aumentam a atratividade pelos fertilizantes orgânicos (Silva et al., 2010), como o esterco de aves e a casca de arroz. Ainda, diferente dos fertilizantes minerais solúveis, os fertilizantes orgânicos são caracterizados por apresentarem lenta decomposição, o que os confere maior efeito residual e a capacidade de nutrir a planta ao longo de todo ciclo. Contudo, esses fertilizantes podem não atender prontamente a demanda nutricional da cultura e o custo do frete para regiões distantes dos polos de produção podem inviabilizar a aplicação destes (Bulegon et al., 2012).

A casca de arroz se destaca na região sul do Brasil, onde a atividade possui grande importância econômica para pequenos e médios produtores. É um resíduo vegetal, removida durante o processo de beneficiamento dos grãos, constitui um resíduo volumoso e de baixo valor comercial, pois o alto teor de sílica e fibras não possuem valor nutritivo para alimentação animal ou humana (Della et al., 2001). Estima-se que anualmente sejam produzidos cerca de 80 milhões de kg de casca de arroz em todo o mundo, sendo um subproduto amplamente utilizado na horticultura e olericultura de forma pura ou em misturas, podendo apresentar diferentes concentrações de C, N, P, K, Ca, Mg, matéria orgânica e cinzas em sua composição quando natural ou carbonizada (Oliveira et al., 2003, Zhang et al., 2015). Possui rápida capacidade de drenagem de água, aumentando a oxigenação na região de desenvolvimento das raízes, lenta decomposição e baixa densidade (Kratz e Wendling, 2016).

Estudos apontam o potencial do esterco de aves atuar na melhoria da estrutura física, formando uma camada de resíduos na superfície do solo que reduz a possibilidade de erosão, e na atividade microbiana do solo, aumentando o teor de matéria orgânica que é mineralizada pelos microrganismos, promovendo aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) e complexando o  $Al^{+3}$ , além de disponibilizar inúmeros macro e micronutrientes, como N, K, Ca,

Mg e Bo (Rauber et al., 2012; Shafgat e Pierzynski, 2011). Para o cultivo de girassol, Pereira et al. (2014), Pereira et al. (2008) e Rossi (1998) relatam que a adubação orgânica com esterco animal pode aumentar em até 61% a massa seca de parte aérea, elevar a produtividade em condições de umidade do solo adequadas e incrementar a produção de aquênios da cultura em consórcio com o feijoeiro. Apesar dos inúmeros benefícios, a baixa qualidade do fertilizante em alguns canais de aquisição e alta quantidade de insumo necessária para suprir a demanda nutricional de grandes culturas, como o girassol, dificultam a realização da adubação orgânica (Menezes e Silva, 2008).

A substituição dos fertilizantes minerais por fertilizantes alternativos, como o pó de rocha fosfatada, pode ser uma opção para reduzir a dependência nacional dos adubos importados, além de apresentarem menor custo quando comparado aos fertilizantes convencionais (Camargo et al., 2012). A rochagem pode ser uma alternativa benéfica para a nutrição de plantas e para o produtor, por ser mais barata que a fertilização mineral, reduzindo também o impacto ambiental do processo químico de fabricação dos insumos industrializados (Manning e Theodoro, 2020; Aguilera et al., 2020). De acordo com Ratke et al. (2020), o pó de rocha pode aumentar o teor de fósforo do solo, refletindo no acréscimo de massa seca de raízes de milho. Contudo, até o presente momento, existe uma carência de resultados que comprovem a eficácia da substituição dos fertilizantes fosfatados minerais pelo pó de rocha para o cultivo de girassol, o que justifica a demanda por pesquisas acerca deste insumo (Schmidt et al., 2019).

Também é possível obter fertilizantes fosfatados de alta solubilidade através de tratamento térmico, associando a rocha fosfatada (apatita ou fosforita) com uma rocha magnésiana (serpentinita), que passa pelo processo de fusão a 1450°C, seguido por um rápido resfriamento, formando o termofosfato, insumo com cerca de 16,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em ácido cítrico (Novais et al., 2007). Esse não é solubilizado pela água, mas pela próprio pH moderadamente ácido solo (em torno de 5,5), sendo aplicado na forma de pó fino para aumentar sua área de contato e potencializar sua solubilização (Lima et al., 2007). Além disso, podem ser enriquecidos com outros nutrientes, como potássio, enxofre, cálcio, magnésio, boro, silício e manganês, formando diferentes combinações comerciais, como o H master®, mistura contendo P, N, K, Ca, Mg, S, B e C, e o Yookarin®, mistura contendo P, Ca, Mg, B, S, Si, Zn e Mn (Yoorin, 2022).

São considerados fertilizantes naturais de alta solubilidade, possuem a capacidade de disponibilização gradativa do fosfato, reduzindo a possibilidade de fixação específica do P nas partículas do solo, potencializando o aproveitamento deste elemento pelas plantas cultivadas (Moretto e Büll, 2018). Santos et al. (2012) obtiveram o índice de eficiência agrônômica do

termofosfato de até 150% quando comparado ao Fosfato reativo de Arad e de até 60% quando comparado ao monoamônio fosfato demonstrando que estes insumos podem substituir a fertilização mineral, sem prejuízo para o desenvolvimento das plantas. Para o cultivo de girassol, Castro et al. (2022) e Camargo et al. (2017) utilizaram a combinação de termofosfato com fertilizantes orgânicos, tendo resultados positivos para altura, diâmetro de caule e número de folhas de girassol cultivar Multissol, comprovando efeitos promissores dos termofosfatos para o cultivo do girassol.

Desse modo, compreende-se que as pesquisas sobre o manejo da adubação fosfatada nas lavouras de girassol são promissoras, uma vez que a cultura é responsiva a adição desse elemento ao solo, havendo ainda a necessidade de melhor elucidar os efeitos das fontes de P na dinâmica do elemento no solo e na planta. Assim, justificam-se estudos sobre os efeitos das fontes de fósforo no desenvolvimento do girassol, especialmente os fertilizantes alternativos como o termofosfato e o pó de rocha, comparando a eficiência desses insumos com os fertilizantes orgânicos (casca de arroz carbonizada e esterco de aves) e minerais (superfosfato simples, superfosfato triplo) convencionais. Ainda, a interação das fontes de fósforo com os corretivos de acidez também são objetos de estudos para a compreensão do manejo da fertilização fosfatada para o cultivo de girassol.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR NETO, P., OLIVEIRA, F.A.; SILVA, P.V.; JUNIOR, E.B.P.; DOS SANTOS, F.G.B. Influência da calagem e de fósforo sobre a disponibilidade de nutrientes e desenvolvimento do girassol. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.5, n.4, p. 137-143, 2010.

AGUILERA, J.G.; ZUFFO, A.M.; RATKE, R.F.; TRENTO, A.C.S.; LIMA, R.E.; GRIS, G.A.; MORAIS, K.A.D.; SILVA, J.X.; MARTINS, W.C. Influencia de doses de pó de basalto sobre cultivares de soja. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v.9, n.7, p.01-21, 2020.

ALIMOHAMMADI, R.; AZIZOV, I. Defoliation effects on yield and yield components of sunflower cultivars (*Helianthus annuus* L.). **International Journal of AgriScience**, Kassel, v.1, n.7, p.361-365, 2011.

BIRCK, M.; DALCHIAVON, F.C.; STASIAK, D.; IOCCA, A.F.S.; HIOLANDA, R.; CARVALHO, C.G.P. Performance of sunflower cultivars at different seeding periods in central Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.41, n.1, p.42-51, 2017.

BORTOLON, L.; GIANELLO, C. Multielement extraction from Southern Brazilian soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, London, v.43, n.12, p.1615-1624, 2012.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades do solo**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 668 p.

BRASIL. **Portaria SPA/MAPA nº 151, de 09 de maio de 2022**. Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC para a cultura do girassol no estado do Paraná, ano-safra 2022/2023. Brasília, 2022. 30p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/parana/word/PORTN151GIRASSOLPR.ret.pdf>. Acesso em 04 abr. 2023.

BULEGON, L.G.; CASTAGNARA, D.D.; ZOZ, T.; OLIVEIRA, P.S.R.; SOUZA, F.H. Análise econômica na cultura do milho utilizando adubação orgânica em substituição à mineral. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Belo Horizonte, v.16, n.2, p.81-91, 2012.

CAMARGO, C.K., DE RESENDE, J.T.V.; CAMARGO, L.K.P.; FIGUEIREDO, A.S.T.; ZANIN, D.S. Produtividade do morangueiro em função da adubação orgânica e com pó de basalto no plantio. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.1, p.2985-2993, 2012.

CAMARGO, R.C.R.; CANUTO, J.C.; BRAGA, K.S.M.; MARQUES, A.P.; OLIVEIRA, P.F.C. Sistema agroflorestal planejado para integração com criação racional de abelhas. n: CANUTO, J.C. (Ed.). **Sistemas agroflorestais: experiências e reflexões**. Brasília: Embrapa, 2017. p.153-176.

CAMPOS, V.B.; CHAVES, L.H.G.; GUERRA, H.O.C. Adubação com NPK e irrigação do girassol em Luvisolo: Comportamento vegetativo. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v.10, n.01, p.221-233, 2015.

CARVALHO, H.W.L. de; OLIVEIRA, I.R. de, CARVALHO, C.G.P. de; GONÇALVES, S.L.; BARROS, I. de; FERREIRA, F.M.B; LIRA, M.A.; TABOSA, J.N.; MACEDO, J.J.G. de; MENEZES, V.M.M.; GOMES, M.C.M.; OLIVEIRA, T.R.A. de; SANTANA, A.F. **Desempenho de Cultivares de Girassol no Nordeste Brasileiro nos Anos Agrícolas de 2010 e 2011**. Aracajú, Embrapa Tabuleiros Costeiros - Comunicado Técnico. 4p., 2012.

CARVALHO, L.M.; CARVALHO, H.W.L.; CARVALHO, C.G.P.; OLIVEIRA, I.R.; LIRA, M.A.; FERREIRA, F.M.B.; TABOSA, J.N.; MENEZES, V.M.M.; SANTOS, D.L.; MOITINHO, A.C.; MASQUES, M.G.; RODRIGUES, C.; CASTRO, C.R.; OLIVEIRA, T.R.A.; SANTOS, M.L. **Desempenho de Cultivares de Girassol em Monocultivo e em Consórcio, nos Estados de Sergipe e Bahia, nos anos agrícolas de 2012-2013**. Aracajú: Embrapa, 2014. 9p.

CASTRO, C.; LEITE, R.M. Main aspects of sunflower production in Brazil. **Oilseeds fats Crop Lipids**, Londrina, v.25, n.1, p.1-11, 2018.

CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. (Ed.). **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.317-373.

CASTRO, V.A.; RABELO, L.C.; MORICONI, W.; QUEIROGA, J.L. Efeito da adubação orgânica na germinação e desenvolvimento do girassol cultivado em sistema agroflorestal. In: Congresso Interinstitucional De Iniciação Científica, 16, 2022, Campinas. **Anais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 11p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre: SBCS/NRS, 2016. 376p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Girassol 1 e 2 safras série histórica 2013-2022**. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/itemlist/category/810-girassol>. Acesso em: 03 jun. 2023.

DELLA, V.P.; KÜHN, I.; HOTZA, D. Caracterização de cinza de casca de arroz para uso como matéria-prima na fabricação de refratários de sílica. **Química nova**, São Paulo, v.24, p.778-782, 2001.

DIAS, L.P.R.; GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G.; ARRUDA, B.; COSTA, M.M. Distribuição e morfologia do sistema radicular de *Eucalyptus dunnii* em resposta à aplicação de fósforo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.16, n.3, p.203-213, 2017.

DUARTE, C.F.D.; PAIVA, L.M.; FERNANDES, H.J.; CASSARO, L.H.; BREURE, M.F.; PROCHERA, D.L.; BISERRA, T.T. Capim - piatã adubado com diferentes fontes de fósforo. **Revista Investigação**, Franca, v.15, n.4, p.58-63, 2016.

ELTZ, F.L.F.; VILLALBA, E.H.; LOVATO, T. Adubação fosfatada para girassol sob sistema plantio direto no Paraguai. **Bragantia**, São Paulo, v.69, n.4, p. 899-904, 2010.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas**. 2 ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA, 2005. 186p.

FREITAS, I.F.D.; NOVAIS, R.F.; VILLANI, E.M.D.A.; NOVAIS, S.V. Fósforo extraído por resinas de troca iônica e Mehlich-1 de Latossolos tratados com diferentes doses e fontes de fósforo por variados períodos de contato solo-fonte. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n.3, p.667-677, 2013.

GÁRCIGA, J.P.; ZAMORA, M.M.; SUÁREZ, E.G.; VALDÉS, J.E.M. Parámetros de control para producir ácido fosfórico por reacción química a partir de fosforita cubana. + **Ingenio-Revista de Ciencia Tecnología e Innovación**, Oberá, v.4, n.1, p.29-40, 2022.

GAZZOLA A.; FERREIRA J.R.; CUNHA D.A.; BORTOLINI E.; PAIAO G.D.; PRIMIANO I.V.; PESTANA J.; ANDREA M.S.C.; OLIVEIRA M.S.; CAMARA G.M.S. **A Cultura do Girassol**. Piracicaba, ESALQ/USP/ LPV, 2012. 69p.

HOCKING, P.J.; STEER, B.T. Uptake and partitioning of selected mineral elements in sunflower (*Helianthus annuus* L) during growth. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.6, p.93-107, 1983.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção agrícola – lavoura temporária.** 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/pesquisa/14/10299?indicador=10196>. Acesso em: 05 abr. 2023.

KAYA, M.D.; AKDOĞAN, G.; KULAN, E.G.; DAĞHAN, H.; SARI, A. Salinity tolerance classification of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and safflower (*Carthamus tinctorius* L.) by cluster and principal component analysis. **Applied Ecology and Environmental Research**, Budapest, v.17, n.2, p.3849-3857, 2019.

KÖNIG, C.C.; SÁ, C.D. de; JANK, M.S. **A guerra e a dependência externa brasileira no setor de fertilizantes.** Insper Agro Global. 2022. Disponível em: <https://www.insper.edu.br/noticias/a-guerra-e-a-dependencia-externa-brasileira-no-setor-de-fertilizantes/>. Acesso em: 10 out. 2022.

KRATZ, D; WENDLING, I. Crescimento de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* em substratos à base de casca de arroz carbonizada. **Revista Ceres**, Viçosa, v.63, n.3, p.348-354, 2016.

LEITE, R.M.V.B.C.; BRIGHENTI, A.M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil.** Londrina: Embrapa Soja, 2005.

LIMA, C.P.; BÜLL, L.T.; MANETTII, F.A.; BACKES, C.; BÔAS, R.L.V.; GODOY, L.J.G. Efeito residual da adubação fosfatada sobre a cultura do alho vernalizado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.4, p.1-10, 2007.

LIMA, I.M.A.; AQUINO, B.F.; NASCIMENTO, B.L.M. Estudo da eficiência de diferentes fontes de fosfato na cultura do sorgo. **Revista Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.25, n.1, p.25-38, 2016.

LIRA, M.A.; CARVALHO, H.W.L.; CHAGAS, M.C.M.; BRISTOT, G, DANTAS, J.A.; LIMA, J.M.P. **Avaliação das potencialidades da cultura do girassol, como alternativa de cultivo no semiárido nordestino**, Natal- RN: EMPARN, 2011. 41p.

LOCATELLI, J.L.; BRATTI, F.; RIBEIRO, R.H.; BESEN, M.R.; TURCATEL, D.; PIVA, J.T. Uso de dejetos líquidos de suínos permite reduzir a adubação mineral na cultura do milho? **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.42, n.3, p.628-637, 2019.

MANNING, D.A.C; THEODORO, S.H. Enabling food security through use of local rocks and minerals. **The Extractive Industries and Society**, Amsterdam, v.7, n.2, p.480-487, 2020.

MELO, F.M.; MENDONÇA, L.P.C. Avaliação da disponibilidade de fósforo em solo argiloso com diferentes teores de matéria orgânica. **Humanidades e Tecnologia (FINOM)**, Paracatu, v.18, n.1, p.52-67, 2019.

MENEGHETTE, H.H.A.; LAZARINI, E.; BOSSOLANI, J.W.; PARRA, L.F.; HAYASHI, F.K. Doses de fósforo e potássio em plantas de amendoim na presença e ausência de adubação foliar. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v.11, n.2, p.125-134, 2017.

MENEZES, R.S.C.; SILVA, T.O. Mudanças na fertilidade de um Neossolo Regolítico após seis anos de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.3, p.251–257, 2008.

MORETTO, J.L.; BÜLL, L.T. Índice de eficiência agrônômica de termofosfatos em solos com diferentes concentrações iniciais de fósforo. In: ZUFFO, A.M.; AGUILERA, J.G. **Solos nos biomas brasileiros 2**. Belo Horizonte: Atena Editora, 2018. P. 125-129.

MUMBACH, G.L.; OLIVEIRA, D.A.D.; WARMLING, M.I.; GATIBONI, L.C. Quantificação de fósforo por Mehlich 1, Mehlich 3 e Resina Trocadora de Ânions em solos com diferentes teores de argila. **Revista Ceres**, Viçosa, v.65, n.6, p.546-554, 2018.

NOBRE, D.A.C.; SILVA, F.C.D.S.; GUIMARÃES, J.F.R.; RESENDE, J.C.F.D.; MACEDO, W.R. Análise de trilha e correlação canônica componentes do desempenho de girassol. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, Viçosa, v.4, n.3, p.01-06, 2018.

NOBRE, R.G.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.; ANDRADE, L.O.D.; NASCIMENTO, E. Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.1, p.747-754, 2010.

NOGUEIRA, R.J.M.; TÁVORA, F.J.A.F. Ecofisiologia do amendoim. In: SANTOS, R.C. (Ed.). **O agronegócio do amendoim no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. p.71-122.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-537.

OLIVEIRA, A.B.; DOVALE, J.C.; GUIMARÃES, M.A. **A cultura do girassol**. Viçosa: UFV, 2022. 92 p.

OLIVEIRA, C.M.B.; GATIBONI, L.C.; ERNANI, P.R.; BOITT, G.; BRUNETTO, G. Capacidade de predição da disponibilidade de fósforo em solo com aplicação de fosfato solúvel e natural. **Científica**, Dracena, v.43, n.4, p.413-419, 2015.

OLIVEIRA, P.A.V. Arranjo tecnológico no tratamento de dejetos de suínos e aves para a produção de fertilizante orgânico. In: Seminário Internacional de Aves e Suínos, 2013, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: Gessulli, 2013, 12p.

OLIVEIRA, V.R.; FREIRE, F.M.; VENTURI, R.; CARRIJO, O.A.; MASCARENHAS, M. Caracterização química de substratos para produção de hortaliças. **Horticultura brasileira**, Vitória da Conquista, v.21, n.2, p.288-291, 2003.

PACHECO, A.C.; TIRITAN, C.S.; MARQUES, P.A.A.; SILVA, A.F. Efeito da aplicação de fosfato natural em plantas de fáfia cultivadas a campo. **Applied Research & Agrotechnology**, Guarapuava, v.5, n.1, p.175-186, 2012.

PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V. **Manual de calagem e adubação para o estado do Paraná**. 2 ed. Curitiba: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – NEPAR-SBCS, 2019.

PEREIRA, D.C.; SILVA, T.R.B.; COSTA, L.A.M. Doses de esterco bovino na cultura do girassol em consórcio com feijoeiro. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.1, n.1, p.58-71, 2008.

PEREIRA, T.A.; SOUTO, L.S.; SÁ, F.V.S.; PAIVA, E.P.; SOUZA, D.L.; SILVA, V.N.; SOUZA, F.M. Esterco ovino como fonte orgânica alternativa para o cultivo do girassol no semiárido. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v.10, n.1, p.59-64, 2014.

POLVISET, W.; PRAKOBSAENG, N.; WETCHAKAMA, N. Effect of Supplementation of several edible plant oils on nutrient utilization and blood profile of beef cattle. **Asian Journal of Dairy Food Research**, Karnal, v.9, p.245-250, 2020.

PRADO, R.M.; LEAL, R.M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol variedade Catissol-01. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.36, n.1, p.187-193, 2006.

QUEIROZ, A.A.; RAMOS, L.A.; KORNDÖRFER, G.H. Saturação de bases, acidez e silicato influenciando a eficiência de adubos fosfatados em solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.25, n.2, p.75-86, 2009.

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

RATKE, R.F.; ANDRADE, T.G.; ROCHA, S.G.; SOUSA, A.; DAL, P.V.S.; SILVA SILHO, E.C.; BERTOLINO, L.C.; ZUFFO, A.M.; OLIVEIRA, A.M.; AGUILERA, J.G. Pós de rochas regionais como fonte de fósforo e potássio para plantas. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v.9, n.7, p.01-22, 2020.

RAUBER, L.P.; PICCOLLA, C.D.; ANDRADE, A.P.; FRIEDERICHS, A.; MAFRA, A.L.; CORRÊA, J.C.; ALBUQUERQUE, J.A. Physical properties and organic carbon content of a Rhodic Kandiodox fertilized with pig slurry and poultry litter. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, p.1323-1332, 2012.

ROSSI, R.O. **Girassol**. Curitiba: EDITORA TECNOAGRO LTDA, 1998. 333p.

ROSS, S.M. Organic matter in tropical soils: current conditions, concerns, and prospects for conservation. **Progress in Physical Geography**, New York, v.17, n.3, p.365-305, 1993.

SALOMAA, S., LUSA, M.; VAARAMAA, K. **Cores Symposium on Radiation in the Environment**. Helsinki: Stuk, 2018. 160p.

SANTOS, A.G.; SOUSA, R.T.X.; KORNDÖRFER, G.H. Lucratividade em função do uso e índice de eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados aplicados em pré-plantio de cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.6, p.846-851, 2012.

SANTOS, F.D.; FANTINEL, R.A.; WEILER, E.B.; CRUZ, J.C. Fatores que afetam a disponibilidade de micronutrientes no solo. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v.25, n.2, p.272-278, 2021.

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; ARAÚJO FILHO, J.C. de; OLIVEIRA J.B. de; CUNHA, T.J.F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018. 355p.

SANTOS, L.G.D.; SOUZA, U.O.; CARVALHO, Z.S.D.; PRIMO, D.C.; SANTOS, A.R.D. Análise de crescimento do girassol em função do suprimento de fósforo e boro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.31, n.2, p.370-381, 2015.

SANTOS, L.; MELO, F.; SOUZA, U.; PRIMO, D.; SANTOS, A. Fósforo e boro na produção de grãos e óleo no girassol. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.6, n.11, p.01-08, 2010.

SÁVIO, F.L.; SILVA, G.C.; TEIXEIRA, I.T.; BORÉM, A. Produção de biomassa e conteúdo de silício em gramíneas forrageira sob diferentes fontes de silicato. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.1, p.103- 110, 2011.

SCHEUFELE, F.B.; MÓDENES, A.N.; BORBA, C.E.; RIBEIRO, C.; ESPINOZA-QUINONES, F.R.; BERGAMASCO, R.; PEREIRA, N.C. Modelo fenomenológico de adsorção monocamada-multicamada: Cinética, equilíbrio e termodinâmica. **Chemical Engineering Journal**, Amsterdam, v.284, p.1328-1341, 2016.

SCHMIDT, K.E.; CEZIMBRA, J.C.G.; CARPES FILHO, L.E.N.; BIANCHETTO, R.; FONTANIVE, D.E.; de SOUZA, E.L. Utilização do pó de rocha em substituição a adubação mineral tradicional na cultura da soja no noroeste do estado RS. In: IX SIEPEX-IX Salão Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão. **Anais**. Porto Alegre: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, 2019, 4p.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO – SEAPA. **Produção goiana de girassol deve aumentar 65,1% na Safra 2022/2023**. 2023. Disponível em:<https://www.agricultura.go.gov.br/comunica%C3%A7%C3%A3o/not%C3%ADcias/4232-produ%C3%A7%C3%A3o-goiana-de-girassol-deve-aumentar-65,1-na-safra-2022-2023.html>. Acesso em: 31 jul. 2023.

SHAFGAT, M.N.; PIERZYNSKI, G.M. Bioavailable phosphorus in animal waste amended soils: using actual crop uptake and P mass balance approach. **Environmental Science & Technology**, Amsterdam, v.45, p.8217-8224, 2011.

SILVA, F.A.M.; VILAS-BOAS, R.L.; SILVA, R.B. da. Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.32, n.1, p.131-137, 2010.

SILVA, T.G.; NOLLA, A.; BORDIN, A.V.; FOGAÇA, S.Z.; FREITAS, J.D.S.; GAZOLA JÚNIOR, C.M.; DE PAULA, L.F.V. Desenvolvimento de sorgo forrageiro em tipos e combinações de adubos fosfatados em Latossolo Vermelho Distrófico típico. In: TÚLIO, L. **Características do solo e sua interação com as plantas 2**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p.148-157.

SILVA, T.G.; NOLLA, A.; BORDIN, A.V.; FOGAÇA, S.Z.; OLIVEIRA G.B.F.; DE PAULA, L.F.V. Efeito residual de fontes fosfatadas, calcário e silicato e no desenvolvimento de *Avena*

*strigosa*. In: MATOS, R.R.S.S.; OLIVEIRA, A.R.F.; CORDEIRO, K.V. **Desafios e Sustentabilidade no Manejo de Plantas 2**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2020. p.19-29.

SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA – SIDRA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Brasília: IBGE, 2022. Acesso em: 15 set. 2022.

SOARES, L.E.; EMERENCIANO NETO, J.V.; SILVA, G.G.C.D.; OLIVEIRA, E.M.M.D.; BEZERRA, M.G.D.S.; SANTOS, T.J.A.D.; DIFANTE, G.D.S. Crescimento e produtividade do girassol sob doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v.6, n.2, p.19-25, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

TARSITANO, R.A.; LAFORGA, G.; PROENÇA, É.R.; RAPASSI, R.M.A. Custos e rentabilidade da produção de girassol no estado do Mato Grosso, Brasil. **Revista Espacios**, Caracas, v.37, n.12, p.26, 2016.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. **Apatita: (Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>(F,OH,Cl)**. Porto Alegre: UFRGS, 2021. 9p. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/minmicro/Apatita.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2023.

VILAR, C.C.; VILAR, F.C.M. Comportamento do fósforo em solo e planta. **Revista Campo Digital**, Campo Mourão, v.8, n.2, p.37-44, 2013.

VINHA, A.P.C.; CARRARA, B.H.; SOUZA, E.F.S.; SANTOS, J.A.F.; ARANTES, S.A.C.M. Adsorção de fósforo em solos de regiões tropicais. **Nativa**, Sinop, v.9, n.1, p.30-35, 2021.  
YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafós, 2004. 726p.

YOORIN FERTILIZANTES. **Produtos**: Folder Yookarin. Poços de Caldas: Grupo Curimbaba, 2022. 2p. (Ficha técnica). Disponível em: <https://www.yoorin.com.br/pt/produtos/yookarin>. Acesso em: 19 jan. 2023.

ZHANG, S.; DONG, Q.; ZHANG, L.; XIONG, Y. High quality syngas production from microwave pyrolysis of rice husk with char-supported metallic catalysts. **Bioresource technology**, Weston, v.191, p.17-23, 2015.