

**INSTITUTO FEDERAL**  
**GOIANO**  
Câmpus Rio Verde

**AGRONOMIA**

**DOSES DE FÓSFORO NA CULTURA DA SOJA EM  
CONDIÇÕES DE CERRADO**

**PAULO HERNANDES TAVARES AMORIM**

**RIO VERDE, GO**

**2022**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE**

**AGRONOMIA**

**DOSES DE FÓSFORO NA CULTURA DA SOJA EM CONDIÇÕES  
DE CERRADO**

**PAULO HERNANDES TAVARES AMORIM**

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador (a): Prof. Dr. José Milton Alves

Rio Verde – GO

Setembro, 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

AAM524 Amorim, Paulo Hernandes Tavares  
DOSES DE FÓSFORO NA CULTURA DA SOJA EM CONDIÇÕES  
DE CERRADO / Paulo Hernandes Tavares Amorim;  
orientador José Milton Alves Alves. -- Rio Verde,  
2022.  
37 p.

TCC (Graduação em Agronomia) -- Instituto Federal  
Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. Glycine max L., . 2. Restrição de fósforo. 3.  
Adubação fosfatada. 4. Doses de fósforo. I. Alves,  
José Milton Alves, orient. II. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL MINISTÉRIO DA  
EDUCAÇÃO SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PRO-  
FISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL  
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOI-  
ANO

Ata nº 68/2022 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

#### **ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO**

Aos 15 dias do mês de Setembro de 2022, às 14 horas e 30 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Dr. José Milton Alves (orientador), Dr. Matheus Vinícius Abadia Ventura; M. Sc. Thais Gonçalves Veloso e M. SC. Estevam Matheus Costa para examinar o Trabalho de Curso intitulado " Doses de fósforo na cultura da soja em condições de Cerrado" do estudante Paulo Hernandes Tavares Amorim do Curso de Agronomia do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelo orientador em nome dos demais membros da Banca Examinadora. O membro da banca (Estevam Matheus Costa autorizou, via e-mail, o orientador a assinar em seu nome em virtude de o mesmo não possuir acesso ao sistema SUAP).

(Assinado Eletronicamente)

Dr. José Milton Alves

Orientador

**Observação:** ( ) O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Matheus Vinicius Abadia Ventura**, 2022102344060002 - Discente, em 04/10/2022 10:07:41.
- **Thais Gonçalves Veloso**, 2021102200240580 - Discente, em 30/09/2022 13:44:49.
- **Jose Milton Alves**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 30/09/2022 10:00:18.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 30/09/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 430554

Código de Autenticação: 1c091b4f0b



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Rio Verde  
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970  
(64) 3620-5600

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado)            | <input type="checkbox"/> Artigo científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado)      | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação)  | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo: \_\_\_\_\_

Nome completo do autor:

Paulo Hernandes Tavares Amorim

Matrícula:

2017102200240502

Título do trabalho:

DOSES DE FÓSFORO NA CULTURA DA SOJA EM CONDIÇÕES DE CERRADO

### RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

\_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 30 /11 /2022

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

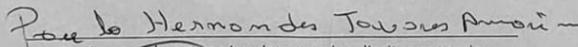
- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde -Go

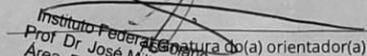
23 /09 /22

Local

Data

  
Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano  
Prof. Dr. José Milton Alves  
Área Fertilidade de Solo

“Aos meus pais, Rita e Rivaldo, e  
ao meu irmão Weverson”.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por ter me concedido a oportunidade de chegar aqui hoje, realizando um sonho.

A minha família, a minha mãe, Rita de Cássia dos Santos Amorim ao meu pai, Rivaldo Tavares de Figueiredo e em especial ao meu irmão Weverton Tavares Amorim que me incentivou a ingressar no curso superior e que me permitiu realizar esse sonho.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, ao seu corpo docente, direção e administração, pela oportunidade de ser discente do curso de Agronomia em uma instituição tão comprometida com o ensino e a pesquisa.

Em especial ao professor José Milton Alves pela orientação ao longo de minha vida acadêmica.

Aos meus amigos que estiveram ao meu lado durante esta caminhada, e todos os demais colegas.

Enfim, sou grato a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização deste trabalho e de toda a trajetória desse sonho que foi a minha graduação.

Obrigado!

## RESUMO

AMORIM, Paulo Hernandes Tavares. **Adubação de doses de fósforo na cultura da soja em condições de cerrado**. 2022. 39p. Trabalho de Curso (Curso de Bacharel em Agronomia) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma cultura de suma relevância no mundo, com alto potencial de produção onde, sua composição química e valor nutricional são de extrema importância social e econômica. Dentre os nutrientes fundamentais para o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das culturas, o fósforo (P) é um nutriente amplamente estudado, principalmente por sua importância essencial nos sistemas de produção. Assim, o objetivo foi avaliar o efeito de doses de superfosfato triplo sobre solo corrigido e sem correção no efeito residual de P foliar, teor de óleo e produtividade na cultura da soja da safra 2020/2021. O experimento foi conduzido em uma propriedade agrícola no município de Rio Verde – GO, o delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial 2x5 com duas condições (fósforo corrigido e restrição de fósforo) e cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Foram avaliados a altura de plantas, massa seca da parte aérea, produtividade, teor de óleo, teor de fósforo (foliar e no solo). Para a avaliação dos efeitos dos tratamentos, foram realizadas à análise de variância e teste Tukey, e constatando significância, ajustou a equação de regressão. A adubação fosfatada mostrou influência positiva no crescimento, desenvolvimento e incremento na produtividade na cultura da soja e para o aumento das doses houve ganho de biomassa.

**Palavras-chave:** *Glycine max* L., adubação fosfatada, teor de óleo.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados da análise de solo para caracterização química, granulométrica e classificação textural do solo da área com restrição de fósforo.....	21
Tabela 2. Resultados da análise de solo para caracterização química, granulométrica e classificação textural do solo da área com teores de fósforo corrigido.....	22
Tabela 3. Efeito da adição de doses de fósforo ( $P_2O_5$ ) em área com restrição e em área com fósforo corrigido. Tabela de significância.....	26

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Parcelas experimentais utilizadas na avaliação de efeito de doses de $P_2O_5$ no desenvolvimento e na produtividade da cultura da soja em Rio Verde – GO, safra 2021/22.....	23
Figura 2. Parcelas experimentais utilizadas na avaliação de efeito de doses de $P_2O_5$ no desenvolvimento e na produtividade da cultura da soja em Rio Verde – GO, safra 2021/22 (A) Área 1 – restrição de fósforo no solo e (B) Área 2 - com correção de fósforo no solo.....	24
Figura 3. Semeadura do experimento. (A) sulco de plantio. (B) semeadura no dia 08 de novembro de 2021. (C) emergência das plântulas de soja.....	25
Figura 4. Médias para Altura de planta de soja em função de diferentes áreas e doses de fósforo. Rio Verde – GO, safra 2021/22.....	27
Figura 5. Médias para MSPA de soja em função de diferentes áreas e doses de fósforo. Rio Verde – GO, safra 2021/22.....	28
Figura 6. Médias para Produtividade de soja em função de diferentes áreas e doses de fósforo. Rio Verde – GO, safra 2021/22.....	29
Figura 7. Teor de Óleo nos grãos na cultura da soja em função de diferentes áreas e doses de fósforo. Rio Verde – GO, safra 2021/22.....	31
Figura 8. Teor de fósforo foliar na cultura da soja em função de diferentes áreas e doses de fósforo. Rio Verde – GO, safra 2021/22.....	32
Figura 9. Teor de fósforo no solo na cultura da soja em função de diferentes áreas e doses de fósforo. Rio Verde – GO, safra 2021/22.....	33

## LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

Zn	Zinco
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Pentoxido de fósforo
%	Porcentagem
CaCl <sup>2</sup>	Cloreto de cálcio
DAE	Dias após emergência.
Al	Alumínio
Mn	Manganês
pH	Potencial hidrogeniônico
mg kg <sup>-1</sup>	Miligramas por quilogramas
DBC	Delineamento Blocos Casualizados
mg.dm <sup>-3</sup>	Miligramas por decmetro cúbico
M.O.	Matéria orgânica
g dm <sup>-3</sup>	Gramas por decmetro cúbico
mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Milimol de carga por decmetro cúbico
cmol <sub>c</sub> /dm <sup>-3</sup>	Centimol de carga por decmetro cúbico
H+Al	Acidez potencial
SB	Soma de bases trocáveis
V%	Saturação de bases
CTC	Capacidade de troca de cátions
Cu	Cobre
P	Fósforo
K	Potássio
Mg	Magnésio
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	cido ortofosfórico
DNA	cido desoxirribonucléico
RNA	cido ribonucleico
EA	Eficiência agronmica
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

Ca	Cálcio
KCl	Cloreto de potássio
Fe	Ferro
B	Boro
g	Gramas
kg ha <sup>-1</sup>	Quilos por hectare
FV	Fonte de variação
CV	Coefficiente de variação
AP	Altura de plantas;
MSPA	Massa seca parte aérea
Prod	Produtividade
TO	Teor de óleo

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1. Geral.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2. Específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1. Soja (<i>Glycine max</i> L.).....</b>	<b>16</b>
<b>3.2. Adubação fosfatada .....</b>	<b>17</b>
<b>3.3. Fósforo no solo e nas plantas .....</b>	<b>18</b>
<b>3.4. Doses de Fósforo.....</b>	<b>20</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1. Caracterização das áreas experimentais.....</b>	<b>21</b>
<b>4.2. Delineamento e manejo das áreas experimentais.....</b>	<b>22</b>
<b>4.4. Avaliações Experimentais. ....</b>	<b>25</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO. ....</b>	<b>26</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>34</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>35</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é a cultura mais cultivada no mundo, distribuída principalmente em regiões tropicais. No Brasil é cultivada em boa parte do território, atingindo altos níveis de produtividade, como, na safra de 2019/20 atingindo a primeira colocação no ranking da produção mundial de grãos, apresentando potencial tanto de expansão de novas áreas, quanto elevar a produtividade (CONAB, 2020). Diante disso, o Brasil tornou-se um grande produtor agrícola mundial devido à expansão da produtividade de soja sob o bioma Cerrado (SOUSA et al., 2014; MARIN; et al., 2016; LOPES & GUIMARÃES, 2016; WITHERS et al., 2018).

Para alcançar essa posição de destaque mundial, o Brasil expandiu as áreas cultiváveis no domínio Cerrado, que até a década de 1960 eram predominantemente ocupadas pela exploração pecuária, em pastagens nativas, sem adição de fertilizantes (SOUSA et al., 2014). A expansão da fronteira agrícola no Cerrado à qual possui solos ácidos e com baixos teores de nutrientes foi um desafio que exigiu uma alta demanda de utilização de corretivos e fertilizantes. Dentre eles, o fósforo (P) que é um nutriente amplamente estudado por apresentar funções essenciais nas plantas, fazendo parte de importantes estruturas macromoleculares, como ácidos nucleicos de DNA e RNA; (MARSCHNER, 2012).

Atualmente o país está entre os maiores produtores mundiais de alimentos e bioenergia e tem potencial de expansão, importante para a segurança alimentar futura (MARIN; et al., 2016; LOPES & GUIMARÃES, 2016). Para o país manter sua posição de maior produtor de alimentos, deve tentar solucionar alguns problemas existentes, produzir mais sem afetar o meio ambiente, juntamente com o aumento da demanda por fertilizantes para aumentar a produção agrícola, incluindo o fósforo (P); (WITHERS et. al., 2018).

As características dos baixos teores de fósforo nos solos brasileiros, geralmente associados ao alto intemperismo desses solos (YAMADA & ABDALLA, 2004), faz com que haja fortes perdas desse nutriente por adsorção aos colóides do solo (NOVAIS & SMYTH, 1999; NOVAIS et al., 2007). Há preocupações com o bom uso dos fertilizantes fosfatados para a produção de alimentos, em função de ser um recurso natural não renovável, desse modo, algumas reservas estão começando a se esgotar (FIXEN, 2014; WITHERS et al., 2018).

O P é um nutriente amplamente estudado, principalmente por sua importância essencial nos sistemas de produção de espécies autotróficas (TAIZ & ZEIGER, 2013), baixa mobilidade em solos (NOVAIS & SMYTH, 1999; SOUSA & LOBATO, 2004) e limitadas fontes naturais (SCHOLZ & WELLMER, 2015; MARIN et al., 2016; WITHERS, et al., 2018).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes doses de fósforo aplicadas em área com teores baixos e área com teores corrigidos desse macronutriente na cultura da soja.

### **2.2. Específicos**

Avaliar o efeito de doses de  $P_2O_5$  no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo na cultura da soja, em área com e sem restrição deste macronutrientes no solo.

Avaliar altura das plantas, massa seca parte aérea, produtividade e porcentagem de teor de óleo dos grãos e de fósforo foliar nas plantas de soja submetidas à diferentes doses de  $P_2O_5$ .

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1. Soja (*Glycine max* L.)**

A área global de plantio de soja é de cerca de 125 milhões de hectares e a produção global é de 348 milhões de toneladas (FAO, 2018). No Brasil, essa cultura é extremamente importante, pois o país é o maior exportador mundial e apresenta a segunda maior área cultivada (FAO, 2018; CONAB, 2020). Essa produção continuou crescendo até a última safra com um aumento de produção de 6,4% comparada à safra do ano anterior totalizando 271,8 milhões de toneladas (CONAB, 2022), resultado das condições climáticas favoráveis, técnicas avançadas de produção de alimentos e variedades adequadas ao cultivo, do norte ao sul do país (PÍPOLO et al., 2015).

A região Centro Oeste do Brasil corresponde a 44,9% da produção nacional, com área plantada de 17,2 milhões  $ha^{-1}$ , com produção de 61,3 milhões de toneladas. O estado de

Goiás, na qual a produção de soja é de 13,7 milhões de toneladas em uma área de 3,6 milhões de ha<sup>-1</sup>, representa 10% da produção nacional e o quarto maior produtor do país, comprovando a relevância da cultura para o estado (CONAB, 2020).

Essa produção é exportada principalmente na forma de grãos, outra parte é triturada para extração do óleo e farelo. Mas também em outros elos, envolvendo transporte, beneficiamento, indústria de esmagamento, cooperativas e comércio. Tudo isso agrega valor ao produto, garante a geração de renda do produtor, o benefício econômico da empresa e de todos os agentes da cadeia produtiva que aumenta a receita cambial do país (LEMOS et al., 2017).

O cultivo de soja gerou mais de 4 milhões de empregos diretos e indiretos, e um mercado competitivo também obrigou os agricultores brasileiros a buscar cada vez mais aumentar a produtividade e reduzir os custos de produção (Oliveira et al., 2014). Devido ao desenvolvimento da tecnologia, variedades de alto rendimento, resistência a várias doenças e capacidade de adaptação a diferentes regiões, o cultivo se expandiu em todo o país (FREITAS, 2011).

### **3.2. Adubação fosfatada**

Para produzir fertilizante fosfatado altamente solúvel, utiliza-se enxofre importado; O concentrado de fósforo possui alto teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, baixo teor de impurezas e alto custo. Como resultado, o processo de produção de fertilizantes fosfatados solúveis eleva o custo final impossibilitando o agricultor em obter a quantidade necessária para sua lavoura (REIS, 2002).

Fontes menos solúveis de P, como fosfatos naturais e naturais reativos, que se dissolvem lentamente e possuem menor eficiência agrônômica (EA), têm sido utilizadas como fontes alternativas de menor custo econômico, pois a rocha fosfática é apenas moída e, portanto, menos dispendiosa. Mas esses fosfatos dependem de condições como baixo pH e perda de P e Ca, para que possam acelerar o processo de dissolução no solo (OLIVEIRA et al., 2015).

O Brasil é dependente de fosfatos vindos do exterior, a produção tem sido insuficiente desde 2003, portanto, a expectativa é que a oferta desses fosfatos seja baixa no próximo ano, então os preços dos derivados solúveis de fósforo para a agricultura deverão subir devido à redução das fontes, e ao monopólio (OGINO et al., 2020).

E para aplicação deste nutriente que está com sua oferta baixa e suas fontes reduzidas, Borkert et al. (1994) recomendam realizar correção de fósforo de uma vez em área total incorporado ou gradativamente no sulco de semeadura. Para SOUSA et al. (2004), a aplicação da adubação fosfatada pode ser realizada a lanço na superfície, com ou sem incorporação, no sulco de semeadura, em faixas e em covas. Mas, entretanto, o método mais adequado ainda não foi totalmente elucidado pela literatura, pois, depende de fatores como a fonte de P, condições do solo e cultura, dentre outros. Mas assim como a recomendação a eficiência da adubação fosfatada dependerá da disponibilidade do fósforo no solo, pois as plantas extraem da solução do solo, o fósforo de que necessitam para seu desenvolvimento. Normalmente, solos altamente intemperizados possuem níveis muito baixos de P, além disso, esses solos têm a capacidade de reter P na fase sólida. Uma porção substancial de fósforo aplicado por fertilização tende a precipitar ou adsorver em óxidos em superfícies de ferro, alumínio e argila com alumínio, ferro e cálcio (RESENDE & FURTINI NETO, 2007).

A eficiência de recuperação deste nutriente indisponível depende principalmente da cultivar, textura do solo, tipo de argilominerais, capacidade tampão e acidez do solo. Devido a essas propriedades do solo e à manutenção da disponibilidade de nutrientes, a necessidade de aplicação extensiva de fósforo é um dos maiores investimentos na prática agrícola, principalmente quando são utilizados fosfatos acidificantes altamente solúveis (SOUSA & LOBATO, 2004).

### **3.3. Fósforo no solo e nas plantas**

Os solos brasileiros são classificados como tropicais e são caracterizados por baixos níveis de fósforo disponível para as plantas devido à reduzida quantidade de minerais formados devido ao alto intemperismo (Santos et al., 2008). Em geral, 35% a 70% do fósforo total no solo está na forma inorgânica e 30% a 65% está na forma orgânica (SHEN et al., 2011). No total de todo o P, cerca de 1% a 10%, se encontra contido na biomassa microbiana, que constitui algumas reservas relevantes devido à sua alta taxa de renovação e ao evitar a fixação em formas minerais pouco solúveis (RICHARDSON, 2001).

O P presente nas soluções do solo reage com seus constituintes para formar uma forma menos solúvel e pode ser removido da fase solúvel, conhecida como retenção ou adsorção. As reações de adsorção/dessorção, imobilização/mineralização e precipitação/dissolução estão envolvidas no processo de retenção de fósforo e, portanto, reduzindo sua disponibilidade para as plantas. A retenção de fósforo no solo pode ocorrer

através de vários processos que são influenciados pela natureza e quantidade de componentes do solo, pH, outros íons, cinética e saturação dos complexos de adsorção (NOVAIS & SMYTH, 1999; HAVLIN et al., 2013). A capacidade média de adsorção de fósforo do solo é 1.000 vez maior do que a aplicação de fertilizante fosfatado, o que significa que há uma tendência de deficiência de fósforo em condições naturais (VILAR & VILAR, 2013). Segundo Gonçalves & Meurer (2010), relatam que solos com características químicas distintas podem variar o teor de P no solo.

Nas plantas, o fósforo é absorvido preferencialmente na forma primária de íons ortofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ ) e secundário ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) e a dominância de um deles nas soluções do solo depende principalmente do pH. Em condições de pH 7,2 na maioria dos solos cultivados, o  $\text{H}_2\text{PO}_4$  torna-se a forma predominante e é mais rapidamente absorvido pelas plantas, independentemente de sua concentração, em comparação com o íon secundário (MARSCHNER, 2012). A proporção de fósforo presente nos ácidos nucléicos em relação a outras moléculas orgânicas está relacionada à atividade metabólica dos tecidos, maior nas folhas em expansão, elevada na síntese de proteínas e outros compostos e diminuída nas folhas maduras e senescentes (SUZUKI; MAKINO; MAE, 2001).

Fageria, Moreira & Castro (2010), em avaliação sobre a resposta da cultura da soja em emprego da fertilização fosfatada em latossolo, concluíram que o fósforo aumenta expressivamente o rendimento de grãos de soja. A deficiência desse elemento na soja pode causar a delonga no crescimento das plantas e o estiolamento, além de comprometer o crescimento das folhas, deixando-as menores com tons de verde-escuro ou verde azuladas. Esses sintomas assim como número reduzido de folhas, frutos e sementes e atraso no florescimento ocorrem pela deficiência desse mineral. Dessa forma, o suprimento adequado de fósforo se faz primordial desde os estádios iniciais do ciclo de vida das plantas (GRANT et al., 2001).

Segundo Rezende et al. (2005), o fósforo é exigido em todo o ciclo da cultura da soja, só que 60% é absorvido após o florescimento (estádio fenológico reprodutivo R1). Através dos resultados dos estudos sobre os sintomas da deficiência de P, onde foi avaliado a cultura da soja, foi verificado que P tem uma alta influência direta no número de vagens por planta, e que as plantas com deficiência de P apresentam maior número de abscisão de vagens, isso influencia negativamente na produtividade, esse fato é explicado devido as plantas serem mais sensíveis após o florescimento a deficiência do macronutriente fósforo (Rosolem & Tavares, 2006).

### 3.4. Doses de Fósforo

Na correta recomendação de adubação fosfatada, a fonte e dose de aplicação é interessante, sendo que doses abaixo do ideal não serão suficientes para o bom desenvolvimento das culturas e doses acima da que for ideal causam um desprendimento monetário desnecessários aos agricultores. Para a correta composição e adubação de cada cultura, é necessário avaliar não só os efeitos diretos dos fertilizantes sobre os componentes de produção e produtividade, mas também avaliar a dinâmica do nutriente no sistema de cultivo (SANTINI et al., 2019).

Solos de bioma Cerrados são caracterizados por elevada acidez, alta saturação de alumínio e baixa saturação de bases. No caso do fósforo, além de se encontrar em baixas concentrações nesses solos, a sua disponibilidade para as plantas depende das reações de adsorção pelos óxidos e de precipitação com ferro e alumínio (NOVAIS & SMYTH, 1999).

Devido à sua forte interação com o solo, o fósforo é o nutriente mais utilizado na adubação de culturas do Cerrado (RAIJ, 1991). As maiores produtividades das culturas são alcançadas quando a disponibilidade de fósforo no solo está na classe adequada ou acima dela, ou seja, com teores de fósforo de 15 a 20 mg dm<sup>-3</sup>. Para que isso ocorra, são necessárias adubações corretivas com doses entre 60 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para solos com teores muito baixos (Sousa et al., 2016). A Embrapa recomenda que o teor de P nas culturas de soja seja de 90 e 100 kg ha<sup>-1</sup> e para solos que já tenham um alto teor de P a indicação é de 50 a 60 kg ha<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 1999).

Há alguns trabalhos de autores na linha de pesquisa deste presente trabalho, ao qual visa avaliar doses de fosforo em área com e sem restrição deste macronutriente e que estão em busca de uma dose que tenha uma boa eficiência agronômica.

Em seu trabalho, Silva et al. (2015), em área de cultivo que apresenta textura franco argilo arenosa, classificado como um Neossolo Quartzarênico, avaliaram adubação fosfatada nas doses de (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), aplicando em sulco de plantio fertilizante Top-Phos® (22% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Alcântara Neto et al. (2010) em latossolo amarelo, avaliaram doses (0; 40; 60; 100; 120 e 140 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) usando como fonte superfosfato triplo, aplicado ao lado da linha de plantio. Valadão Junior et al. (2008) em solo classificado como latossolo vermelho amarelo distrófico avaliaram doses (0, 36, 72, 110, 144 e 177 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), utilizando como fonte superfosfato simples aplicado no sulco de plantio. Leite et al. (2017), em trabalho conduzido em solo que apresenta textura franco arenosa e classificado como latossolo vermelho-amarelo, avaliaram doses de (0, 100, 200, 300 e 400

kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), aplicando em sulco de plantio, o fertilizante Top-Phos® (22% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Kaneko et al. (2020) objetivou determinar em seu trabalho efeito de doses (0, 40, 80, e 120 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e fontes de fósforo, com adubação em sulco de semeadura.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Caracterização das áreas experimentais.

O experimento foi conduzido em condição de campo em duas propriedades agrícolas zona rural localizadas no município de Rio Verde – GO, (A) Área 1 nas coordenadas 17°40'36"S 51°02'05"W e (B) Área 2 17°47'01"S 50°59'33"W. A altitude média das áreas é de 745 m. O clima desta região é classificado como tropical (Aw), com temperatura média anual de 19- 20°C e precipitação anual de 1.600-1.900 mm, constando uma estação chuvosa de dezembro a fevereiro e uma estação de inverno seco de maio a setembro (CARDOSO et al., 2014). Nas áreas utilizadas para a implantação do experimento foram realizadas amostragens de solo para análise física e química para caracterização das áreas.

A área sob restrição de fósforo o relevo é suavemente ondulado, com 8% de declividade e o solo classificado como latossolo vermelho de textura média (EMBRAPA, 2013), cujas características químicas e texturais na profundidade de 0-20 cm são:

**Tabela 1.** Resultados da análise de solo para caracterização química, granulométrica e classificação textural do solo da área com restrição de fósforo.

Camada <sup>1</sup>	pH	Ca	Mg	K	Al	SB	CTC
m	CaCl <sub>2</sub>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					
0,0-0,20	5,07	1,10	0,60	0,15	0,0	1,85	3,20
Camada	P	S	Zn	B	Cu	Mn	V
m	-----mg dm <sup>-3</sup> -----						%
0,0-0,20	2,20	6,50	0,50	0,40	1,90	8,70	57
Camada	Areia	Silte	Argila	M.O	Classificação textural		
m	-----g kg <sup>-1</sup> -----			g dm <sup>-3</sup>	-		
0,0-0,20	720	50	230	21,20	Franco argiloso arenosa		

<sup>1</sup>P: extrator Mehlich<sup>-1</sup>; K, Ca e Mg: Resina; S: Fosfato de cálcio 0,01 mol L<sup>-1</sup>; Al: KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; H+Al: SMP; B: água quente; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; M.O: Matéria Orgânica; pH: em CaCl<sub>2</sub>; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca de cátions; V: Saturação da CTC por bases.

A área com experimentos sob solo com fósforo corrigido o relevo é suavemente ondulado, com 6% de declividade e o solo classificado como latossolo vermelho de textura média (EMBRAPA, 2013), cujas características químicas e texturais na profundidade de 0-20 cm são:

**Tabela 2.** Resultados da análise de solo para caracterização química, granulométrica e classificação textural do solo da área com teores de fósforo corrigido.

Camada <sup>1</sup>	pH	Ca	Mg	K	Al	SB	CTC
m	CaCl <sub>2</sub>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					
0,0-0,20	5,8	2,30	0,82	0,28	0,02	3,40	10,40
Camada	P	S	Zn	B	Cu	Mn	V
m	-----mg dm <sup>-3</sup> -----						%
0,0-0,20	11,20	12,50	1,90	0,75	1,10	85,20	39,50
Camada	Areia	Silte	Argila	M.O	Classificação textural		
m	-----g kg <sup>-1</sup> -----			g dm <sup>-3</sup>	-		
0,0-0,20	620	100	280	32,90	Franco argiloso arenosa		

<sup>1</sup>P: extrator Mehlich<sup>-1</sup>; K, Ca e Mg: Resina; S: Fosfato de cálcio 0,01 mol L<sup>-1</sup>; Al: KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; H+Al: SMP; B: água quente; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; M.O: Matéria Orgânica; pH: em CaCl<sub>2</sub>; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca de cátions; V: Saturação da CTC por bases.

#### 4.2. Delineamento e manejo das áreas experimentais.

O experimento foi implantado em duas áreas distintas, sob restrição de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e sem restrição P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Para o estudo, adotou-se o delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial 2x5 com duas áreas e cinco doses de adubação fosfatada (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), com quatro repetições para cada dose, totalizando 40 parcelas experimentais. As parcelas experimentais foram formadas por cinco linhas de plantio espaçadas em 0,5 m entre si e 3 metros de comprimento totalizando uma área de 7,5 m<sup>2</sup> (Figura 1). Para as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foi utilizado como fonte o superfosfato triplo (46 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Os cálculos para cada nível de adubação foram feitos a partir da concentração de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> existente no produto comercial Super Triplo (46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Cada repetição foi constituída por cinco níveis de adubação fosfatada (0,81;52,00 ,163;04, 244;56 e 326;08 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato triplo por parcela). Nas áreas experimentais o solo recebeu calcário dolomítico para manutenção e

correção dos teores de cálcio e magnésio e pH e aumento para 60% da saturação por bases (SOUZA & LOBATO, 2004). Figura 1 A-B). Após a aplicação foi feita incorporação do calcário dolomítico ao solo utilizando grade niveladora.

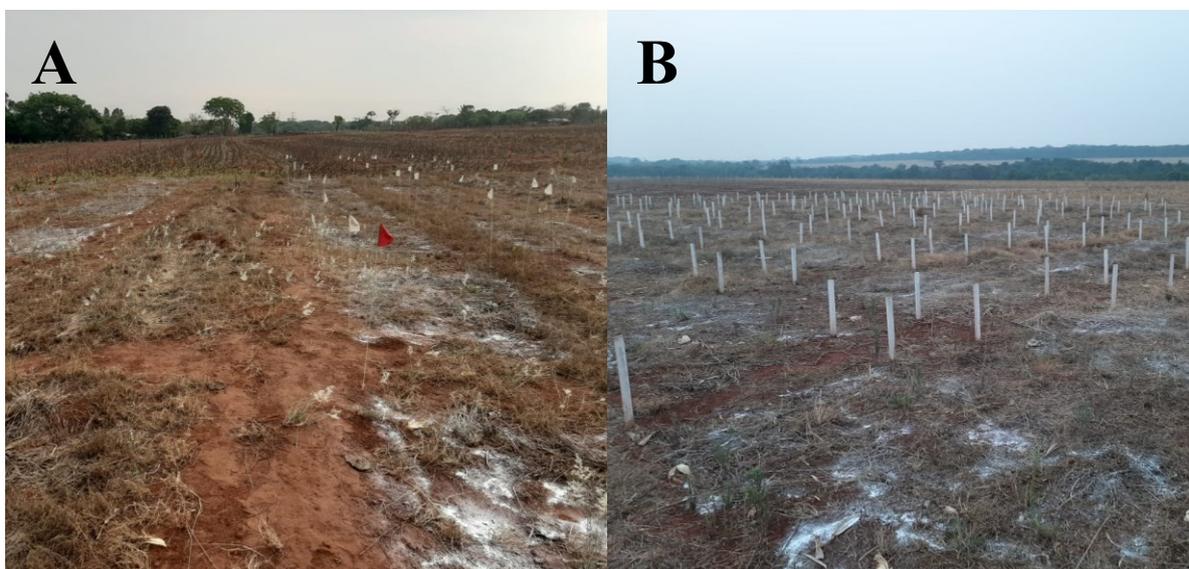


**Figura 1.** Parcelas experimentais utilizadas na avaliação de efeito de doses de  $P_2O_5$  no desenvolvimento e na produtividade da cultura da soja em Rio Verde – GO, na safra 2020/21. Fonte: Elaborado pelo autor.

A cultivar de soja escolhida para implantação nas áreas do experimento foi a DM 68i69 RSF IPRO, adaptada a região do cerrado, caracterizada como precoce, com ciclo médio de 100 a 105 dias, hábito de crescimento indeterminado, com porte médio, alta exigência em fertilidade, alto potencial produtivo, resistência a insetos, algumas doenças e acamamento. As áreas experimentais passaram por manejo para o controle de plantas daninhas infestantes tanto monocotiledôneas como dicotiledônias, foi feita aplicação em pré-plantio com dessecação das áreas com herbicidas glifosato ( $2 \text{ litros ha}^{-1}$ ) e 2,4D ( $1,2 \text{ litro ha}^{-1}$ ) e o manejo pós emergente, foi feito através de capina manual. Na parte da adubação das áreas o fertilizante superfosfato triplo foi aplicado no sulco de plantio das parcelas de cada área experimental no dia da semeadura, para o tratamento de sementes utilizou-se inoculante turfoso (*Bradyrhizobium japonicum*) com a dose recomendada pelo fabricante;  $50 \text{ g ha}^{-1}$ . Aos 30 dias após a emergência das plantas realizou-se a adubação de cobertura com cloreto de potássio (KCl),  $60 \text{ kg de } K_2O \text{ ha}^{-1}$ , cada parcela experimental recebeu  $75 \text{ g de KCl}$ .

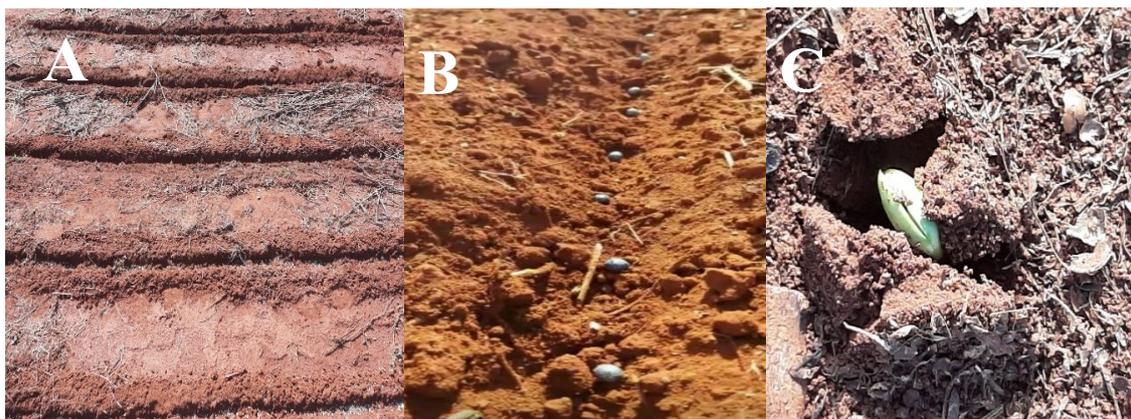
A semeadura (Figura 3 A-B) foi realizada em 08 de novembro de 2020, mostrando homogeneização na emergência (Figura 3 C) até o dia 17 de novembro 2020.

Para o manejo de doenças e insetos, foram feitas três aplicações nas parcelas experimentais, segue os respectivos produtos e suas doses em litros por  $ha^{-1}$ , em pós 30 DAE com Score flex (0,15), em pré- fechamento 45 DAE com Fox (0,4), em pré-fechamento + 18 = 63 DAE com Orkestra (0,3) e em pré- fechamento + 36 = 81 DAE com Approach Power (0,6), e inseticidas em pré- fechamento 45 DAE com Perito ( $1\text{ kg ha}^{-1}$ ) e Intrepid (0,25), em pré- fechamento + 18 = 63 DAE com Engeo Pleno (0,3), Metomil (1,5) e Intrepid (0,25) em pré fechamento + 36 = 81 DAE com Engeo Pleno (0,3).



**Figura 2.** Parcelas experimentais utilizadas na avaliação de efeito de doses de  $P_2O_5$  no desenvolvimento e na produtividade da cultura da soja em Rio Verde – GO, safra 20211/22. (A) Área 1 – restrição de fósforo no solo e (B) Área 2 - com correção de fósforo no solo.

Fonte: Elaborado pelo autor.



**Figura 3.** Semeadura do experimento. (A) sulco de plantio. (B) semeadura no dia 08 de novembro de 2021. (C) emergência das plântulas de soja. Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.4. Avaliações Experimentais.

**Altura de planta:** Avaliou-se o crescimento de três plantas por parcelas no início da floração em estágio fenológico R1 ,40 (DAE) dias após emergência, com auxílio de régua milimétrica, medindo da região do coleto até a folha mais alta. Os resultados são expressos em centímetros (cm).

**Massa seca da parte aérea (g planta<sup>-1</sup>):** Para determinação da massa seca da parte aérea utilizou-se três plantas por parcela. As plantas foram cortadas na região do coleto no início da floração em estágio fenológico R1, 40 DAE e acondicionadas em sacos de papel e levadas para o laboratório, em seguida as plantas passaram por processo de secagem em estufa de ar forçado por um período de 72 horas a 65 °C.

**Produtividade:** Para determinação da produtividade uma área equivalente a 2 m<sup>2</sup> foram colhidos no centro de cada parcela. Após a colheita o material foi processado (debulha/limpeza ambos manualmente), em seguida os grãos foram acondicionados em estufa de circulação de ar forçado à 65 °C por 72 horas para padronização da umidade e após houve o processo de pesagem utilizando nesse processo balança digital de precisão. Os resultados para massa de grãos foram expressos em kg ha<sup>-1</sup>.

**Teor de óleo (%):** A determinação do teor de óleo dos grãos foi realizada em todas as parcelas utilizando a metodologia oficial da American Oil Chemist's Society - AOCS (1993), Método Ac 3 – 44 adaptada.

**Teor de fósforo foliar:** Para determinação dos teores de fósforo, utilizou-se folhas coletadas no período de florescimento pleno, estágio fenológico R 2, 46 DAE. A coleta foi feita por tratamento 6 folhas por parcela, da planta foi coletado a terceira folha totalmente expandida a partir do ápice na haste principal com pecíolo por ocasião do florescimento, as amostras foram enviadas para laboratório comercial para análise foliar.

**Teor de fósforo no solo:** Para determinação dos teores de fósforo no solo, foram feitas coletada de solo de 0-20 cm, cinco pontos amostrais em cada parcela experimental, utilizando amostrador de solo manual, trado holandês, amostra essas coletadas antes da implantação do experimento e após a colheita.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

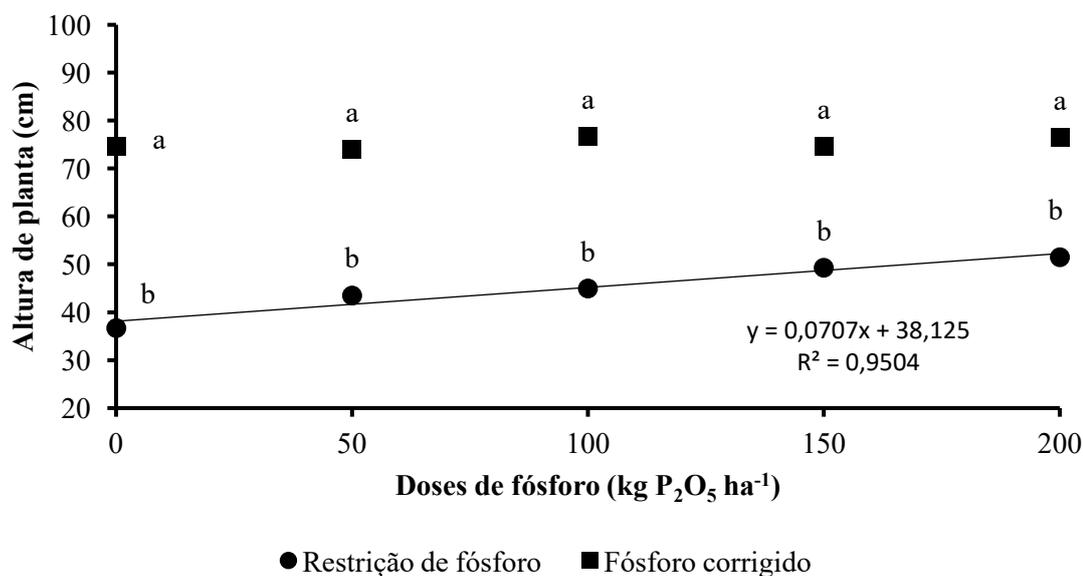
**Tabela 3.** Efeito da adição de doses de fósforo ( $P_2O_5$ ) em área com e sem restrição de fósforo na cultura da soja.

FV	GL	AP	MSPA	Prod.	T.O. (%)
Área (A)	1	**	**	**	ns
Dose de fósforo (D)	4	**	ns	**	ns
A x D	4	*	ns	ns	ns
CV (%)	-	6,68	28,26	7,92	8,74

FV: fonte de variação; CV: coeficiente de variação; AP.: altura de plantas; MSPA: massa seca parte aérea; Prod.: produtividade; TO: teor de óleo. ns: não significativo, \*\* e \*, significativo a 1% e 5%, respectivamente, de probabilidade pelo teste de F.

A análise de variância mostrou diferença significativa para a interação (área x doses) na variável altura de planta. A massa seca da parte aérea foi influenciada apenas pelas áreas e a produtividade de grãos foi influenciada tanto pelas áreas quanto pela aplicação das doses de fósforo, porém não foi influenciada pela interação (área x doses). O teor de óleo não foi influenciado pela área e doses de fósforo ou pela interação (área x doses)

Na avaliação do efeito dos tratamentos na altura de plantas de soja, a interação (área x doses) foi significativa. Pode-se observar que em todas as doses de fósforo utilizadas, a área com fósforo corrigido diferiu da área com restrição e a área com restrição de fósforo o efeito das doses foi linear (Figura 4).



**Figura 4.** Efeito da adição de doses de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na altura média de plantas de soja cultivadas em área com restrição e com fósforo corrigido no município de Rio Verde – GO. Médias de quatro repetições. CV%= 6,68.

Para área com restrição de fósforo o acréscimo na dose de fósforo, na adubação com superfosfato triplo, promoveu o aumento para altura de plantas de soja até a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P, com a utilização dessa aplicação nesta determinada dose de fósforo foi alcançada a altura média das 4 repetições de 51,5 (cm planta<sup>-1</sup>)

Para área sem restrição de fósforo o acréscimo na dose, na adubação com superfosfato triplo, promoveu o aumento para altura de plantas de soja até a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de P, com a utilização dessa aplicação nesta determinada dose de fósforo foi alcançada a altura média das 4 repetições de 76,7 (cm planta<sup>-1</sup>)

Em seu trabalho, Leite et al. (2017) na safra 15/16, conduziu em latossolo vermelho-amarelo com 23% de argila e 11,25 mg dm<sup>-3</sup> (baixo teor de P), avaliando doses de (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), fonte fertilizante Top-Phos® (22% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), verificou que a dose de 241 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como sendo de máxima eficiência, que proporcionou altura de plantas de 95,87 cm.

Kaneko et al. (2020) em seu trabalho com doses e fontes de fosforo na cultura da soja em solo classificado como latossolo vermelho textura média com (baixo teor de P) avaliando quatro doses (0, 40, 80, e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) com adubação em sulco de semeadura usando como fonte superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), não obtiveram resultado

que demonstrou influência das doses de  $P_2O_5$  significativamente para variável altura de plantas.

Cabral et al. (2020), em solo classificado como latossolo vermelho de textura média (EMBRAPA, 2013), avaliando doses (0, 25, 50, 75 e 100 kg de  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup>). de superfosfato triplo (46% de P) comparado a um produto comercial com composição organomineral contendo (22% de P), obteve resultados nas parcelas adubadas com superfosfato triplo em área com restrição de fósforo; nas doses de fósforo de 0 e 100 kg ha<sup>-1</sup>, uma diferença estimada na altura de planta em relação a essas doses de fósforo de 25,66%. Em área sem restrição de  $P_2O_5$ , a soja adubada com superfosfato triplo, as doses de fósforo de 0 e 100 kg ha<sup>-1</sup>, houve uma diferença estimada na altura de planta em relação a essas doses de fósforo de 13,11%

Para a massa seca da parte aérea (MSPA) da cultura da soja o efeito observado foi apenas de área (Tabela 3). Neste caso as plantas presentes na área com fósforo corrigido tiveram uma massa seca significativamente maior do que as plantas que se desenvolveram na área com restrição de fósforo (Figura 5).



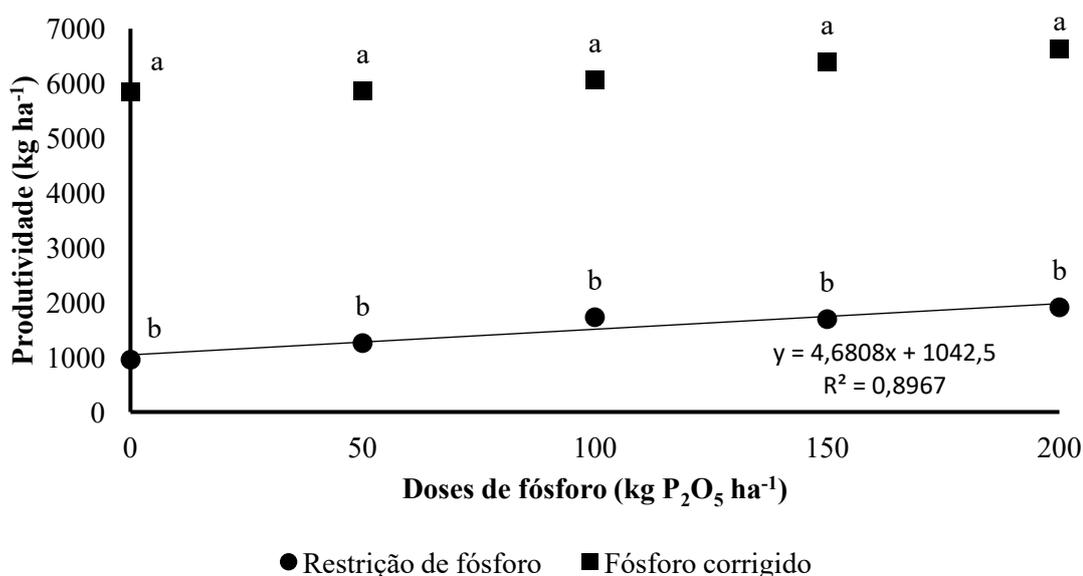
**Figura 5.** Médias das áreas, avaliando o efeito de doses  $P_2O_5$  no cultivo da soja em área com restrição e em área com fósforo corrigido na massa seca da parte aérea (g planta<sup>-1</sup>) no município de Rio Verde – GO. Médias de vinte repetições. CV%= 28,26.

Para esta variável não foi observado efeito de doses de fósforo, mesmo na área onde há restrição do nutriente. Uma razão que pode explicar este fato é o erro experimental do trabalho que neste caso foi de 28,26%.

Já utilizando adubação com 50% da recomendação de NPK (50:150:75 mg kg<sup>-1</sup>) promove maior área foliar produção de fitomassa das plantas, em trabalho feito por Furtado et al., (2017).

Cabral et al. (2020), avaliando doses (0, 25, 50, 75 e 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>). de superfosfato triplo (46% de P), relatou em seu trabalho em área com restrição de fósforo que o acréscimo na dose de fósforo, com superfosfato triplo, proporcionando aumento na massa seca da parte aérea da soja até a dose de 85,77 kg ha<sup>-1</sup> de P, com a aplicação desta dose de fósforo foi atingida a massa seca da parte aérea máxima de aproximadamente 22,86 g. Em área com teores de fósforo corrigido, promoveu o aumento na massa seca da parte aérea da soja até a dose de 81,19 kg ha<sup>-1</sup> de P, com a aplicação desta dose de fósforo foi atingida a massa seca da parte aérea máxima de aproximadamente 56,66 g.

Na avaliação do efeito dos tratamentos na produtividade de grãos da soja, houve efeito tanto para área como para as doses de fósforo empregadas e não houve efeito para interação (área x dose). (Figura 6). O efeito de área foi observado em todas as doses avaliadas e na área com restrição de fósforo o efeito das doses foi linear (Figura 6). Na área com restrição de fósforo a adição das doses deste nutriente teve comportamento linear como pode ser observado na Figura 6. Na área onde o fósforo estava corrigido a análise de variância da regressão não mostrou efeito para nenhum modelo (linear ou quadrático).



**Figura 6.** Efeito da adição de doses de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na produtividade de grãos da cultura da soja cultivada em área com restrição e com fósforo corrigido no município de Rio Ver – GO. Médias de quatro repetições. CV%= 7,92.

Para a área com restrição de fósforo o acréscimo na dose, na adubação com superfosfato triplo, promoveu o aumento na produtividade de grãos da soja até a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P, com a utilização dessa aplicação nesta determinada dose de fósforo foi alcançada a produtividade média de 1910 kg ha<sup>-1</sup>.

Para a área sem restrição de fósforo o acréscimo na dose de fósforo, na adubação com superfosfato triplo, promoveu o aumento na produtividade de grãos da soja até a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P, com a utilização dessa aplicação nesta determinada dose de fósforo foi alcançada a produtividade média de 6621 kg ha<sup>-1</sup>.

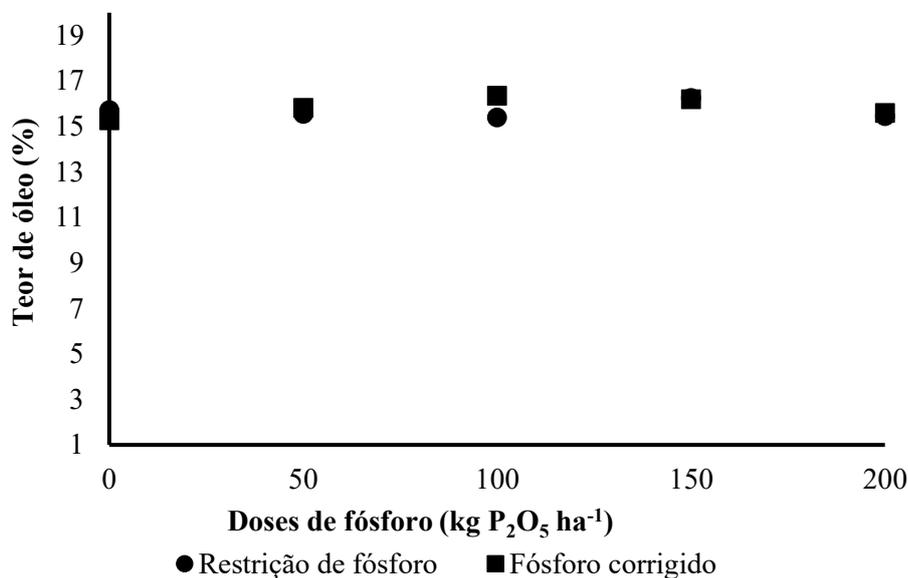
Leite et al. (2017). aplicando em sulco de plantio, fertilizante Top-Phos® (22% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) em trabalho conduzido em solo que apresenta textura franco arenosa e classificado como Latossolo vermelho-amarelo 23% de argila e com 11,25mg dm<sup>-3</sup> (baixo teor de P), foi avaliando doses de (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), obteve melhor resposta na dose 214 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> com produtividade de 2347 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto com a ausência P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a produtividade foi de 1818 kg ha<sup>-1</sup>, representado acréscimo de 29%. Já para safra 14/15, a maior resposta em produtividade foi obtida utilizando a dose de 224 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, obtendo produtividade de 2375 kg ha<sup>-1</sup>, resultando um incremento de 27% em relação à ausência de adubação fosfatada. Esses dados deste trabalho demonstram a alta relação do fósforo com acréscimos de produtividade em solos do cerrado com teores muito baixos do macronutriente.

Alcântara Neto et al. (2010) em latossolo amarelo., com 23 % de argila e teor de 6 mg dm<sup>-3</sup> (muito baixo) de fosforo, avaliando doses (0; 40; 60; 100; 120 e 140 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) usando como fonte superfosfato triplo, aplicado ao lado da linha de plantio, observaram diferença significativa na produtividade da soja em seu trabalho, com produtividade máxima estimada de 2.614,7 kg ha<sup>-1</sup> de grãos de soja, obtida com a dose de 94,8 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Valadão Junior et al. (2008) em trabalho conduzido em solo classificado como latossolo vermelho amarelo distrófico com 40 % de argila e teor 0,8 mg dm<sup>-3</sup> (muito baixo) de fósforo disponível, avaliando doses (0, 36, 72, 110, 144 e 177 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), utilizando como fonte superfosfato simples (18% de P), aplicado em sulco de plantio. O autor obteve resposta de 1333 kg ha<sup>-1</sup> sem utilizar a adubação fosfatada e rendimento na maior dose de 177 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> com 4102 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, para cada kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado no solo houve um incremento demonstrado pela EA de 15,6 kg ha<sup>-1</sup> de grãos.

Para o teor de óleo a análise estatística não mostrou efeito para nenhum dos fatores avaliados nem para a interação (área x doses) mostrando que esta variável segue uma

predisposição genética da própria cultura independente das condições estudadas neste trabalho (Figura 7).

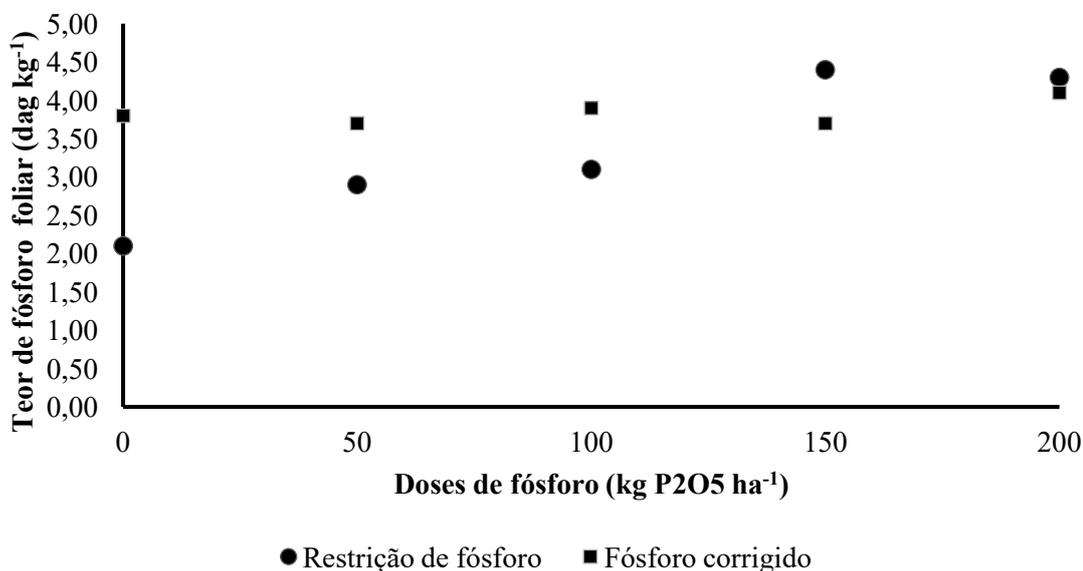


**Figura 7.** Efeito da adição de doses de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) no teor de óleo de grãos da cultura da soja cultivada em área com restrição e com fósforo corrigido no município de Rio Ver – GO. Médias de quatro repetições. CV%= 8,74.

De acordo com Wehrmann et al., (2009) o aumento das doses de fósforo comumente favorece o conteúdo de óleo, o que não foi observado nesse estudo. Gobira et al., (2014) avaliando dois níveis de adubação fosfatada sob condições de alto e baixo fósforo (150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> respectivamente observou teores de óleo dos grãos de soja sob condições de baixo e alto fósforo em torno de 18,98 e 19,27% para a cultivar M8867RR, respectivamente. Cavalcante et al. (2011) em trabalho realizado em o latossolo vermelho distrófico, textura arenosa, com 74 % de areia, 21% argila e 5% de silte e teor de P de 4,10., encontrou valor médio no teor de óleo de 16,75% nos grãos de soja, com o maior teor de óleo de 21,59% na linhagem UFU-101 e menor teor de 13,51% na linhagem UFU-109.

Na avaliação do efeito dos tratamentos no teor de fósforo foliar foi realizada apenas uma análise por tratamento. Pode-se observar um acréscimo no teor de fósforo foliar da soja com aumento das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> para área com restrição de fósforo, enquanto para área com correção de fósforo manteve-se (Figura 8). Segundo Cabral et al. (2020), utilizando fertilizante mineral e organomineral observou que quando aumenta a dose pode-se observar

um incremento no teor de fósforo foliar, podendo ser explicado devido a facilidade que a planta tem em absorver e aproveitar esse fósforo.



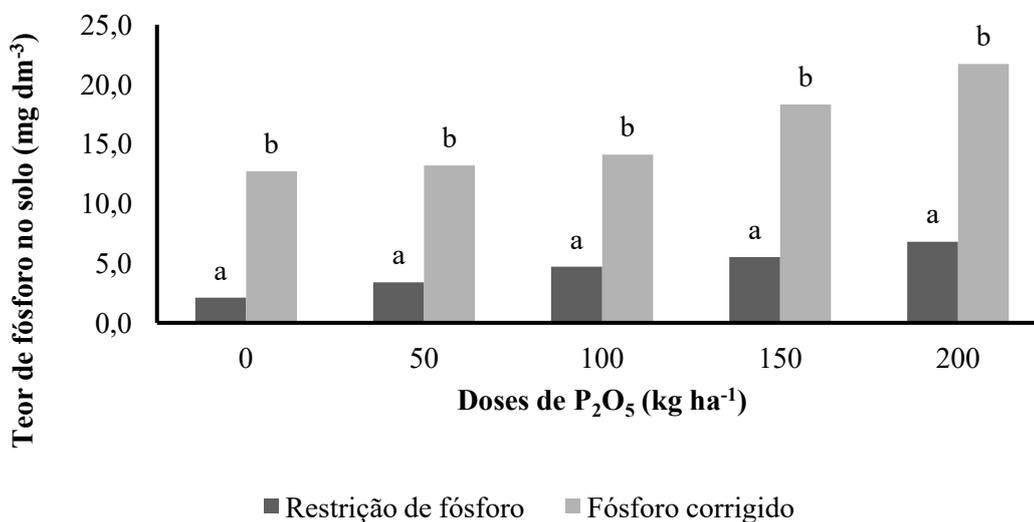
**Figura 8.** Efeito da adição de doses de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) no teor de fosforo foliar na cultura da soja cultivada em área com restrição e com fósforo corrigido no município de Rio Verde–GO.

Em geral, os teores de P são maiores nas plantas que tem o fornecimento em doses adequadas do nutriente P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, com acréscimos nos teores de fósforo foliar de até 18,20% (SOUSA et al., 2012; RUFATTO, 2016).

Em meu presente trabalho intitulado , DOSES DE FÓSFORO NA CULTURA DA SOJA EM CONDIÇÕES DE CERRADO , onde houve adubação fosfatada nas doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na soja com superfosfato triplo em área com restrição de fósforo, mostrou que essa adubação promoveu o aumento no teor de fósforo foliar da soja até a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de P, com a aplicação desta dose de fósforo foi atingido o teor de fósforo foliar de aproximadamente 4,40 dag kg<sup>-1</sup> (media das 4 repartições)., em área com teores de fósforo corrigido, promoveu o acréscimo no teor de fósforo foliar da soja até a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de P, com a aplicação desta dose de fósforo foi alcançado o teor de fósforo foliar de aproximadamente 4,10 dag kg<sup>-1</sup> (media das 4 repartições).

Cabral et al. (2020), em seu trabalho onde houve adubação fosfatada na soja com superfosfato triplo em área com restrição de fósforo, mostrou que essa adubação promoveu o aumento no teor de fósforo foliar da soja até a dose de 61,05 kg ha<sup>-1</sup> de P, com a aplicação

desta dose de fósforo foi atingido o teor de fósforo foliar máximo de aproximadamente 1,68 dag kg<sup>-1</sup> e em área com teores de fósforo corrigido, promoveu o acréscimo no teor de fósforo foliar da soja até a dose de 61,07 kg ha<sup>-1</sup> de P, com a aplicação desta dose de fósforo foi alcançado o teor de fósforo foliar máximo de aproximadamente 2,10 dag kg<sup>-1</sup>.



**Figura 9.** Efeito da adição de doses de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) no teor de fosforo no solo (mg dm<sup>-3</sup>) na cultura da soja cultivada em área com restrição e com fósforo corrigido no município de Rio Verde– GO Médias de quatro repetições.

Neste presente trabalho o aumento nas doses (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), favorecem o aumento da concentração desse nutriente no solo, na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> atingiu 6,8 mg dm<sup>-3</sup>. Em área com teores de fósforo corrigido, promoveu o acréscimo no teor de fósforo no solo na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, com a aplicação desta dose de fósforo foi alcançado o teor de fósforo no solo de 21,7 mg dm<sup>-3</sup>. A adição de fertilizantes ricos em P favorecem o aumento da concentração desse nutriente no solo, assim, as plantas tendem a obter maiores teores de fósforo nas folhas, proporcionando incrementos em todo seu ciclo. (DEON, 2007; SANTOS et al., 2021a).

## 6. CONCLUSÕES

Neste presente trabalho a área com restrição de fósforo, a aplicação desse macronutriente demonstrou efeito tanto no desenvolvimento vegetativo altura de plantas como no reprodutivo da cultura da soja.

Em questão das doses houve incremento observado até a dose 200 kg ha<sup>-1</sup> em área com restrição.

Já em área sem restrição de fósforo a aplicação desse macronutriente não mostrou efeito que justifique a sua aplicação.

Avaliando o teor de óleo, ambas as áreas (com e sem restrição de fosforo), a aplicação de doses crescentes de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, fonte fertilizante Superfosfato triplo não apresenta diferença significativa no rendimento do teor de óleo da soja (variedade DM 68i69IPRO).

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA NETO, F.; GRAVINA, G. A.; SOUZA, N. O. S. et al. Adubação fosfatada na cultura da soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 41, n. 2 p. 266-271, jun, 2010.

CORRÊA FERREIRA, B. S. **Seja o doutor da sua soja**. Informações Agronômicas Nº66 – junho/1994.

CABRAL, F. L. **Desempenho agronômico da soja sob o efeito da adubação organomineral. Tese (Doutorado)**. Instituto Federal Goiano, Rio Verde – GO, 31-77 p., 2021.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014.

CAVALCANTE, A. K. et al. Determinação e avaliação do teor de óleo em sementes de soja pelos métodos de ressonância magnética nuclear e soxhlet. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n.1, p. 8-15, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da safra 2021/2022 brasileira de grãos**. 2022. Disponível em: <<http://www.conab.org.br>>. Acesso em: 17 fev. 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da safra 2019/2020 brasileira de grãos**. 2020. Disponível em: <<http://www.conab.org.br>>. Acesso em: 17 fev. 2022.

DEON M. D. **Crescimento e nutrição mineral da soja submetida a excesso de P, S, K, Ca e Mg em solução nutritiva. Dissertação (Mestrado)**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 72p., 2007.

LEITE, R. C. CARNEIRO, J. S. S.; FREITAS, G.A. CASALI, M. E., SILVA, R. R Adubação fosfatada na soja durante três safras consecutivas na nova fronteira agrícola brasileira. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 28-35, 2017.

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologia de produção de soja – Região Central do Brasil – 2006**. Londrina: Embrapa Soja, Embrapa Cerrados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2005.

FAGERIA, MOREIRA & CASTRO. Response of Soybean to Phosphorus Fertilization in Brazilian Oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.42, p. 2716–2723, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00103624.2011.622819>

FAO. **World Food and Agriculture - Statistical Pocketbook**, 2018. Disponível em: <<https://www.fao.org/documents/card/en/c/CA1796EN>>

FIXEN, P.E. **World fertilizer nutrient reserves**.In: PROCHNOW, L.I., CASARIN, V., STIPP, S.R. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: contexto mundial e práticas de suporte, v. 1, Piracicaba: IPNI, p.93-114, 2014.

FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: O crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**, v. 7, n. 12, p. 1–38, 2011.

FURTADO, G. F.; CHAVES, L. H. G.; SOUZA, L. P.; SOUSA JUNIOR, J. R.; LIMA, G. S.; SOUSA, J. R. M. Índices fisiológicos do girassol em função da adubação com biocarvão e NPK. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v11 n (7), p 1924-1933, 2017.

GOBIRA, R. M.; BASTOS, V. S.; GOBIRA, P. S. S. C.; OSTER, V. V.; SALES, P. V. G. Teor de óleo em grãos de soja cultivadas sob diferentes níveis de fósforo. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.10, n.19, p. 2014.

GONÇALVES, G. K., MEURER, E.J. **Alterações nas concentrações de fósforo em solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34(1), 465-471, 2010. DOI: 10.1590/S0100-06832010000200020

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ D. J.; SHEPPARD, S. C.; **A Importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta.** Piracicaba: Informações agronômicas, 2001. 5p.

HAVLIN, J. L., TISDALE, S. L., NELSON, W. L., BEATON, J. D. **Soil Fertility and Fertilizers.** 8. ed. [s.l.] Prentice Hall, 2013.

KANEKO, F. et al. **Doses e fontes de fósforo na cultura da soja.** Revista Cultura Agronômica, v. 29, n. 4, p. 400-411, 2020.

LEITE, R.C.; CARNEIRO, J.S.S.; FREITAS, G.A.; CASALI, M.E.; SILVA, R.R. Adubação fosfatada na soja durante três safras consecutivas na nova fronteira agrícola brasileira. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 28-35, 2017.

LEMONS, M. L. F., GUIMARÃES, D. D., DA SILVA MAIA, G. B., AMARAL, G. F. Agregação de valor na cadeia da soja. **Agroindústria BNDES Setorial**, v. 46, p. 167-217, 2017.

LOPES, A.S., GUIMARÃES G. L.R. **Uma perspectiva de carreira no manejo do solo na região do Cerrado do Brasil.** In: Avanços em Agronomia. Imprensa Acadêmica, 2016. p. 1-72.

MARIN F. R., MARTHA, G. B., CASSMAN, K. G., Grassini P. Perspectivas para o aumento da produção de cana-de-açúcar e bioetanol na área de cultivo existente no Brasil. **Bio science**, v. 66, n. 4, pág. 307-316, 2016.

MARIN, R. S. F., BAHRY, C.A., NARDINO, M., ZIMMER, P. D. Efeito da adubação fosfatada na produção de sementes de soja. **Rev. Ceres**, v. 62, n.3, p. 265-274, 2015.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3. ed. London: Academic Press, 2012.

NOVAIS, R.F., SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Universidade Federal de Vicosa, Vicosa, MG (Brasil). Dept. de Solos, 1999.

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. **15 Fertilidade do Solo**. Viçosa, SBCS, 2007. 1017p.

OGINO, C. M., COSTA, G., POPOVA, N. D., MARTINES, J. G. Poder de compra, preço e consumo de fertilizantes minerais: uma análise para o centro-oeste brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, 2020.

OLIVEIRA, C. M. B., GATIBONI, L. C., ERNANI, P. R., BOTT, G., BRUNETTO, G. Capacidade de predição da disponibilidade de fósforo em solo com aplicação de fosfato solúvel e natural. **Científica**, p. 413 – 419, 2015.

OLIVEIRA, R. L. L.; ALVES, J. D. N.; ABADE, M. T. R.; SALDANHA, E. C. M.; OKUMURA, R. S. Resposta da soja a adubação fosfatada em latossolo amarelo no nordeste paraense. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**, v. 10, n. 18, p. 2681–2689, 2014.

PÍPOLO, A. E., HUNGRIA, M., FRANCHINI, J. C., BALBINOT JUNIOR, A. A., DEBIASI, H., MANDARINO, J. M. G. **Teores de óleo e proteína em soja: fatores envolvidos e qualidade para a indústria**. Embrapa Soja - Comunicado Técnico (INFOTECA-E), p. 1–15, 2015.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres. 303p., 1991.

REIS, N. P. **Perspectivas para o fósforo**. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DO SETOR DE FERTILIZANTES. **Anais...**São Paulo: ANDA, 2002.

RESENDE, A. V., FURTINI NETO, A. E. **Aspectos relacionados ao manejo da adubação fosfatada em solos do Cerrado**. Documentos Embrapa - Cerrados, v. Documento, n. 4, p. 32, 2007.

REZENDE, P. M.; GRIS, C.F.; CARVALHO, J.G.; GOMES, L.L.; BOTTINO, L. Adubação foliar. I. Épocas de aplicação de fósforo na cultura da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.6. p.1105-1111, 2005.

RICHARDSON, A. E. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 28, p. 897–906, 2001.

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

RUFATTO, L. S. **Teor foliar de macronutrientes em diferentes cultivares de soja (Glycine max (L) Merrill) sob fontes de fósforo no município de Paragominas, Pará**. Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Paragominas - PA, 41p., 2016.

SANTINI, J. M. K., BUZETTI, S., PERIN, A., DE SOUZA CASTRO, C. F., FURQUIM, L. C., NUNEZ, D. N. C., CABRAL, A. C. Dinâmica do fósforo em solos de alta fertilidade: fontes e doses fosfatadas em cultivo da cultura de soja no Cerrado. **Cientific@-Multidisciplinary Journal**, v. 6, n. 2, p. 14-23, 2019.

SANTOS, D. R., GATIBONI, L. C., KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.38, n.2, mar-abr, 2008.

SANTOS, J. K. F.; CABRAL FILHO, F. R.; BASTOS, A. V. S.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SILVA, E. C.; SANTOS, E. A.; VIDAL, V. M.; MORAIS, W. A.; AVILA, R. G.; SOARES, F. A. L. Desenvolvimento de plantas de milho submetidas a doses de adubação NPK mineral e organomineral. **Research, Society And Development**, v. 10, p. e41210515123-e41210515138, 2021b.

SCHOLZ, R. W., WELLMER, F. W. Perdas e eficiências de uso ao longo do ciclo do fósforo. Parte 1: Dilemas e perdas nas minas e outros nós da cadeia de suprimentos. **Recursos, Conservação e Reciclagem**, v. 105, p. 216-234, 2015.

SHEN, J., YUAN, L., ZHANG, J., LI, H., BAI, Z., CHEN, X., ZHANG, F. Phosphorus Dynamics: From Soil to Plant. **Plant Physiology**, v. 156, n. 3, p. 997–1005, 2011.

SOUSA, G., NUNES, R. D. S., REIN, T. A., SCIENCES, C. (2016). **Manejo da Adubação Fosfatada para Culturas Anuais no Cerrado**. 1 ed. Planaltina: Embrapa Cerrados. 10 p. (Circular Técnica 33).

SOUSA, D. M. G. de; NUNES, R. S.; REIN, T. A.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. dos. **Manejo do fósforo na região do Cerrado**. In: FLORES, R. A.; CUNHA, P. P. da (Ed.). Práticas de manejo do solo para adequada nutrição de plantas no Cerrado. Goiânia: UFG, 2016. p. 291-358.

SOUSA, D. M. G. Fósforo. In: **Boas Práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba SP, 2014.

SOUSA, D. M. G., LOBATO, E., REIN, A.T. **Adubação fosfatada**. In: SOUSA, D. M. G., LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2004.

SOUSA, A. E. C.; LACERDA, C. F.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A. L.; UYEDA, C. A. Teores de nutrientes foliares e respostas fisiológicas em pinhão manso submetido a estresse salino e adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 144- 152, mar.-jun., 2012.

SILVA, R.R.; LEITE, R.C.; FREITAS, G.A.; SILVA, P.S.S.; CARNEIRO, J.S.S. Eficiência de fertilizante fosfatado na cultura da soja no cerrado baiano. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.11, n.4, p.13-22, 2015.

SUZUKI, Y., MAKINO, A., MAE, T. An efficient method for extraction of RNA from rice leaves at different ages using benzyl chloride. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, n. 360, p. 1575–1579, 2001.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. - Porto Alegre: Artmed. 2013. 918 p.

VALADÃO JÚNIOR, D. D.; BERGAMIN, A. C.; VENTUROSOS, L. R. et al. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, v.9, n.3, p.369-375, 2008.

VILAR, C. C., VILAR, F. C. M. Comportamento do fósforo em solo e planta. **Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 37–44, 2013.

WEHRMANN, M. E. VIANNA, J.N. DUARTE, L.M.G. **Biodiesel de Soja: Política Energética, Contribuição das Oleaginosas e Sustentabilidade**. Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, 2009.

WITHERS, P. J., RODRIGUES, M., SOLTANGHEISI, A., CARVALHO, T. S., GUILHERME, L. R., BENITES, V. D. M., PAVINATO, P.S. Transições para o manejo sustentável do fósforo na agricultura brasileira. **Relatórios Científicos**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2018.

YAMADA, T., ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004, 726 p.