

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS DOIS VIZINHOS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO**

RENAN HAACH

**RESPOSTA DA CULTURA DA SOJA A FONTES E A DOSES DE FERTILIZANTE
FOSFATADO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**DOIS VIZINHOS
2017**

RENAN HAACH

**RESPOSTA DA CULTURA DA SOJA A FONTES E A DOSES DE FERTILIZANTE
FOSFATADO**

Monografia apresentada ao Curso de especialização em Manejo da Fertilidade do Solo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Manejo da Fertilidade do Solo, com Ênfase em Agricultura de Precisão Aplicada ao Manejo da Fertilidade do Solo.

Orientadora: Prof^a Dr^a Elisandra Pocoljeski

**DOIS VIZINHOS
2017**



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Dois Vizinhos
Coordenação de Agronomia
Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo**



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia nº 002

Resposta da cultura da soja a fontes e a doses de fertilizante fosfatado

por

Renan Haach

Monografia apresentada às dezesseis horas do dia oito de dezembro de dois mil e dezesseis, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Manejo da Fertilidade do Solo, com Ênfase em Agricultura de Precisão Aplicada ao Manejo da Fertilidade do Solo, Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Banca Examinadora:

Laércio Ricardo Sartor
Membro da banca

Carlos Alberto Casali
Membro da banca

Elisandra Pocojeski
Orientador

Carlos Alberto Casali
Coordenador do Curso

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, que acima de qualquer circunstância sempre esteve ao meu lado, me apoiando, incentivando, aconselhando, e acima de tudo, me fortalecendo e me ensinando que todos os nossos objetivos são alcançados a partir do momento em que nos colocamos a disposição da sua realização, com fé e determinação.

Agradecer também aos professores e colegas pelo aprendizado adquirido.

RESUMO

HAACH, Renan. **Resposta da cultura da soja a fontes e a doses de fertilizante fosfatado**. 2017. 100f. Monografia (Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo) – Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2017.

A cultura da soja (*Glycine max*) se constitui no principal produto agrícola de exportação do Brasil, sendo responsável por grande parte do agronegócio no país e tem grande importância no desenvolvimento de nossa economia. O objetivo deste estudo foi avaliar a resposta da cultura da soja a fontes de fósforo e a doses de fertilizante fosfatado protegido (Top-Phos[®]). O trabalho foi realizado na linha Ampére, comunidade do interior do município de Honório Serpa – PR. Foram desenvolvidos dois experimentos, ambos com delineamento experimental de blocos ao acaso, com 5 repetições de cada tratamento, totalizando 40 parcelas. O experimento 1 foi composto por fontes de fósforo, distribuídos da seguinte forma: Testemunha (0 kg ha⁻¹ P₂O₅); Superfosfato Simples (100 kg ha⁻¹ P₂O₅); Termofosfato (100 kg ha⁻¹ P₂O₅); Top-Phos[®] (100 kg ha⁻¹ P₂O₅). O experimento 2 foi composto por doses de fertilizante fosfatado protegido (Top-Phos[®]), distribuídos da seguinte forma: 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅. As avaliações foram realizadas na colheita e as variáveis avaliadas foram: 1) população de plantas por ha⁻¹, 2) número de vagens por planta, 3) número de grãos por vagem, 4) massa de mil grãos e 5) produtividade de grãos. Os resultados foram avaliados através da análise de variância utilizando o software estatístico SISVAR e quando significativos, os efeitos de tratamentos quantitativos foram comparados através da análise de regressão. Enquanto os efeitos de tratamentos qualitativos foram comparados pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. Para o experimento de fontes de fósforo não houve diferença estatística entre os fertilizantes utilizados, somente destes em relação à testemunha. Para o experimento de doses do fertilizante Top-Phos[®] houve resposta quadrática para a produtividade de grãos em função das doses de P₂O₅ e a máxima eficiência técnica (MET) do fertilizante é na dose de 109 kg de P₂O₅ ha⁻¹.

Palavras-chave: *Glycine max*, manejo da adubação, produtividade de grãos.

ABSTRACT

HAACH, Renan. **Soybean crop response to sources and doses of phosphate fertilizer**. 2016. 100f. Monography (Specialization in Soil Fertility Management) - Agronomy Course, Federal Technological University of Paraná. Dois Vizinhos, 2016.

The soybean (*Glycine max*) crop is Brazil's main export agricultural product, accounting for most of the agribusiness in the country and of great importance in the development of our economy. The objective of this study was to evaluate the response of soybean cultivation to phosphorus sources and doses of protected phosphate fertilizer (Top-Phos[®]). The work was carried out in Ampére, community of the interior of the municipality of Honório Serpa - PR. Two experiments were carried out, both with a randomized block design, with 5 replicates of each treatment, totaling 40 plots. Experiment 1 was composed of phosphorus sources, distributed as follows: Witness (0 kg ha⁻¹ P₂O₅); Simple Superphosphate (100 kg ha⁻¹ P₂O₅); Thermophosphate (100 kg ha⁻¹ P₂O₅); Top-Phos[®] (100 kg ha⁻¹ P₂O₅). Experiment 2 was composed of doses of protected phosphate fertilizer (Top-Phos[®]), distributed as follows: 0, 25, 50, 75 and 100 kg ha⁻¹ of P₂O₅. The evaluations were performed at harvest and the evaluated variables were: 1) plant population per ha⁻¹, 2) number of pods per plant, 3) number of grains per pod, 4) mass of one thousand grains and 5) grain yield. The results were evaluated through analysis of variance using the statistical software SISVAR and when significant, the effects of quantitative treatments were compared through regression analysis. While the effects of qualitative treatments were compared by the Tukey test at a 5% error probability level. For the experiment of phosphorus sources, there was no statistical difference between the fertilizers used, only of these in relation to the control. For the experiment of doses of the fertilizer Top-Phos[®] there was a quadratic response to grain yield as a function of the P₂O₅ doses and maximum technical efficiency (MET) of the fertilizer is at the dose of 109 kg P₂O₅ ha⁻¹.

Key words: *Glycine max*, fertilization management, grain yield.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 A CULTURA DA SOJA.....	10
2.2 O FÓSFORO PARA A CULTURA DA SOJA	11
2.2.1 O Fósforo na Planta	12
2.2.2 O Fósforo no Solo	13
2.3 FONTES DE FÓSFORO	14
2.3.1 Superfosfato Simples	16
2.3.2 Termofosfato	16
2.3.3 Top-Phos.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
4 RESULTADOS	19
5 CONCLUSÕES	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
APÊNDICES	29

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max*), se configura na principal oleaginosa produzida no mundo. Além da sua importância no mercado internacional de *commodities* agrícolas, é um produto bastante utilizado no arraçamento animal, onde farelo da soja constitui na principal fonte de proteína para alimentação de aves e suínos, e por assumir papel fundamental na alimentação humana (IBGE, 2015).

O manejo para obtenção de altas produtividades na cultura da soja é traduzido na interação clima, planta e solo, propondo o uso eficiente e racional dos fertilizantes (VITTI & TREVISAN, 2000), visto que um solo de boa qualidade, manejo cultural adequado e níveis de fertilidade equilibrados, propiciam condições para bom desenvolvimento e rendimento de grãos da planta (BOARD & MODALI, 2005).

Fertilizantes são produtos ou substâncias que, aplicados ao solo fornecem as plantas os nutrientes necessários ao seu bom desenvolvimento e produção (ALBUQUERQUE, 2000). Segundo Malavolta (2006), a adubação é feita com elementos químicos considerados essenciais ao crescimento, desenvolvimento e produção de plantas. O fósforo é um dos elementos essenciais para as plantas, e está presente em componentes estruturais das células e metabólicos móveis armazenadores de energia, como o ATP. O aporte de fósforo pelas plantas se dá essencialmente via sistema radicular (SOUZA et al., 2014) e é um fator primordial que limita as altas produtividades (SCHLINDWEIN, 2003).

Apesar de não ser o mais exigido pela planta (VITTI & TREVISAN, 2000), o P dentre os nutrientes, é o que exerce maior efeito limitante na produtividade, pelo fato de agir sobre o metabolismo, respiração, reprodução e crescimento, sendo que o manejo deficiente deste nutriente no solo é o fator primordial que limita as altas produtividades (SCHLINDWEIN, 2003). Sem fósforo a produtividade da soja é baixa, pois, há redução no porte da planta e na altura de inserção das primeiras vagens (TANAKA e MASCARENHAS, 1992), bem como, menor produção de flores e maior aborto dessas estruturas (VENTIMIGLIA et al., 1999).

A maior parte dos solos do Brasil apresenta elevado grau de intemperismo e muitos desses solos mostram-se deficientes em P disponível, pela baixa solubilidade das principais formas de P encontradas e ou pela forte interação do fosfato com o solo, formando compostos de baixa solubilidade em solos onde se encontra ligados a diferentes combinações com ferro, alumínio, cálcio, matéria orgânica e outros

elementos (ROLIM NETO et al., 2004). O fósforo, para que esteja disponível para as plantas, são necessárias grandes quantidades de fertilizantes fosfatados, pois alguns desses solos podem adsorver expressivos teores deste nutriente, como $0,002 \text{ mg dm}^{-3}$ (FERNANDES, 2002).

Devido à dificuldade de absorção de fósforo pelas plantas, produtos são lançados para promover um incremento no nível de absorção deste nutriente pelo sistema radicular das plantas no qual se enquadra o Top-Phos[®]. O interesse em maximizar a produção tem estimulado os produtores a adotar práticas intensivas de manejo da cultura. A obtenção de elevadas produtividades de soja é necessária em função dos altos custos de produção e a crescente competitividade do setor agrícola.

Dessa forma, torna-se importante desenvolver e validar estratégias que visem melhorar a eficiência da adubação fosfatada e a tomada de decisão da utilização de novas tecnologias na cultura da soja deve ser suportada por resultados de pesquisa. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a resposta da cultura da soja a fontes e a doses de fertilizante fosfatado protegido, indicando a máxima eficiência técnica do fertilizante Top-Phos[®].

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A CULTURA DA SOJA

Historicamente os Estados Unidos são os maiores produtores mundiais de soja. Segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2015), 82% da produção mundial de soja concentra-se em apenas três países: Estados Unidos, Brasil e Argentina. Adicionalmente, os outros quatro países que se destacam na produção mundial são: China, Índia, Paraguai e Canadá que, juntos, esses sete países representam cerca de 95% da produção mundial da oleaginosa.

No Brasil a cultura da soja se constitui no principal produto agrícola de exportação, sendo responsável por grande parte do agronegócio no país e tem grande importância no desenvolvimento de nossa economia. Segundo dados da CONAB (2015), na safra 2014/15 estima-se que foram cultivados 32,09 milhões de hectares de soja com produção estimada de 96,24 milhões toneladas, representando um incremento de 11,8 % na produção em relação à safra passada.

Segundo a Embrapa (2004), foi a partir da década de 1960, impulsionada pela política de subsídios ao trigo, visando auto-suficiência, que a soja se estabeleceu como cultura economicamente importante para o Brasil. Nessa década, a sua produção multiplicou-se por cinco (passou de 206 mil toneladas em 1960, para 1.056 milhões de toneladas, em 1969), sendo que 98% desse volume eram produzidos nos três estados da região Sul. Essa concentração da produção é explicada pelo fato de ser o único espaço possível para o plantio de soja no país, até os anos de 1970, por se tratar de um cultivo de climas temperados e subtropicais

A importância do complexo de soja para o Brasil pode ser dimensionada tanto pelo impressionante crescimento da produção desta leguminosa quanto pela arrecadação com as exportações de soja em grão e derivados (óleo e farelo de soja). A soja por ser fonte de proteínas inesgotáveis na alimentação humana e de grande parte dos animais que produzem carne, leite e ovos, oferece hoje, uma variedade de produtos. Trata-se de uma cadeia produtiva bastante abrangente, pois animais criados com rações produzidas a partir do farelo de soja oferecem outros subprodutos que vão afiançar outras áreas da economia, como o setor de couro, o de fertilizantes orgânicos e outros (ROESSING, SANCHES, MICHELLON, 2005).

O Paraná está com a sua fronteira agrícola praticamente esgotada. Cerca de 85% das propriedades têm área abaixo de 50 hectares (Censo Agropecuário/2006), o que acaba onerando o custo unitário de produção e por consequência diminuindo a competitividade frente às grandes propriedades do Centro-Oeste do país.

Os bons preços recebidos pelos produtores nas últimas safras tem feito com que a cultura tenha crescido em área tanto no Paraná, quanto no Brasil. Por possuir maior liquidez, além de exigir gastos menores quando comparada com a cultura do milho, tem sido a opção preferida pelos produtores paranaenses na primeira safra.

A comercialização, geralmente se destina às fábricas para processamento ou é exportada in natura. Os produtos derivados do processamento são destinados parte para o mercado interno e parte para exportação. As exportações, geralmente, são efetuadas pelas próprias indústrias, enquanto a soja em grão é exportada por cooperativas (que muitas vezes também processam a soja em grãos), indústrias ou agentes exportadores (BULHÕES, 1998).

Em relação às exportações, da produção total de soja do Paraná, cerca de 48,0% é esmagada no Estado, 48,0% é exportado e 4,0% reservado para semente. Em 2003, o complexo soja - grão, farelo e óleo - participou com, aproximadamente, 34,6% do valor total arrecadado nas exportações paranaenses. É importante observar que apenas 4,8% do complexo soja exportado correspondem a produto totalmente elaborado (óleo de soja refinado).

2.2 O FÓSFORO PARA A CULTURA DA SOJA

A resposta da cultura da soja à utilização do fósforo (P) via solo é bem definida, sendo esse nutriente de grande importância no desenvolvimento da mesma, responsável pela maioria das respostas significativas no rendimento da cultura, implicando comumente seu uso em aumento do rendimento (KLIEMANN et al., 1997; ROSOLÉM & MARCELLO).

Segundo Rosolém (1982), a época em que o P é absorvido em maior quantidade, ou seja, a época em que a exigência da planta em termos do nutriente é maior, ocorre entre os estádios V4 e R6 com a absorção de 0,2 a 0,4 kg ha⁻¹ dia⁻¹, sendo que do total absorvido, 60% ocorre após R1. Assim, a cultura da soja

necessitaria, de acordo com sua exigência de P, de um suprimento constante deste nutriente durante praticamente todo o seu ciclo.

Sem uma quantidade adequada do fósforo a produtividade da soja é baixa, pois, há redução no porte da planta e na altura de inserção das primeiras vagens (TANAKA e MASCARENHAS, 1992), bem como, menor produção de flores e maior aborto dessas estruturas (VENTIMIGLIA et al., 1999). Por outro lado um bom suprimento de fósforo promove incrementos significativos na produção (ARAÚJO et al., 2005).

2.2.1 O FÓSFORO NA PLANTA

O P atua na fotossíntese, na respiração, no armazenamento e na transferência de energia, divisão celular, crescimento das células e em vários outros processos da planta (LOPES, 1989). Atua no desenvolvimento do sistema radicular, formação do lenho da planta e é também muito importante na granação dos frutos (GUIMARÃES; MENDES, 1997).

O fósforo é absorvido, predominantemente, na forma iônica como H_2PO_4^- . O ácido fosfórico, H_3PO_4 , dá, por dissociação, três espécies iônicas H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} e PO_4^{3-} . A primeira é a forma predominante na faixa de pH 4,0 a 8,0, na qual se desenvolvem a maioria das plantas. O P absorvido na forma mineral é rapidamente incorporado aos compostos orgânicos, pois 80% são encontrados como fosfohexases e difosfato de uridina, logo após a absorção, a qual é fortemente influenciada pela concentração de Mg^{+2} no meio, que exerce efeito sinérgico (MALAVOLTA, 1980).

O principal papel do P, na fisiologia da planta, é fornecer energia para reações biossintéticas e para o metabolismo vegetal. Havendo deficiência, o P não metabolizado no vacúolo pode sair da célula, sendo direcionado para os órgãos mais novos da planta. Esse nutriente apresenta fácil mobilidade no interior da planta e, por isso, os sintomas de deficiência aparecem, em primeiro lugar, nas partes mais velhas, que apresentam coloração verdeazulada e menor crescimento. É um nutriente móvel no floema e, juntamente com o nitrogênio e o potássio, é o mais prontamente redistribuído, via floema, para outras partes da planta, em particular

aos órgãos novos em crescimento, vegetativos ou reprodutivos, que são drenos preferenciais no desenvolvimento das plantas (EMBRAPA, 2004).

2.2.2 O FÓSFORO NO SOLO

O fósforo (P) é o nutriente mais limitante da produtividade de biomassa em solos tropicais (NOVAIS & SMYTH, 1999). Os solos brasileiros são carentes de P, em consequência do material de origem e da forte interação do P com o solo (RAIJ, 1991), em que menos de 0,1% encontra-se em solução (FARDEAU, 1996). Apesar de o fósforo ser o décimo segundo elemento químico mais abundante na crosta terrestre, é o segundo elemento que mais limita a produtividade nos solos tropicais. Esse comportamento é consequência de sua habilidade em formar compostos com diferentes energias de ligação aos íons e colóides do solo, conferindo-lhe alta estabilidade dependendo do grau de intemperização e uso do solo (RHEINHEIMER, 2000).

A eficiência agronômica dos adubos fosfatados pode ser afetada pelas fontes de fosfato, propriedades do solo, modos de aplicação e espécies vegetais (CHIEN & MENON, 1995). A aplicação de P em doses elevadas em solos intemperizados é justificada pela intensa fixação desse elemento, ocasionando baixo conteúdo de P disponível, principalmente em solos onde há predomínio de minerais sesquióxidos (BÜLL et al., 1998; NOVAIS & SMYTH, 1999).

Concomitantemente à baixa disponibilidade natural de fósforo, a forte interação deste nutriente com a fração de argila dos solos muito intemperizados, resulta na baixa eficiência da adubação fosfatada. O principal processo que leva à baixa eficiência de recuperação do P pelas plantas é a transformação do P lábil para P não-lábil (fixação) que, por sua vez, é resultado dos processos de adsorção específica e de formação de compostos de baixa solubilidade (precipitação), em especial, P-Fe e P-Al (SAMPLE; SOPER; RACZ, 1980; NOVAIS; SMYTH, 1999).

No solo, o fósforo é dividido em dois grandes grupos, fósforo inorgânico (Pi) e fósforo orgânico (Po). O grupo do Pi pode ser separado em duas partes, o fósforo dos minerais primários e o fósforo adsorvido. É um grupo de fosfatos inorgânicos, formando diferentes compostos e com diferentes graus de estabilidade química. Pode ser encontrado ligado aos grupos funcionais silanol e aluminol das arestas das

argilas silicatadas e nos R-OH dos oxihidróxidos de ferro e alumínio e, inclusive, adsorvido à matéria orgânica do solo através de pontes de cátions. A adsorção do fosfato aos oxihidróxidos de ferro e alumínio ocorre, principalmente, nas formas de baixa cristalinidade e com alto desbalanço de cargas. Esta adsorção se dá nos sítios ácidos de Lewis, onde os grupos OH e OH₂⁺ ligados mono e tricordenadamente ao metal (Fe ou Al) são trocados pelo fosfato, caracterizando o fenômeno de troca de ligantes (BARROW, 1983).

Com a adição de fertilizantes fosfatados, há o acúmulo de fósforo em formas inorgânicas e orgânicas com diferentes graus de energia de ligação, embora o acúmulo das formas inorgânicas seja mais pronunciado. A redistribuição de fósforo em diversas formas quando da adubação também ocorre em solos cultivados sob sistema plantio direto. Observa-se a formação de uma camada na superfície do solo com alta disponibilidade de nutrientes, principalmente de fósforo (RHEINHEIMER & ANGHINONI, 2001). Esse comportamento é consequência da adição consecutiva de fertilizantes na camada superficial, ausência de revolvimento e diminuição das taxas de erosão. A adsorção do fósforo ocorre primeiramente nos sítios mais ávidos (de menor labilidade) e, posteriormente, o fósforo remanescente é redistribuído em frações retidas com menor energia e de maior disponibilidade às plantas, comparativamente ao sistema de cultivo convencional (RHEINHEIMER et al., 2000).

2.3 FONTES DE FÓSFORO

Ainda existem muitas divergências sobre a melhor forma de utilização das diversas fontes fosfatadas disponíveis no país. Na avaliação da eficiência é importante levar-se em consideração, aspectos relacionados com o fertilizante (solubilidade e dose, por exemplo) e com variáveis relacionadas ao sistema solo-planta (PROCHNOW et al., 2003).

A eficiência da aplicação de fósforo no crescimento e produtividade das culturas varia conforme a fonte utilizada. Geralmente, os adubos fosfatados mais solúveis (superfosfato triplo, superfosfato simples, diamônio fosfato - DAP, entre outros) proporcionam melhor resposta biológica em curto prazo, mas tem custo elevado, enquanto os fosfatos naturais de baixa reatividade (Araxá, Fosbahia, Patos

de Minas, dentre outros) têm menor eficiência inicial e custo mais baixo (KAMINSKI & PERUZZO, 1997; PROCHNOW et al., 2003).

No Brasil, os principais fertilizantes utilizados como fonte de fósforo são os totalmente acidulados (superfosfato simples e triplo), os fosfatos de amônio (monoamônio fosfato – MAP e diamônio fosfato – DAP), os termofosfatos e os fosfatos naturais importados e nacionais (RESENDE, 2006).

Algumas características dos adubos fosfatados, como solubilidade, teor, granulometria e elementos acompanhantes do fósforo, determinam o maior ou menor aproveitamento do nutriente pelas plantas (ALCARDE et al., 1989).

Os fosfatos solúveis reagem com maior intensidade no solo, incrementando a fração de P disponível no solo, favorecendo a absorção pelas raízes. Porém, as reações de fixação do nutriente são também favorecidas, principalmente com aplicação de altas doses (favorecendo o solo) em solos oxidicos, ácidos e intemperizados o que reduz a sua eficiência ao longo do tempo e ainda são de alto custo. Já os fosfatos naturais liberam o nutriente de forma mais lenta, minimizando o processo de fixação (NOVAIS & SMYTH, 1999; PROCHNOW et al., 2003; RESENDE et al., 2006).

Sabe-se que a matéria-prima utilizada na fabricação de adubos fosfatados tem origem na rocha fosfática. Entretanto, além da apatita, o componente que contém o fósforo, a rocha fosfática pode apresentar impurezas como compostos de magnésio, ferro, alumínio e cálcio, não desejáveis porque consomem parte do ácido empregado no processo de solubilização da rocha e diminuem a disponibilidade do fósforo às plantas, devido à formação de fosfatos de baixa solubilidade (PROCHNOW, 1996).

A utilização adequada de adubos fosfatados requer conhecimentos da dinâmica do fósforo e de suas interações com o solo, bem como a determinação do teor disponível do elemento, objetivando diagnosticar as deficiências nutricionais das plantas e, conseqüentemente, indicar as práticas necessárias para corrigi-las, visando o máximo de rendimento agrícola (MARTINEZ & HAAG, 1980). É fundamental, no entanto, determinar a relação entre o teor de nutriente no solo e o rendimento da cultura, para estabelecer o nível crítico de P no solo, a fim de que sua aplicação não seja feita sem necessidade (MALAVOLTA & GOMES, 1962).

2.3.1 SUPERFOSFATO SIMPLES

O superfosfato simples é obtido do tratamento de rocha fosfatada apatita com ácido sulfúrico concentrado. O superfostato simples é uma mistura de fosfato monocálcico com Gesso, onde o CaSO_4 representa 50% do peso. O SFS contém de 16 a 22% de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico a 2%, dos quais cerca de 90% é solúvel em água. Em adição, apresenta cerca de 12% de S e 26% de CaO.

O superfosfato simples tem como vantagens: (a) o fornecimento de fósforo, cálcio e enxofre; (b) há formação de gesso agrícola como resíduo, que pode corrigir áreas sódicas e melhorar o ambiente radicular em profundidade; e (c) apresenta elevada solubilidade em água (VITTI; WIT; FERNANDES, 2003).

2.3.2 TERMOFOSFATO

Os Termofosfato são definidos como fertilizantes resultantes de tratamento térmico de rochas fosfatadas com ou sem adição de outros materiais (silicato de magnésio), tratamento este que visa converter o fósforo de modo disponível nos vegetais. No caso de Termofosfato Magnesiano, é necessário adição de componentes Magnesianos e sílicos (GUARDANI et al.,1983). Torna-se solúvel em contato com os ácidos fracos do solo e das raízes, disponibilizando os elementos de acordo com a necessidade da planta. Além disso, é um excelente beneficiador e revitalizador do solo com efeitos corretivos que satisfazem principalmente solos ácidos.

Os termofosfatos tem cerca de 16% de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico, cerca de 26% de CaO, 15% de MgO e, quando for o caso, micronutrientes. Além disso, merece destaque o seu equivalente em CaCO_3 de + 50. São portanto, muito eficientes para fosfatagem corretiva de solos levemente ácidos. O fósforo é solúvel em ácido cítrico a 2% (1:100); o produto é insolúvel em água e apresenta característica alcalina, com pH ao redor de 8,0.

Devido a propriedade alcalinizante do termofosfato, seu efeito em elevar a saturação por bases, abaixando ou eliminando Al^{3+} e elevando, conseqüentemente, o valor do pH. A aplicação de silicato aumenta a solubilidade de fósforo no solo,

diminui a fixação de fertilizantes fosfatados, corrige as deficiências de Ca e Mg e aumenta o valor do pH do solo.

O uso de termofosfatos (TF), em função da sua composição, ocorre a adição de uma quantidade expressiva de silício (Si), que, segundo Tisdale et al. (1993), uma maior quantidade de silicato no solo pode aumentar a disponibilidade de P devido à competição com os fosfatos, pelos sítios carregados positivamente nos óxidos de ferro e alumínio.

2.3.3 TOP-PHOS[®]

O Top-Phos[®] é um fósforo protegido que em suas formulações variam de 24 a 28 % de P₂O₅, o produto protege e promove incrementos na absorção de fósforo, em diferentes condições de solo, graças ao complexo CSP (complexo super fosfato) que protege o elemento fósforo da fixação com alumínio, ferro e cálcio, tornando este nutriente mais disponível e aproveitável para as plantas. Além disso, o CSP que é um composto orgânico melhora o desenvolvimento radicular, promovendo maior uniformidade da parte aérea e assim, acentuando os níveis de rendimento da cultura. O Top-Phos[®] possui uma densidade: 1,16 g cm⁻³, pH: 3,5 (solução a 10 %), solubilidade: parcialmente solúvel em água; solúvel em solução diluída de ácido clorídrico, ácido nítrico e ácido acético (TIMAC AGRO, 2015).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na linha Ampére, comunidade do interior do município de Honório Serpa – PR (52 34' 34" W e 26° 07' 99" S; 990 m de altitude). O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho Distrófico típico, de textura argilosa (Embrapa, 2013). O clima é classificado como temperado úmido com verão quente, com precipitação média anual de 1890 mm, temperatura média anual de 19 °C e umidade relativa do ar entre 70 e 80 % de média anual (KOPPEN E GEIGER, 1928).

Antes da instalação do experimento foi coletada amostra de solo (0-20 cm de profundidade) da área experimental e realizada a análise química em Laboratório, da qual obteve-se os seguintes resultados: P disponível= 5,39 mg mg⁻³, P Rem = 8,69 mg dm⁻³, M.O= 52, 34 g dm⁻³, pH_{CaCl2}= 5,49; K trocável= 0,25 cmol_c dm⁻³, Ca

trocável = $7,31 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, Mg trocável = $4,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, H+Al = $6,16 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\text{CTC}_{\text{pH}7} = 17,95 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $V = 65,67\%$ e análise de textura (argila 54%, areia 24% e silte 22%). A área encontra-se no sistema de plantio direto e antes da cultura da soja foi cultivada com aveia preta.

Os experimentos foram realizados em delineamento experimental de blocos ao acaso e cinco repetições. Cada parcela foi constituída por 7 linhas de 6 m de comprimento, no espaçamento de 0,45 m entre linhas, perfazendo $18,9 \text{ m}^2$ de área total. Para as avaliações foram desconsideradas duas linhas de cada lateral e um metro em cada extremidade da parcela, totalizando $5,4 \text{ m}^2$ de área útil.

A variedade utilizada nos experimentos foi a cultivar NS 5445 IRPO[®], de ciclo precoce do grupo de maturação 5.4, com crescimento indeterminado, procurando-se obter $320.000 \text{ plantas ha}^{-1}$, população alcançada com o espaçamento de 0,45 metro entre linhas e 14,4 plantas por metro linear. A semente foi tratada com inseticida de ingrediente ativo tiametoxam e fungicida com ingrediente ativo a base de fludioxonil + metalaxyl-m. A semeadura foi realizada com uso de semeadora (PDM 9810 - Metasa, com 7 linhas e espaçamento de 0,45 m), no dia 15 de outubro de 2015. Os demais tratos culturais utilizados foram os recomendados para o cultivo da cultura da soja no Paraná (EMBRAPA, 1998).

Para o experimento 1, os tratamentos foram fontes de P_2O_5 , conforme segue: Superfosfato Simples ($\text{P}_2\text{O}_5=18\%$; Ca=18%; S=10%), Termofosfato ($\text{P}_2\text{O}_5=17,5\%$; Ca=18%; Mg=7%) e Top-Phos[®] (N=1%; $\text{P}_2\text{O}_5=28\%$; Ca=17%; S=5%), na dose de $100 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, todos aplicados no momento da semeadura da cultura da soja.

Para o experimento 2, os tratamentos foram doses de P_2O_5 : 0 kg ha^{-1} ; 25 kg ha^{-1} ; 50 kg ha^{-1} ; 75 kg ha^{-1} e 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 , sendo que foi utilizado o produto Top-Phos[®], no momento da semeadura da cultura da soja. Para ambos experimentos foi utilizado o cloreto de potássio na dose de 78 kg ha^{-1} de K_2O , sendo aplicado a lanço em pré-plantio.

A colheita de grãos foi realizada no dia 28 de fevereiro de 2016 e as variáveis avaliadas, nesta data, foram as seguintes: população de plantas por hectare (obtido através do número de plantas por metro linear, sendo retiradas 3 amostras por parcela e após feito a média), número de vagens por planta (obtido a partir da contagem de 15 plantas selecionadas aleatoriamente na área útil de cada parcela), número de grãos por vagem (selecionadas 5 plantas aleatoriamente e contado o

número de grãos da planta, sendo esse número dividido pelo número de vagens da planta), massa de mil grãos (obtido através de 3 amostras de 1000 grãos e pesadas) e a produtividade de grãos da cultura da soja (colhido a área útil de cada parcela, a umidade corrigida para 14 % e posteriormente transformando a produção em kg ha⁻¹).

Os resultados foram avaliados através da análise de variância utilizando o software estatístico SISVAR e quando significativos, os efeitos de tratamentos quantitativos (doses de P₂O₅) foram comparados através da análise de regressão. Enquanto os efeitos de tratamentos qualitativos (fontes de P₂O₅) foram comparados pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

4 RESULTADOS

4.1 Fontes de P₂O₅

Na Tabela 1, verifica-se que independente da fonte de fósforo utilizada não houve diferença significativa para a variável população de plantas ha⁻¹, mesmo comparada com a testemunha. Já o número de vagens por planta, observa-se que houve diferença significativa quando compara-se o Top-Phos[®] em relação a testemunha, porém este não diferiu do Superfosfato simples e do Termofosfato. A testemunha também não diferiu significativamente do Superfosfato simples e do Termofosfato (tabela 1).

Tabela 1: Número de plantas por hectare, vagens por planta e grãos por vagem, para a cultura da soja, cultivar NS 5445 IRPO[®], em função de fontes de fósforo. Honório Serpa – PR, 2016.

Tratamentos	População plantas (ha ⁻¹)	Vagens planta ⁻¹	Grãos vagem ⁻¹
Testemunha	256.441 a	37,6 b	2,13 b
S. Simples	259.552 a	41,1 ab	2,33 a
Termofosfato	257.775 a	41,9 ab	2,33 a
Top-Phos [®]	258.219 a	43,0 a	2,33 a
CV (%)	0,93	5,87	1,54

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
CV= Coeficiente de Variação

Para a variável grãos por vagem (Tabela 1) observa-se que para todas as fontes de P não houve diferença significativa entre elas, porém apresentaram diferença quando comparadas à testemunha. Já Richart et al. (2006), comparando o Fosfato natural reativo e Superfosfato triplo, observou diferença no número de grãos por vagem e no número de vagens por planta na cultura da soja.

Na Tabela 2 a massa de 1000 grãos diferiu significativamente entre os tratamentos, onde o Top-Phos[®] apresentou a maior média 181,8 gramas, seguido do Termofosfato 177,5 gramas, Superfosfato Simples 174,7 gramas e por último a testemunha com 164,9 gramas. Segundo Fageria (1999), a adubação fosfatada promove maior número e tamanho das folhas resultando em uma área superficial maior para a realização da fotossíntese, o que pode estar ligada com a maior massa de grãos apresentado por Top-Phos[®].

Tabela 2: Massa de 1000 grãos e produtividade de grãos da soja, cultivar NS 5445 IRPO[®], em função de fontes de fósforo. Honório Serpa – PR, 2016.

Tratamentos	Massa de 1000 grãos (gramas)	Produtividade (kg ha⁻¹)
Testemunha	164,9 d	3.278 b
S. Simples	174,7 c	3.910 a
Termofosfato	177,5 b	4.008 a
Top-Phos [®]	181,8 a	4.144 a
CV (%)	0,83	2,24

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
CV= Coeficiente de Variação

Na produtividade (tabela 2) todas as fontes apresentaram diferença significativa comparado a testemunha, mas não apresentaram diferença entre si, porém o Top-Phos[®] apresentou um incremento de 3,2 % comparado ao Termofosfato, de 5,6% comparado ao Superfosfato Simples e 20,9 % quando comparado com a testemunha.

Neste sentido, Rosolém e Tavares (2006), estudando os sintomas de deficiência de fósforo em soja, verificaram que houve diferença significativa para os tratamentos com e sem fósforo, em várias características estudadas, dentre elas a produtividade da soja.

Além disso, a rápida solubilização e disponibilização do elemento fosfatado nos estádios iniciais do desenvolvimento da soja são de fundamental importância para elevadas produtividades. Grant et al. (2001) fazendo uma revisão em diversos trabalhos, envolvendo diversas espécies vegetais, afirmam que a principal fase crítica na exigência nutricional de P é a inicial, sendo que as limitações em estágios mais tardios apresentam menor impacto na produção final das culturas.

4.2 Doses de P₂O₅

A figura 01-a apresenta o número de vagens por planta em função das doses de P₂O₅, sendo que esta apresentou resposta linear crescente significativa. Na dose de 100 kg ha⁻¹ houve um acréscimo de 12 % no número de vagens em relação a testemunha, resultado semelhante foi encontrado por Silva et al. (2015), onde a dose de 400 kg ha⁻¹ P₂O₅ apresentou aproximadamente 20% de incremento no número de vagens por planta em relação às plantas por que não receberam adubação fosfatada. Guareschi et al. (2011) também observou aumento significativo na quantidade de vagens por plantas em resposta a adubação fosfatada, confirmando os resultados obtidos neste trabalho. Ainda, Batistella Filho et al. (2013) avaliando a produção da soja sob doses de P (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅) verificaram resposta linear na quantidade de vagens por planta, registrando um aumento de 22,3% em relação às plantas testemunhas.

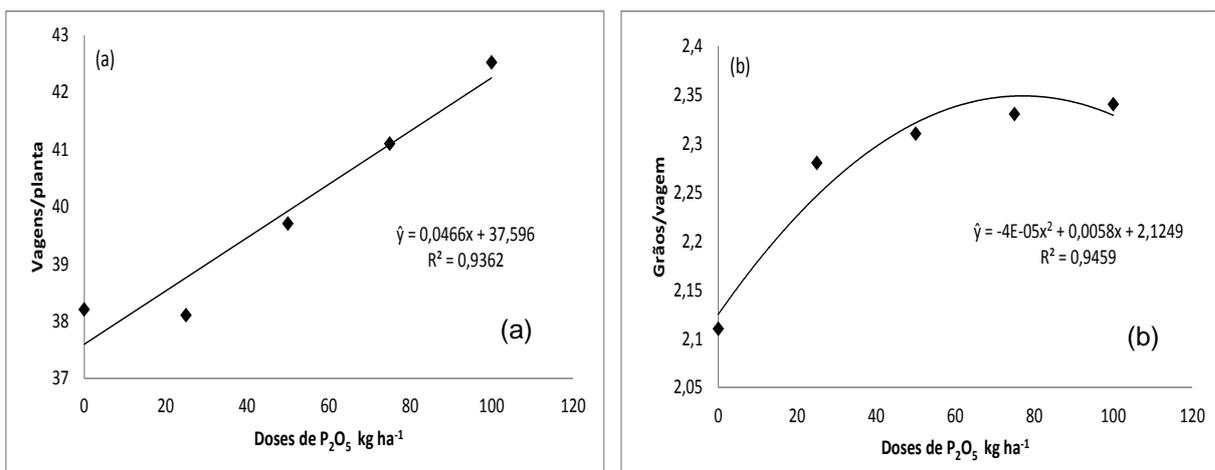


Figura 01: Número de vagens por planta (a) e número de grãos por vagem (b), da cultura da soja, cultivar NS 5445 IRPO[®], em função de doses de P₂O₅. Honório Serpa – PR, 2016.

Na figura 01-b, temos o número de grãos por vagem que apresentou resposta quadrática, ou seja a cultura provavelmente não responderia a doses maiores do fertilizante, para as mesmas condições. A produção de grãos por vagem apresentou variação em função das doses de P, diferindo em 0,23 grãos por vagem entre a maior e a menor resposta às doses da adubação fosfatada.

Silva et al. (2015), observou que quantidade de grãos por vagem apresentou produção linear em função das doses de P_2O_5 aplicadas com o fertilizante fosfatado Top-Phos[®]. Vários pesquisadores avaliando a resposta dessa característica agrônômica das plantas de soja não observaram efeito significativo da adubação fosfatada sobre essa variável (BATISTELLA FILHO et al., 2013; GUARESCHI et al., 2008).

Já na figura 02, está demonstrada a resposta da variável massa de mil grãos e a produtividade da cultura da soja em função das doses de P_2O_5 , a qual teve uma resposta quadrática significativa. A maior massa de 1000 grãos foi de 181,2 g e a maior produtividade foi de 4160 kg ha⁻¹, representando cerca de 8,83 e 21,39 %, respectivamente, de aumento em relação as plantas que não receberam adubação fosfatada, sendo que para Silva et al. (2015), a diferença foi de 11,81 e 35,84%, porém a dose maior utilizada foi de 400 kg de P_2O_5 ha⁻¹. A máxima eficiência técnica (MET) do fertilizante é a dose de 109 kg de P_2O_5 ha⁻¹, resultado diferente obtido por Silva et al. (2015), a qual foi com a dose de 178,4 kg de P_2O_5 ha⁻¹.

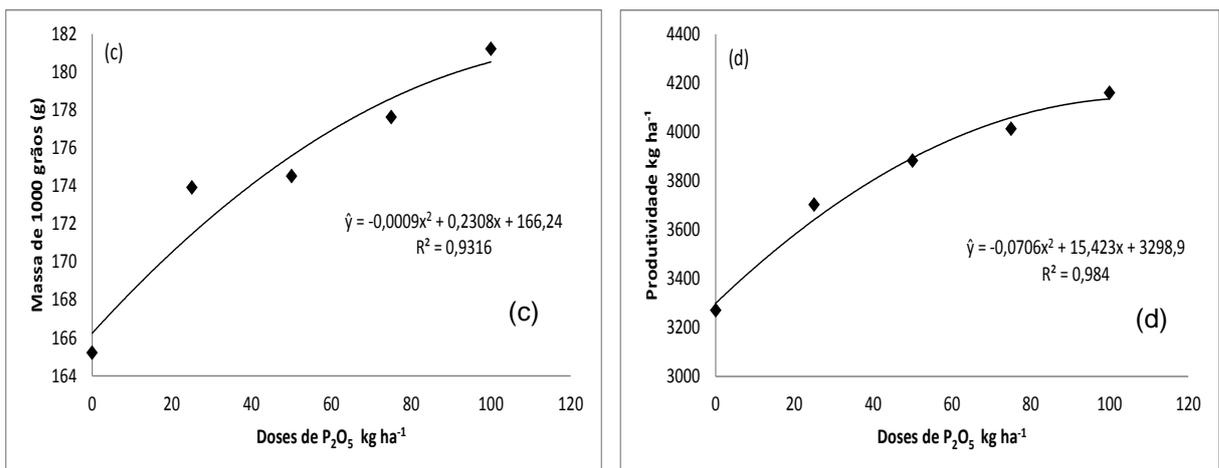


Figura 02: Massa de 1000 grãos (c) e a produtividade da cultura da soja (d), cultivar NS 5445 IRPO[®], em função de doses de P_2O_5 . Honório Serpa – PR, 2016.

Segundo Malavolta (1980), mais de 50% do fósforo da parte aérea da soja é translocado para os legumes, aumentando então a massa de grãos. Araújo et al. (2005), que avaliando a resposta de cultivares de soja à adubação fosfatada, não encontrou diferença significativa no peso de grãos.

Schindwein e Giannello (2005) encontraram também encontraram resposta em solos de cerrado. Respostas a doses muito altas de fósforo são comuns em solos com baixos teores de fósforo disponível. Esses valores podem ser explicados pelo fato da resposta da cultura ao uso de fertilizantes dependerem do estado de fertilidade do solo. Logicamente, solos de baixa fertilidade apresentam alta probabilidade de resposta ao uso de nutrientes. Já Araújo et al. (2005) encontraram ausência de resposta a adubação fosfatada para diferentes cultivares de soja, quando o solo apresentava níveis elevados de fósforo.

Vale salientar que a resposta à adubação fosfatada depende, dentre outros fatores, do nível de disponibilidade de P existente no solo (MIRANDA et al., 2002). No presente estudo o teor de fósforo no solo encontrava-se com $5,39 \text{ mg dm}^{-3}$, teor considerado baixo (FAGERIA; SANTOS, 1998), o que justifica o acréscimo das variáveis PMS e produtividade de grãos em função de doses de P_2O_5 aplicados na semeadura da cultura da soja. O incremento na produtividade é alcançado somente com suprimento de fósforo em quantidades compatíveis com a demanda da cultura (RESENDE et al., 2006).

5 CONCLUSÕES

Para o experimento de fontes de fósforo não houve diferença estatística entre os fertilizantes utilizados, somente destes em relação à testemunha.

Para o experimento de doses do fertilizante Top-Phos[®] houve resposta quadrática para a produtividade de grãos em função das doses de P_2O_5 . A máxima eficiência técnica do fertilizante é na dose de $109 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, G.A.S.C.; **Contribuição à implantação de um novo pólo de fertilizantes no nordeste do Brasil**. 2000. 134p. Dissertação (doutorado em Engenharia de Minas) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas. São Paulo, SP.
- ALCARDE, J.A.; GUIDOLIN, J.A.; LOPES, A.S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. São Paulo: ANDA, 1989. 35p. (ANDA. Boletim Técnico).
- ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D. **Resposta de cultivares de soja à adubação fosfatada**. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 36, n. 02, p. 129-134, 2005.
- BARROW, N.J. A mechanistic model for describing the sorption and desorption of phosphate by soil. *Journal Soil Science*, v34, p.733-750, 1983.
- BATISTELLA FILHO, F.; FERREIRA, M. E; VIEIRA, R. D.; CRUZ, M. C. P.; CENTURION, M. A. P. C.; SYLVESTRE, T. B.; RUIZ, J. G. C. L. **Adubação com fósforo e potássio para produção e qualidade de sementes de soja**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.48, n.7, p.783-790, 2013.
- BOARD, J.E. & MODALI, H. **Dry matter accumulation predictors for optimal yield in soybeans**. *Crop Science*, v. 45, 1790-1799. 2005.
- BULHÕES, R. **Análise da competição entre os portos de Paranaguá e Santos para a movimentação de Soja**: Aplicação de um modelo de equilíbrio espacial. 1998. 108 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- BÜLL, L.T.; FORLI, F.; TECCHIO, M.A.; CORRÊA, J.C. **Relação entre fósforo extraído por resina e resposta da cultura do alho vernalizado à adubação fosfatada em cinco solos com e sem adubação orgânica**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.22, p.459-470, 1998.
- CHIEN, S.H.; MENON, R.G. **Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application**. *Fertilizer Research*, v.41, p.227-234, 1995.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acomp. safra bras. grãos, v. 2 - Safra 2014/15, n. 12 – Décimo segundo levantamento, set. 2015**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 105p, 2015. (versão on-line). Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 08 de novembro de 2015.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 1998/99**. Londrina: 1998. 201p. (EMBRAPACNPSO. Documentos, 119).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSO, 1999. 41p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2004 - A soja no Brasil. **Embrapa Soja, Sistema de Produção**, N° 1. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br>. Acesso em 08 de novembro de 2015.

FARDEAU, J.C. **Dynamics of phosphate in soils: an isotopic outlook**. *Fertility Research*, v.45, p.91-100, 1996.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. **Adubação fosfatada para o feijoeiro em solo de várzea**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 2, n. 2, p. 124-127, 1998.

FAGERIA, N. K. Adubação e calagem. In: VIERIA, N. R. A.; SANTOS, A. B.; SANT'ANA, E. P. (Ed). **A cultura do arroz no Brasil**, Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP, 1999. p.329-353.

FERNANDES, A. R. et al. **Efeito do fósforo e do zinco sobre o crescimento de mudas de feijó (Cordia goeldiana Huber)**. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, n. 37, p. 123-131, jan./jun. 2002.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. **The importance of early season phosphorus nutrition**. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 81 p. 211-224, Canada, 2001.

GUARESCHI, R. F.; GAZOLLA, P. R.; PERIN, A.; SANTINI, J. M. K. **Adubação antecipada na cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímeros**. *Ciência e agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.4, p.643-648, 2011.

GUARDANI, R. ; RODRIGUES, J. C. ; COSTILLES, B. . **Produção de termofosfatos: estudo de economicidade**. *Fertilizantes*, v. 5, n. 3, p. 5-9, 1983.

GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G. **Nutrição Mineral do Cafeeiro**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997.

IBGE. Censo Agropecuário 2006. Agricultura Familiar. **Primeiros resultados. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação**. Brasília/Rio de Janeiro: MDA/MPOG, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisas Agropecuárias, Indicadores IBGE – Estatísticas da produção agrícola – 2008./15, n. 12 – **Décimo segundo levantamento, set. 2015**.

KAMINSKI, J. ; PERUZZO, G. **Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo**. Santa Maria: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 31 p. (Boletim técnico, n. 3).

KLIEMANN, H. J.; COSTA, A. de V.; SILVA, F. C. da. **Resposta à calagem e fosfatagem por três cultivos de soja em três solos no estado de Goiás.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde.** Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo, Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 402-409, 631p.

MALAVOLTA, E; GOMES, F.P. Foliar diagnosis in Brazil. In: Reuther, W. (Ed.) **Plant analysis and fertilizer problems**, Washington: American Institute Biological Science, 1962. p.232-245.

MARTINEZ, H.E.P.; HAAG, H.P. **Níveis críticos de fósforo em Brachiaria decumbens (Stapt) Prain, Brachiar humidícola (Rendle) Schweickerdt, Digitaria decumbens Stent, Hyparrhenia rufa (Ness) Staf., Melinis minutiflora Pal de Beauv., Panicum maximum Jacq. e Pennisetum purpureum Schum.** Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". v.37, n.1, p.913-977, 1980.

MIRANDA, L. N.; AZEVEDO, J. A.; MIRANDA, J. C. C.; GOMES, A. C. **Calibração de métodos de análise de fósforo e resposta do feijão ao fósforo no sulco.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 37, n. 11, p. 1621-1627, 2002.

NOVAIS, R. F. de; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Viçosa, MG: UFV/DPS, 1999. 399 p.
PARFITT, R.L. Anion adsorption by soils materials. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.30, p. 1-50, 1978.

PROCHNOW, L. I. **Disponibilidade do fósforo da fração solúvel em citrato neutro de amônio e insolúvel em água de fosfatos acidulados.** Piracicaba, 1996. 160p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

PROCHNOW, L. I. et al. **Characterization and agronomic evaluation of single superphosphates varying in iron phosphate impurities.** Agronomy Journal, Madison, v. 95, p. 293-302, 2003.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: Potafos, 1991. 343 p.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D. I.; SANTOS, J. Z. L.; CARNEIRO, L. F. **Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 453-466, 2006.

RICHART, A.; LANA, M.C.; SCHULZ, L.R.; BERTONI, J.C. **Disponibilidade de fósforo e enxofre para a cultura da soja na presença de fosfato natural reativo, superfosfato triplo e enxofre elementar**. Tese de mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. R. Bras. Ci. Solo, 2006. 698 p.

RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.151-160, 2001.

RHEINHEIMER, D. S. **Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos**. 2000. 210p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

ROESSING, A. C.; SANCHES, A. C.; MICHELLON, E.; **As Perspectivas de Expansão da Soja**. Anais dos Congressos. XLIII Congresso da Sober em Ribeirão Preto. São Paulo, 2005.

ROSOLÉM, C. A. **Nutrição mineral e adubação de soja**. Piracicaba: Instituto Potassa e Fosfato, 1982. 80 p. (Boletim técnico, 6).

ROSOLÉM, C. A.; MARCELLO, C. S. **Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada**. **Scientiae Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 448-455, 1998.

ROSOLEM, C. A.; TAVARES, C. A. Sintomas de deficiência tardia de fósforo em soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 02, p. 385-389, 2006

ROLIM NETO, F. C. et al. **Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba, Minas Gerais**. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 28, p. 953-964, 2004.

SCHLINDWEIN, J.A. **Calibração de métodos de determinação de fósforo e potássio do solo sob sistema plantio direto**. 2003. 169f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SCHLINDWEIN, J. A.; GIANELLO, C. **Doses de Máxima Eficiência Econômica de fósforo e potássio para culturas cultivadas no sistema de Plantio Direto**. **Revista Plantio Direto**, n. 85, p. 20-25, 2005.

SILVA, R.R.; LEITE, R.C.; FREITAS, G.A. **Eficiência de fertilizante fosfatado na cultura da soja no cerrado baiano**. Universidade Federal do Tocantins – UFT. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.11, n.4, p.13-22, 2015.

SOUZA, J.R., et al. **Eficiência do fósforo revestido com polímeros na cultura da soja**. **Acta Iguazu, Cascavel**, v.3, n.4, 2 p, 2014.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A. **Soja, nutrição, correção do solo e adubação**. Campinas: Fundação Cargill, 1992. 60 p.

TIMAC AGRO. **Tecnologias/ Fertilizantes sólidos/ TOP-PHOS**. Disponível em: <http://www.br.timacagro.com/timac/produto>. Acesso em: 08 de novembro de 2015.

VENTIMIGLIA, L. A.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; PIRES, J. L. F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 195-199, fev. 1999.

VITTI, G.C & TREVISAN, W. **Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja**. Piracicaba: POTAFOS, Informações Agronômicas, v.90, p.1-16. 2000.

VITTI, G.C.; WIT, A.; FERNANDES, B.E.P. Eficiência agronômica dos termofosfatos e fosfatos alternativos. In: SIMPÓSIO FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, São Pedro. **Anais...** São Pedro: Potafos: ANDA, 2003. 726 p.

APÊNDICES



Apêndice A – Desenvolvimento aéreo e radicular da cultura da soja, conjunto de 2 plantas, em função das fontes de fósforo utilizadas. Da esquerda para direita: Superfosfato Simples, Termofosfato, Top-Phos[®], na dose de 100 kg de P_2O_5 ha⁻¹.



Apêndice B – Desenvolvimento aéreo e radicular da cultura da soja em função das doses de P_2O_5 . Da esquerda para direita: Testemunha 0 kg de P_2O_5 ha⁻¹, 25 kg de P_2O_5 ha⁻¹, 50 kg de P_2O_5 ha⁻¹, 75 kg de P_2O_5 ha⁻¹ e 100 kg de P_2O_5 ha⁻¹.