



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROF^a CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM FITOTECNIA



**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO FÓSFORO EM DIFERENTES
SATURAÇÕES DE BASE NA PRODUTIVIDADE DA SOJA EM
SOLOS DO CERRADO**

ROSILENE DE MORAIS DA SILVA

BOM JESUS, PI
2018

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO FÓSFORO EM DIFERENTES
SATURAÇÕES DE BASE NA PRODUTIVIDADE DA SOJA EM
SOLOS DO CERRADO**

ROSILENE DE MORAIS DA SILVA

Engenheira Agrônoma

ORIENTADOR: PROF. DR. FÁBIO MIELEZRSKI

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. JOÃO CARLOS MEDEIROS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Fitotecnia da Universidade Federal do Piauí-UFPI, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração (Fitotecnia).

BOM JESUS, PI

2018

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO FÓSFORO EM DIFERENTES
SATURAÇÕES DE BASE NA PRODUTIVIDADE DA SOJA EM
SOLOS DO CERRADO**

Por

ROSILENE DE MORAIS DA SILVA

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM AGRONOMIA Área de Concentração (Fitotecnia)

Aprovado em: / /



Prof. Dr. Fábio Mielezski (Orientador)
UFPI (CPCE)
Departamento de Agronomia



Prof(a). Dr(a). Edna Ursulino Alves
UFPB
Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais



Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias
UFPB
Departamento de Solos e Engenharia Rural

A minha mãe Helena P. de Moraes e meu pai Carmenom M. da Silva por acreditarem e incentivarem nas escolhas que faço na vida.

DEDICO

AGRADECIMENTO

À Deus por sua presença na minha vida e infinita bondade sempre me conduzindo pelos melhores caminhos.

Aos meus pais Helena Moraes e Carmenon Silva pelo apoio e amor em todos os momentos. Aos meus irmãos Edinólia, Cleuton e Nária, pelo apoio e incentivo. Aos meus sobrinhos Dáfane, Móyses, Gabriel e Kaio pela alegria que renova todas as forças, e a todos os demais familiares pelo apoio nessa jornada.

A Fabricio Sales pelo amor, companheirismo e por se fazer presente em todas as horas, fossem elas serenas ou turbulentas.

A meu orientador Fábio Mielezski pelos ensinamentos, pela paciência e compreensão.

Aos meus colegas e amigos da UFPI, em especial ao Linconl, Erick, Ennus Raimundo e Jaqueline pela imensa colaboração no decorrer deste trabalho.

À Universidade Federal do Piauí (UFPI/CPCE) pela oportunidade de cursar Pós-Graduação em Agronomia-Fitotecnia. A todo o corpo docente e funcionários que compõem essa instituição e que contribuíram para minha formação acadêmica; a CAPES pela concessão da bolsa.

A todos o meu mais profundo agradecimento, pois sem a ajuda de vocês com certeza a jornada seria muito mais árdua.

SUMÁRIO

Lista de tabelas	vii
Lista de figuras	viii
Resumo	ix
Abstract	x
1.0 INTRODUÇÃO	11
2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Importância agrícola da cultura da soja	12
2.2 Morfologia e fenologia da soja	13
2.3 Ecofisiologia da soja	14
2.4 Importância do fósforo	15
2.5 Eficiência agronômica	16
3.0 MATERIAL E MÉTODOS	18
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.0 CONCLUSÕES	32
6.0 REFERÊNCIAS	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química do solo, experimento 01 (Casa de vegetação). Bom Jesus, 2017	20
Tabela 2. Caracterização química do solo, experimento 02 (Campo). Bom Jesus, 2017	21
Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis do experimento em casa de vegetação. Bom Jesus, 2017	22
Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis do experimento a campo. Bom Jesus, 2017.	23
Tabela 5. Eficiência Agronômica do fósforo na cultura da soja. Experimento em campo e casa de vegetação. Bom Jesus,2017.....	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados climáticos ocorridas em Bom Jesus-PI,2017, durante a condução dos experimentos	17
Figura 2. Comportamento do fósforo no solo com o aumento da saturação de base. Experimento casa de vegetação (A). Experimento campo (B), Bom Jesus-PI.....	22
Figura 3. Número de grãos por planta. Experimento campo, Bom Jesus-PI.....	24
Figura 4. Número de grãos por planta. Experimento casa de vegetação (A). Experimento campo (B), Bom Jesus-PI.....	24
Figura 5. Número de vagens por planta. Experimento campo, Bom Jesus-PI.....	26
Figura 6. Número de vagens por planta. Experimento casa de vegetação. Saturação por base (A). Doses de fósforo (B), Bom Jesus-PI.....	26
Figura 7. Produtividade de grãos. Experimento campo, Bom Jesus-PI.....	28
Figura 8. Produtividade de grãos. Experimento casa de vegetação. Saturação de base (A). Doses de fósforo (B), Bom Jesus-PI.....	28

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO FÓSFORO EM DIFERENTES SATURAÇÕES DE BASE NA PRODUTIVIDADE DA SOJA EM SOLOS DO CERRADO

Resumo: A disponibilidade do fósforo junto à semente proporciona uma lavoura mais uniforme, garante um estande mais vigoroso, com maior potencial produtivo. Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a eficiência agronômica do fósforo em diferentes saturações de base na produtividade da soja. Foram conduzidos dois experimentos na safra 2016/2017. O primeiro experimento foi desenvolvido em casa de vegetação e o segundo em campo, ambos realizados na área experimental da Universidade Federal do Piauí. Para os dois experimentos foram aplicadas quatro doses de fósforo (recomendada pela análise de solo, 25% e 50% acima da dose recomendada pela análise e o controle), em três saturações por base (50%, 60% e 70%), o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Foram feitas análises do número de vagens por planta, número de grãos por planta, altura da inserção da primeira vagem, massa de mil grãos e produtividade. Os resultados dos experimentos indicaram que não houve interação significativa entre os tratamentos. Para o experimento em campo as doses de fósforo proporcionaram um aumento do número de vagens por planta e no número de grãos por planta, conseqüentemente proporcionou maior produtividade. Para o experimento em casa de vegetação o fósforo e a saturação por base apresentaram efeitos de forma isolada, a saturação por base de 70% contribuiu para a maior eficiência da adubação fosfatada, com um incremento na produção de grãos de soja. O crescente aumento das doses de fósforo proporcionou os melhores resultados nas variáveis avaliadas. Conclui-se com essa pesquisa que a aplicação de fósforo em solos do Cerrado apresenta uma eficiência agronômica de 14,7 e 17,30 kg de grãos de soja por quilograma de fósforo aplicado, dentro dos padrões de altos rendimentos.

Palavras chave: calcário, adubação fosfatada, componentes de rendimento

AGRONOMIC EFFICIENCY OF PHOSPHORUS IN DIFFERENT SATURATIONS BASED ON SOYBEAN PRODUCTIVITY ON CERRADO SOILS

Abstract: The availability of phosphorus is at the disposal of a more uniform crop, guarantees a greater vigor, with greater productive potential. The objective of this research was to evaluate the agronomic efficiency of phosphorus in different saturations per base in soybean yield. Two experiments were conducted in the 2016/2017 harvest. The first experiment was carried out in a greenhouse and the second in the field, both carried out in the experimental area of the Federal University of Piauí. The experimental design was a randomized complete block design with four doses of phosphorus (25% and 50% higher than the dose for analysis and control), in three saturations per base (50%, 60% and 70%). four replicates. Analyzes were made of the number of pods per plant, number of grains per plant, height of first pod insertion, mass of one thousand grains and productivity. The results of the experiments indicated that there was no significant interaction between the treatments. For the field experiment the doses of phosphorus an increase in the number of pods per plant and in the number of grains per plant, consequently increased productivity. For the greenhouse experiment, phosphorus and base saturation showed effects in an isolated manner, the saturation by 70% contributed to the higher efficiency of phosphate fertilization, with an increase in the production of soybean grains. The increasing phosphorus doses gave the best results in the evaluated variables. It is concluded with this research that the application of phosphorus in Cerrado soils presents an agronomic efficiency of 14.7 and 17.30 kg of soybean grains per kilogram of phosphorus applied, within the high yielding standards.

Key words: Limestone, phosphate fertilization, yield components

1.0 INTRODUÇÃO

A Soja [*Glycine max* (L.) Merr.] é uma cultura que apresenta ampla capacidade de crescer em solos e climas variados, estas condições tornam essa uma cultura versátil e uma das mais cultivadas globalmente (Loman e Ju, 2017). Isto ocorre principalmente em sistemas comerciais de grande escala, como nos EUA, Brasil, Argentina, China e Índia (FAO, 2016). É cultivada em todo território brasileiro sendo uma das mais importantes culturas para exportação, bem como para o consumo nacional.

A região do bioma Cerrado é líder na produção de soja no Brasil (Dall’Agnol, 2016), entretanto seus solos são altamente intemperizados, o que geralmente caracteriza-se pela baixa disponibilidade de nutrientes às plantas (Silva et al., 2015), e apresentam mais de 95% de sua área com características distróficas e níveis de pH entre 4,8 e 5,2, indicando a típica condição ácida desses solos (AZEVEDO et al., 2007). O manejo do mesmo através da correção da acidez e do fornecimento em níveis adequados dos nutrientes (França-Neto et al., 2016) é um dos fatores que garantem que a soja seja produzida nessa região do Brasil.

Dentre os nutrientes essenciais para a cultura da soja, o fósforo (P) é limitante para o crescimento e indispensável em vários fatores fisiológicos e processos bioquímicos (Simpson et al., 2011; Wang et al., 2014). É essencial na divisão celular, participa no crescimento da parte aérea e sistema radicular, assim como na reprodução e no metabolismo vegetal (fotossíntese, respiração e síntese de compostos) (Taiz e Zieger, 2009).

A eficiência dos nutrientes é considerada a relação entre a produção obtida e os insumos aplicados, ou seja, quantidade de matéria seca ou grãos produzidos por unidade de nutriente aplicado (Fageria, 1998). Isto pode ser afetado pelas propriedades do solo, pelas fontes de fósforo, modos de aplicação e espécies vegetais (Chien e Menon, 1995). Especificamente nos solos de cerrado pode ser também facilitada pela calagem, isso porque é considerada como uma das práticas que mais contribui para o aumento da produtividade e da rentabilidade agropecuária (Lopes e Guilherme, 2000), pois eleva a

saturação por base, reduz a adsorção/precipitação de P no solo, aumentando sua disponibilidade para a absorção das plantas (Zoz et al., 2009)

O suprimento adequado do fósforo também é de grande importância para uma boa produtividade da soja (França-Neto et al., 2016). Isso porque a medida que se aumenta as doses de P na nutrição das plantas aumenta-se também o acúmulo deste nas diferentes partes da planta (Trevizam et al., 2013).

Diante da possibilidade de obterem maiores ganhos na produção de soja, nesta pesquisa, objetivou-se avaliar a eficiência agrônômica do fósforo em diferentes saturações de base na produtividade da soja.

2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância agrícola da cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), é a principal oleaginosa produzida no mundo, atrás do milho, trigo e arroz, sendo o quarto grão mais consumido e produzido globalmente (Hirakuri e Lazzarotto 2014), por isso a sua indiscutível importância no mercado internacional de *commodities* agrícolas (IBGE, 2008). Cultivada no país desde a década de 50, porém, somente em meados da década de 70, com a obtenção de cultivares adaptadas a baixas latitudes, começou à expansão da fronteira agrícola para o Cerrado, uma região que vem ganhando destaque na produção dessa cultura, isso porque possui condições climáticas adequadas ao cultivo, possuindo aproximadamente 25% da área total do Brasil (Oliveira Junior et al., 2008).

A soja apresenta um crescimento expressivo, com uma produção de 113.024,6 mil toneladas na safra 2017/2018, com um sólido mercado internacional se destacando no agronegócio sendo uma das grandes responsáveis pelo desempenho econômico brasileiro (Conab, 2018), consolidando como uma oleaginosa de importante fonte de proteína vegetal, com 40% de proteína, e 20% de lipídios nos grãos, usada tanto na alimentação humana como animal, por conta disso possui um largo emprego industrial e mercado interno e externo com grande demanda de consumo (Santana et al., 2011).

Um dos fatores de grande relevância no lucro do empreendimento agrícola é o estado nutricional adequado da cultura, além de doenças e a fertilidade do solo, esses fatores são responsáveis pela oscilação da produtividade (Peske et al., 2009). Portanto são necessários alguns cuidados quando a cultura está no campo, e conhecer se as plantas estão ou não bem nutridas, é um fato decisivo, pois é do adequado estado nutricional que depende a produção da cultura (Prado et al., 2010).

2.2 Morfologia e fenologia da soja

A soja é uma planta anual, autógama, ereta, herbácea, suas características morfológicas são variadas e podem ser influenciadas pelo ambiente, seu ciclo pode levar de 75 dias para as mais precoces e 200 dias para as mais tardias, como a altura que pode variar de 30 a 200 cm, apresentando mais ou menos ramificações (Borém, 1999).

O sistema radicular é pivotante, com a raiz principal bem desenvolvida e raízes secundárias em grande número, em condições normais de cultivo, distribui-se quase totalmente nos primeiros 150 mm do solo (Voltan et al, 2000). Nelas são encontradas um grande número de nódulos, resultantes da simbiose com bactérias do gênero *Bradirhizobium*, que fixam o nitrogênio do ar presente no solo, repassando para planta na forma de nitrato em troca de hidratos de carbono, reduzindo os gastos com adubação nitrogenada (Mascarenhas et al., 2005).

O caule se desenvolve a partir do eixo embrionário, após o início da germinação, sendo ele herbáceo, ereto, pubescente e ramificado (Matsuo, 2009). O porte variável de 0,60 cm a 1,50 m, é bastante ramificado, com os ramos inferiores mais alongados e todos formando ângulos variáveis com haste principal (Missão, 2006).

As plantas de soja possuem tipos distintos de folhas à medida que vão se desenvolvendo, as cotiledonares, as unifolioladas, as trifolioladas, que possuem tamanhos, formatos e posicionamentos diferentes, possui flores que apresentam cálice, corola, androceu e gineceu, e ocorrem em racemos terminais ou axilares, variando de 2 a 35 por racemo, sua abertura ocorre pela manhã, de acordo com condições de temperatura e umidade, é uma planta de dias curtos, ou seja, precisa de um mínimo de horas de noite para indução floral, o fruto é do tipo vagem e pode chegar a 400 frutos por planta, com número variando de um a cinco sementes por vagem (Sediyama, 2009).

Possui hábito de crescimento, determinado ou indeterminado, que varia de acordo com as características do ápice do caule principal, com estádios de desenvolvimento classificados como vegetativo e reprodutivo (Mendonça et al., 2002).

O estágio vegetativo denominado VE representa a emergência dos cotilédones, o estágio VC é considerado quando os cotilédones se encontram completamente abertos e expandidos. A partir do VC, as subdivisões dos estádios vegetativos são numerados sequencialmente em V1, V2, V3, V4, V5, V6,...Vn, onde n é o número de nós acima do nó cotiledonar, com folha completamente desenvolvida, assim uma plântula está em V1 quando as folhas unifolioladas estiverem completamente desenvolvidas, e quando a primeira folha trifoliolada estiver completamente desenvolvida caracteriza-se estágio V2, dessa forma também acontece para os demais estádios V3,V4,V5,V6 e Vn (Farias et al., 2007).

Os estádios reprodutivos período que vai do florescimento a maturação são denominados pela letra R, seguidas de números, abrange quatro distintas fases, florescimento R1 e R2, desenvolvimento a vagem R3 e R4, desenvolvimento do grão R5 e R6 e maturação das plantas R7 e R8 (Fehr e Caviness, 1977).

2.3 Ecofisiologia da soja

A temperatura, o fotoperíodo e a disponibilidade hídrica são os elementos básicos do ambiente que influencia o desenvolvimento da soja, a temperatura em condições ótimas para germinação e emergência das plântulas de soja está entre 20°C e 30°C, esta também é a temperatura adequada do solo para a semeadura, sendo 25°C a temperatura ideal, pois possibilita uma rápida e uniformização das plantas (Gianluppi, 2019). Em regiões com temperaturas menores ou iguais a 10°C graus são impróprias para o seu cultivo, pois nesses locais o crescimento vegetativo da soja é pequeno ou nulo (Farias et al., 2007).

Para que ocorra a floração é necessário uma temperatura acima de 13°C, entretanto pode acontecer floração precoce devido a temperaturas mais altas, e com isso acarretar diminuição na altura de planta (Mundstock e Thomas, 2005).

O fotoperíodo é um fator de suma importância para se determinar a proporção relativa entre os períodos vegetativos e reprodutivos em plantas de soja, ocorrendo o

florescimento máximo com o ciclo de 12 horas de luz e 12 horas de escuro, fotoperíodos muito distantes dos ideais pode interferir no crescimento, na maturação, altura de planta, peso de sementes, número de ramificações, vagens por planta, entre outros, sendo a soja considerada uma planta de dias curtos, apesar de haver uma variação na demanda fotoperiódica, entre cultivares (Sedyama, 2009).

O ciclo de desenvolvimento e a caracterização da duração das fases em função do grupo de maturação tem grande importância na produção de soja, pois poderá auxiliar a assistência técnica e os produtores a definirem práticas de manejo para alcançar o potencial genético de cada cultivar (Zanon Junior et al., 2015). Sendo que esses grupos de maturação variam de 0 a 10, ou seja, quanto maior é o seu número, mais próximo ao Equador será sua região de adaptação, e no Brasil os grupos indicados variam de 5.5 a 10 (Penario, 2000). E para o Piauí os grupos de maturidade indicados são de 8 a 9 (Embrapa, 2016).

A implantação da lavoura de soja deve ser realizada sob condições de suficiente umidade e aeração no solo, e a necessidade de água vai aumentando com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante a floração e enchimento de grãos (7 a 8 mm/dia), diminuindo após esse período, déficits hídricos expressivos, durante a floração e o enchimento de grãos, provocam alterações fisiológicas na planta, como o fechamento estomático e o enrolamento de folhas e, como consequência, causam a queda prematura de folhas e de flores e abortamento de vagens, resultando, por fim, em redução do rendimento de grãos (PAS, 2005).

A altas temperaturas associadas a períodos de alta umidade contribuem para diminuir a qualidade da semente desta cultura, podendo ocorrer danos mecânicos a semente durante a colheita, temperaturas baixas na fase da colheita, associadas a período chuvoso ou de alta umidade, podem provocar atraso na data de colheita, bem como haste verde e retenção foliar (Neumaier et al., 2000).

2.4 Importância do fósforo

Na região dos Cerrados o fósforo (P) é o elemento que limita mais frequentemente a produção das culturas (Valadão Júnior et al. 2008). Nas células vegetais é um importante componente integral, incluindo fosfato-açúcares intermediários da respiração e

fotossíntese, bem como os fosfolipídios que compõem as membranas vegetais (Taiz e Zeiger, 2004) atua na síntese de amido, síntese de gorduras, absorção iônica, respiração, multiplicação, diferenciação celular e herança genética, o fósforo é acumulado principalmente nos frutos e sementes, e dessa forma garante vigor e transferência de energia (Malavolta, 2006).

O suprimento adequado de P é essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta, sendo que as limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo pode comprometer o desenvolvimento da planta, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados (Grant et al, 2001). Isso porque ele é o elemento que tem um importante papel em todos os metabólitos relacionados com aquisição e utilização de energia (Prado, 2010).

Na adubação das culturas do Cerrado o fósforo é o nutriente mais utilizado devido à sua forte interação com o solo (Araújo et al., 2005), que geralmente possui uma acidez alta, com alta saturação de alumínio e baixa saturação por base (Watanabe et al., 2005), e os teores de fósforo são geralmente muito baixos e nesta região têm alta capacidade de reter o P na fase sólida, e sua deficiência tem sido um dos mais maiores limitações para aumentar a produtividade das culturas nestas regiões, com a produção de alimentos sendo altamente dependente sobre o uso de adubos de fosfato (Schoninger et al. 2012).

Os nutrientes precisam estar presentes no solo em quantidades suficientes, e em relações equilibradas, para que dessa forma possam ser aproveitados pelas culturas. A soja é uma cultura muito exigente em todos os macronutrientes, e a insuficiência ou o desequilíbrio entre esses nutrientes pode resultar em uma absorção deficiente de alguns e excessiva de outros (Sfredo, 2008). Segundo Bedin, et al (2003) a produtividade das culturas depende, do adequado suprimento de nutrientes e a adubação com fósforo promove aumento na produção de matéria seca da parte aérea e de grãos na soja.

2.5 Eficiência agronômica

O aumento da produtividade das culturas está relacionado com a nutrição de plantas, e para que uma cultura possa manifestar todo o seu potencial genético por meio da produção de um alimento, é necessária uma nutrição adequada, tendo a sua disposição durante todo o seu ciclo vital os nutrientes em quantidades adequadas para que possam

cumprir as suas funções no metabolismo vegetal (Prado, 2008). Pois as plantas respondem prontamente a falta ou o excesso dos nutrientes (Sfredo, 2008). E o fornecimento desses nutrientes contribui não só para o aumento da produtividade como também para os custos na produção, devido a isso a otimização da eficiência nutricional é de suma importância para aumentar a produtividade e diminuindo os custos de produção (Fageria, 1998).

Devido à importância do fósforo na exportação pelas culturas, tecnologias sustentáveis de produção estão sendo utilizadas visando melhorar sua eficiência agrônômica (Trevizam et al 2013). Esta eficiência pode ser afetada pelas propriedades do solo, pelas fontes de fosfato, modos de aplicação e espécies vegetais (Chien e Menon, 1995).

É o macronutriente menos absorvido pelas plantas, entretanto é o mais utilizado nas regiões tropicais e subtropicais, devido a sua grande interação com os óxidos de Fe e Al (Vilar, et al., 2010). Proporciona maior potencial de vigor nas de sementes de soja (Guerra et al 2006), e a medida que se aumenta as doses de P na nutrição das plantas aumenta-se também o acúmulo deste nas diferentes partes da planta (Trevizam et al 2013). Fageria (2001) trabalhando com P verificou que do total de P acumulado pelas plantas de soja, 67% é translocado para os grãos e o restante se distribui na parte aérea.

A eficiência agrônômica pode ser facilitada pela calagem, isso porque é considerada como uma das práticas que mais contribui para o aumento da produtividade e da rentabilidade agropecuária (Lopes e Guilherme, 2000).

A calagem em solos do Cerrado é frequentemente utilizada devido os solos dessa região apresentarem características de solos ácidos e quimicamente pobres, tornando-se necessário adicionar ao solo grandes quantidades de calcário e adubo mineral, e dessa forma onerando o custo de produção (Correia e Durigan, 2008). Resultados obtidos por Caires (1998) apontam que a aplicação de calcário na superfície do solo proporciona aumento da saturação por base e redução do alumínio trocável até 20 cm de profundidade, e com o tempo aumentar os valores do pH de acordo com as doses de calcário aplicado.

A adequada correção do pH de acordo com cada cultura é de extrema relevância, pois é uma das propriedades químicas do solo mais importantes para a determinação da produção agrícola, pois os solos ácidos causam deficiência ou toxicidade nutricional, baixa atividade dos microrganismos além de abaixa capacidade de retenção de água (Fageria,

2000). Um elevado pH do solo aumenta os teores de Ca, Mg e a saturação por bases, entretanto reduz os teores de H + Al e Mn (Fageria, 2001).

3.0 MATERIAL E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Foram realizados dois experimentos, ambos implantados nas safras agrícolas 2016/2017, com a cultura da soja, cultivar FTR 1186 IPRO, hábito de crescimento indeterminado, grupo de maturação 8.6. O estudo foi realizado na área experimental da Universidade Federal de Piauí - UFPI, Campus Professora Cinobelina Elvas, em Bom Jesus, no Piauí, no Brasil. A área apresenta as coordenadas 09°04'46.3 "S, 44°19'37,5" W, com altitude média de 282 m. O clima, de acordo com a classificação Köppen é o Aw tipo, caracterizado por ser quente e úmido com uma temperatura média entre 24°C. A precipitação média anual em torno de 1100mm, com precipitação concentrada no período de novembro a março. Foram coletados os dados climáticos da estação meteorológica da UFPI durante a execução dos experimentos, como apresentado na Figura 1.

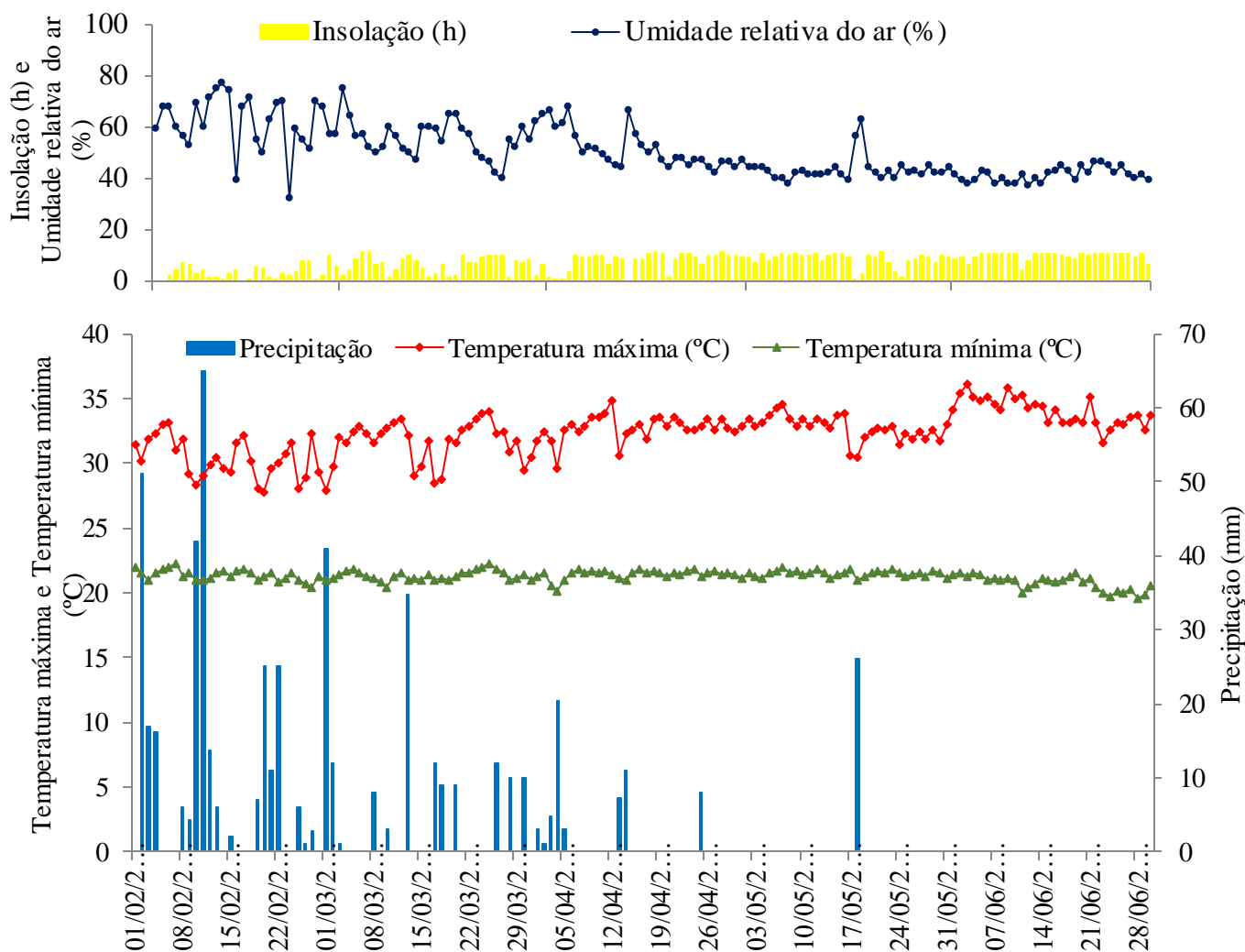


Figura 1. Dados climáticos ocorridas em Bom Jesus-PI,2017, durante a condução dos experimentos

EXPERIMENTO 01

O experimento foi desenvolvido em janeiro de 2017 em casa de vegetação, em vasos plásticos com capacidade para 14 quilos de solo. O solo utilizado foi um Latossolo Amarelo distrófico, coletado em camadas de (0-20 cm) em área de Cerrado no município de Bom Jesus -PI. Após a coleta o solo foi homogeneizado, peneirado e submetidos a análises químicas, e de acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, 60 dias antes da semeadura aplicou-se o calcário dolomítico com PRNT de 88% em quantidades diferentes, 0 (zero), 464g/parcela e 928g/parcela, (cada parcela era representada por 16

vasos, no total de 48 vasos), a fim de se obter três valores de saturação de base 50, 60 e 70% respectivamente.

No mesmo dia da semeadura realizou-se a adubação fosfatada de forma individual em cada vaso, utilizando quatro doses de fósforo: dose recomendada pela análise do solo (3,99g/vaso), 25% acima da dose recomendada (4,89g/vaso) e 50% acima da dose recomendada (5,98g/vaso), e o controle (0% de fósforo), a fonte de fósforo utilizada foi o superfosfato simples. Houve também adubação com Cloreto de potássio de forma semelhante para todos os tratamentos.

Em cada balde foram semeadas cinco sementes de soja, e após o desbaste deixou-se apenas três plântulas em cada vaso.

O delineamento experimental utilizado foi em Blocos Casualizados (DBC), no esquema fatorial 3 (saturação de base) x 4 (doses de fósforo), com quatro repetições. Cada vaso representava uma unidade experimental.

Tabela 1. Caracterização química do solo, experimento 01 (Casa de vegetação). Bom Jesus, 2017

pH	H+ Al	Al	Ca	Mg	K	SB	T	P	K
H ₂ O			-----cmolc dm ³ -----					-----mg dm ³ -----	
5,3	3,30	0	2,32	0,67	0,33	3,32	6,62	2,9	130,1
Cu	Fe	Mn	Zn	V	m	MO	Argila	Silte	Areia
	ng dm ³			%	%		g/kg		
1,35	275,13	302,45	3,98	50,2	0	12,03	162	758	80

EXPERIMENTO 02

O experimento foi implantado a campo em fevereiro de 2017 a coleta de solo para análise química e física (Tabela 2) foi realizada por amostragens na camada de 0 a 0,20 m de profundidade. O solo foi preparado por meio de grade niveladora passada em toda a área experimental, esta delimitada em 432m², divididas em quatro blocos, e de acordo com a análise de solo foi aplicado calcário a fim de obter três valores de saturação de base 50, 60 e 70% com as respectivas doses (0; 9,5kg; 13,1kg de calcário/parcela), bem como as doses de fósforo: recomendada pela análise (601,1g/subparcela), 25% (751,5g/subparcela) e 50% (901,8g/subparcela) acima da dose recomendada e o controle 0%.

A aplicação do calcário foi realizada 60 dias antes da semeadura da soja, utilizando o calcário dolomítico com PRNT de 88%. A adubação fosfatada foi realizada junto com a semeadura no sulco utilizando como fonte o superfosfato simples. Houve

também adubação com Cloreto de potássio de forma semelhante para todos os tratamentos. A semeadura foi realizada manualmente, distribuindo 18 sementes na linha de plantio, onde posteriormente foi realizado o desbaste deixando apenas 9 plantas por linha. A unidade experimental foi representada em 9m² constituída por 9 linhas de plantio de 3 metros de comprimento com espaçamento de 0,45 cm. E a área útil de cada parcela foi constituída pelas 5 linhas centrais, excluindo-se as 2 linhas de cada extremidade.

O delineamento experimental utilizado foi em Blocos Casualizados (DBC), com parcelas subdivididas 3 (saturação de bases) x 4 (doses de fósforo), com quatro repetições.

As avaliações do experimento 01 foram avaliadas as plantas da unidade experimental (vaso) e no experimento 02, foram marcadas, de forma aleatória, 5 plantas da área útil da parcela, para avaliação dos componentes de rendimento da cultura.

Tabela 2. Caracterização química do solo, experimento 02 (Campo). Bom Jesus, 2017

pH	H+Al	Al	Ca	Mg	K	SB	T	P	K
$\frac{H_2O}{2}$			-----cmolcdm ³ -----					-----mg dm ³ -----	
5,3	2,64	0	1,42	0,51	0,39	2,32	4,96	15,8	150,8
Cu	Fe	Mn	Zn	V	m	M.O	Argila	Silte	Areia
	mg dm ³			%			g/kg		
0,08	76,21	12,21	3,03	49,7	0	13	100	173	727

Foram realizadas avaliações de rendimento, conforme descritas a seguir:

- Altura da inserção da primeira vagem: em cm, medida a partir da superfície do solo até a extremidade inferior da primeira vagem.
- Número de grãos por planta – contados os números de grãos de cada planta anotando separadamente, depois obtendo-se a média (Dalchiavon e Carvalho, 2012).
- Número de vagens por planta: obtido pela relação entre o número total de vagens e o número total de plantas coletadas da área útil da parcela (Petter et al., 2012).
- Massa de 1000 grãos: Foram separadas e pesadas oito repetições de 100 grãos. E o resultado expresso em gramas.
- Produtividade de grãos: foram utilizadas as plantas da área útil da parcela. Obteve-se a massa dos grãos das plantas coletadas e foi definida a produção média das plantas na parcela e transformados para kg ha⁻¹ (grau de umidade de 13% na base úmida) (Barbosa et al., 2014).

Além dos componentes de rendimento calculou-se:

f) Eficiência agronômica: expressa pelo seguinte cálculo (Fageria, 1998; Fageria et al, 2014):

$$\text{Eficiência agronômica} = \frac{\text{Produção em kg com adubação} - \text{Produção em kg sem adubação}}{\text{Quantidade de nutriente aplicado em kg}}$$

A o final dos dois experimentos foram realizadas análises de solo para verificar a saturação por base e a disponibilidade do fósforo no solo.

Análise estatística

Para os dois experimentos os resultados foram submetidos à análise de normalidade por ShapiroWilk teste e variância pelo teste F ($p < 0,05$) com o auxílio do programa estatístico "R" versão 3.1.2. Os fatores quantitativos (dose de calcário e dose de fósforo) foram analisados com ajustes das equações de regressão.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o experimento realizado em casa de vegetação não houve interação significativa entre os tratamentos, e as variáveis número de grãos por planta, número de vagens por planta e produtividade apresentaram efeito isolado para as doses de fósforo e calcário aplicados (Tabela 3). E para a variável altura da inserção da primeira vagem não houve diferença significativa para os tratamentos.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis do experimento em casa de vegetação. Bom Jesus, 2017

Trat	GL	Altura 1 vagem	Nº grãos por planta	Nº de vagens por planta	Produtividade
Bloco	3	44,779	62,39	18,1700	7,6050e+11
pH	2	34,325	285,44 *	86,02 *	2,7020e+12*
Fósforo	3	43,151	2601,72 *	584,11 *	1,8604e+13 *
pH * Fosforo	6	24,251	70,49	8,41	1,3545e+11
Resíduo	33	35,483	49,96	9,65	3,1858e+11
CV%		26,85	16	15,86	17,39

*=significativo a 5% de probabilidade. **=significativo a 1% de probabilidade.

Para o experimento realizado em campo não houve interação significativa entre os tratamentos, e as variáveis número de grãos por planta, número de vagens por planta e produtividade houve diferença significativa apenas para as doses de fósforo (Tabela 4) e o calcário aplicado não interferiu nos resultados para estas variáveis. Enquanto para as variáveis massa de mil grãos e altura da primeira vagem não houve efeito significativo para doses de fósforo e calcário nas condições em que foi realizado o experimento.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis do experimento a campo. Bom Jesus, 2017.

Trat	GL	Alt 1° vagem	Massa de mil grãos	N° grãos por planta	N° de vagens por planta	Produtividade
pH	2	30,203	128,017	11,8	126,8	870510e+ 8
Bloco	3	111,689	182,364	16345,2	3833,8	128770e+ 10
Erro a	1	9,174	81,98	4531,2	966,3	1,1184000e+16
Fosforo	3	7,097	87,711	9197,4 **	13037,7 *	6383500e+10 **
pH *Fosforo	6	1,472	48,803	1173,9	316	1,0530000e+16
Erro b	27	7,364	38,669	1640,2	299,6	8,3847000e+11
CV%		15,18	5,43	26,12	22,81	2408749

*=significativo a 5% de probabilidade. **=significativo a 1% de probabilidade.

A aplicação de calcário aumentou a saturação por base e essa por sua vez aumentou a disponibilidade de fósforo no solo para os dois experimentos avaliados (campo e casa de vegetação). Analisando as figuras 2 A e B pode se verificar que a quantidade de fósforo na saturação por base de 70% praticamente dobrou em relação a saturação por base de 50%. Isso porque o calcário contribuiu para a eficiência da adubação fosfatada (Viviani et al., 2010), e conseqüentemente para o aumento da produtividade.

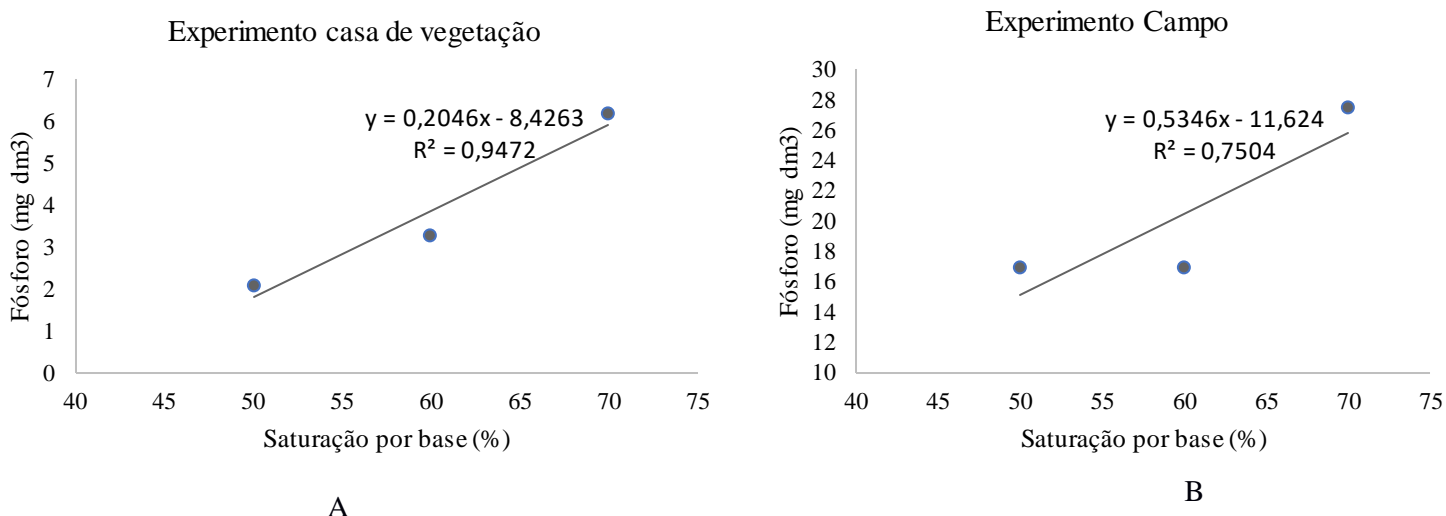


Figura 2. Comportamento do fósforo no solo com o aumento da saturação por base. Experimento casa de vegetação (A). Experimento campo (B), Bom Jesus-PI.

Para os dois experimentos avaliados as doses de fósforo e calcário aplicadas não promoveram respostas significativas na altura da inserção da primeira vagem. Não houve regressão significativa ao nível de 5% de probabilidade, entretanto a média de altura de inserção da primeira vagem encontrado neste estudo variou de 16,4 a 19,1 cm, valores considerados dentro do recomendado por Shigihara e Hamawaki (2005), que consideraram adequadas alturas entre 10 e 15cm, pois, cultivares com altura de inserção da primeira vagem maior que 15 cm facilitam a colheita (Mauad et al. 2010).

A ausência de efeito das doses de fósforo para esta característica pode estar relacionada ao fato que o fósforo é exigido durante todo o ciclo da cultura, entretanto, 60% é absorvido após o florescimento, fase onde já foi definido a altura da inserção da primeira vagem, não apresentando na maioria das vezes influência dos níveis de fósforo para esta variável (Rezende et al, 2005).

A variável massa de mil grãos foi avaliada apenas no experimento em campo, não houve diferença significativa para as doses de fósforo e calcário aplicados, apresentando médias entre 111.7 e 118.26 g. Os resultados encontrados neste estudo diferem dos resultados apresentados por Marin et al (2015) que em ensaios com doses de fósforo constatou que o fornecimento de fósforo contribui para aumento da massa das sementes, com efeito positivo da adubação fosfatada.

Apesar dos tratamentos não terem apresentado significância esta é uma característica fundamental, pois contribui para o incremento da produtividade da cultura (Moterle et al. 2009), visto que a massa de mil grãos dá ideia do tamanho, assim como de seu estado de maturidade e de sanidade (Brasil, 2009).

Para o experimento realizado a campo o modelo de regressão quadrático foi o que melhor descreveu o efeito das doses de fósforo sobre o número de grãos por planta (Figura 3). A dose que apresentou o maior número grãos por planta foi a dose recomendada pela análise de solo, com rendimento de 175 grãos por planta, com 65% a mais de grãos quando comparada ao controle. Os efeitos das doses de fósforo permitiram o maior desenvolvimento da planta de soja e dessa forma favoreceu o rendimento de grãos por planta.

Para o experimento em casa de vegetação o número de grãos por planta apresentou resultados significativos para as doses de fósforo e calcário, porém não houve interação significativa entre os tratamentos. Assim como no experimento em campo o modelo de regressão quadrático foi o que melhor representou os resultados para as doses de fósforo e para as doses de calcário (Figura 4 A, B). A dose de fósforo de 50% acima da recomendada foi a que apresentou maior número de grãos por planta (Figura 4A), com 36% a mais de grãos em relação ao controle, estes resultados satisfatórios podem estar relacionados a distribuição do fósforo no perfil do solo, que proporcionou melhor absorção deste nutriente pela planta. Estes resultados estão diretamente relacionados com aumento da produtividade da soja.

A aplicação de calcário contribuiu para um melhor resultado do número de grãos por planta, os valores de saturação de base de 60 e 70% apresentaram os melhores resultados, conforme apresentado na figura 4B, isso pode ser justificado pelo fato que a calagem proporciona maior disponibilidade dos nutrientes no solo.

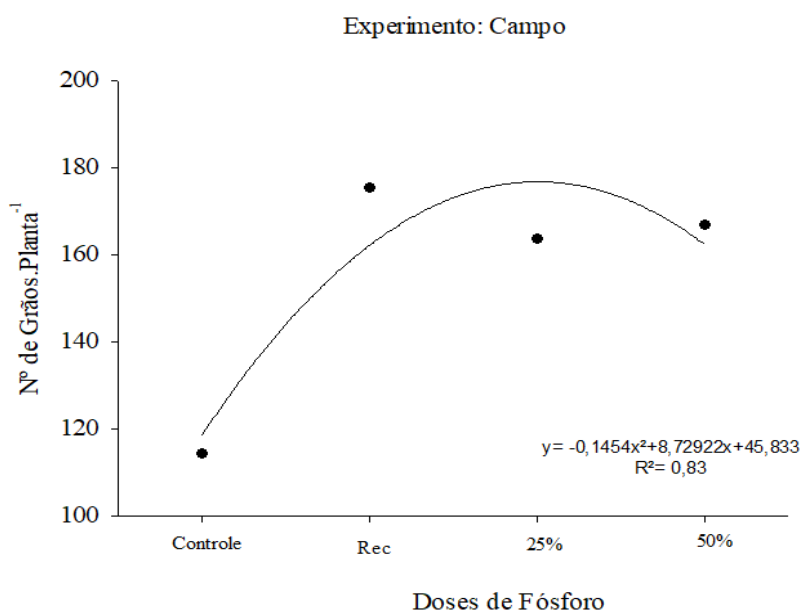


Figura 3. Número de grãos por planta. Experimento campo, Bom Jesus-PI.

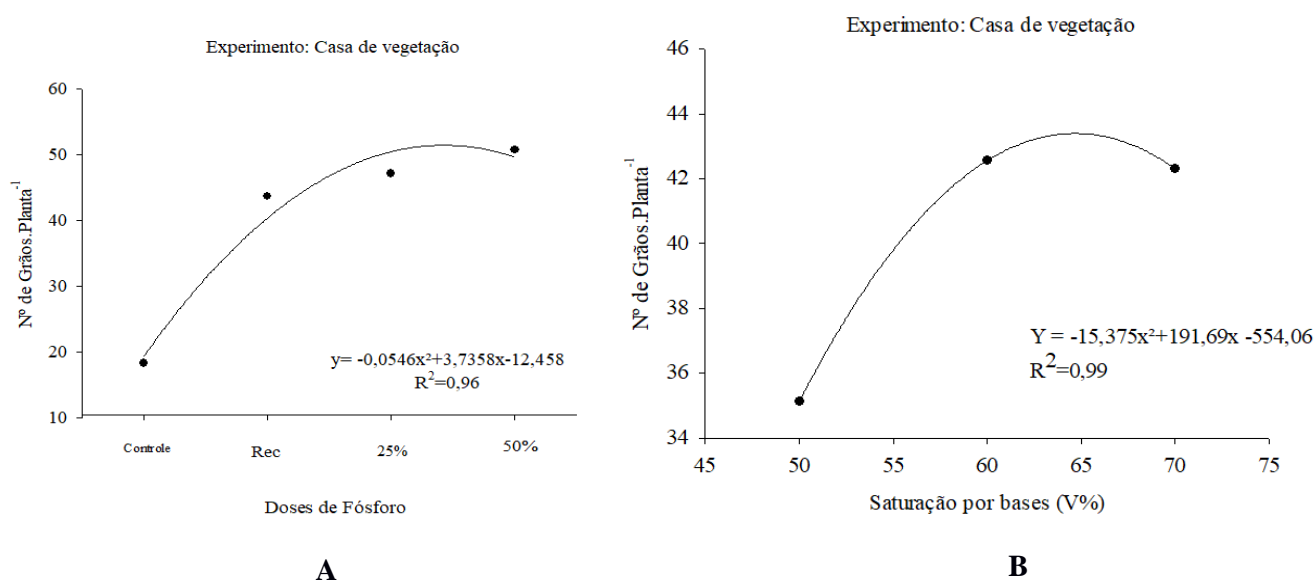


Figura 4. Número de grãos por planta. Experimento casa de vegetação (A). Experimento campo (B), Bom Jesus-PI.

Para o número de vagens por planta não houve interação significativa para os tratamentos para os dois experimentos. No entanto o experimento em casa de vegetação apresentou respostas de forma isolada para as doses de fósforo e de calcário aplicadas. E para o experimento em campo apenas as doses de fósforo obtiveram resposta significativa.

O número de vagens por planta aumentou de forma quadrática com as doses de fósforo para ambos experimentos (Figura 5 e 6 B), apresentando resposta linear apenas para o experimento em casa de vegetação para a saturação de base avaliadas (Figura 6 A).

No experimento em campo os maiores resultados foram encontrados na dose recomendada pela análise, apresentando 88,83 vagens por planta. E para o experimento em casa de vegetação o rendimento máximo encontrado foi com a dose de 50% acima do recomendado pela análise, com número de vagens de 24,84 vagens por planta. Os resultados podem ser justificados pelo fato que as doses de fósforo aliado ao equilíbrio no solo permitiram que raízes pudessem ter se desenvolvido melhor, contribuindo para o desenvolvimento das plantas, e dessa forma refletindo no maior número de vagens por planta. Este é um dos componentes que mais contribui para o rendimento de grãos na cultura da soja, uma vez que apresenta as maiores correlações com a produção (Thomas e Costa, 2010; Dalchiavon e Carvalho, 2012). Portanto, quando se buscam aumentos de rendimento, deve-se atentar para este componente.

As doses de calcário influenciaram no aumento do número de vagens por planta, conforme observado na figura 6 A. Isso pode ter ocorrido devido ao fato que, o calcário elevou a saturação de bases do solo, e em casa de vegetação foi possível controlar melhor as condições de precipitação, solo mais homogêneo pois estavam em vasos e isto favorece a melhor reação do calcário e absorção de fósforo pelas plantas.

As doses de fósforo apresentaram incrementos significativos para o número de vagens por planta nos dois experimentos (Figuras 5 e 6 B). Isso porque os componentes de produção são influenciados pelas adubações fosfatada e potássica, e na cultura da soja a deficiência de P diminui o potencial de rendimento pela menor produção de flores e de vagens (Oliveira Júnior et al., 2011). Os resultados destes estudos são promissores, pois refletem de forma positiva na produtividade final da cultura da soja.

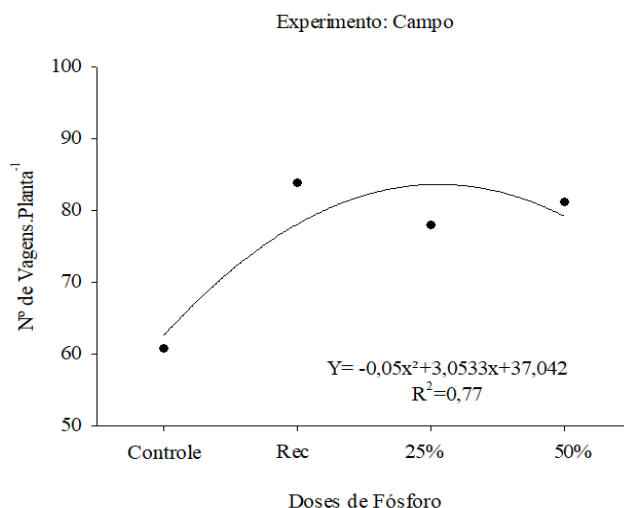


Figura 5. Número de vagens por planta. Experimento campo, Bom Jesus-PI.

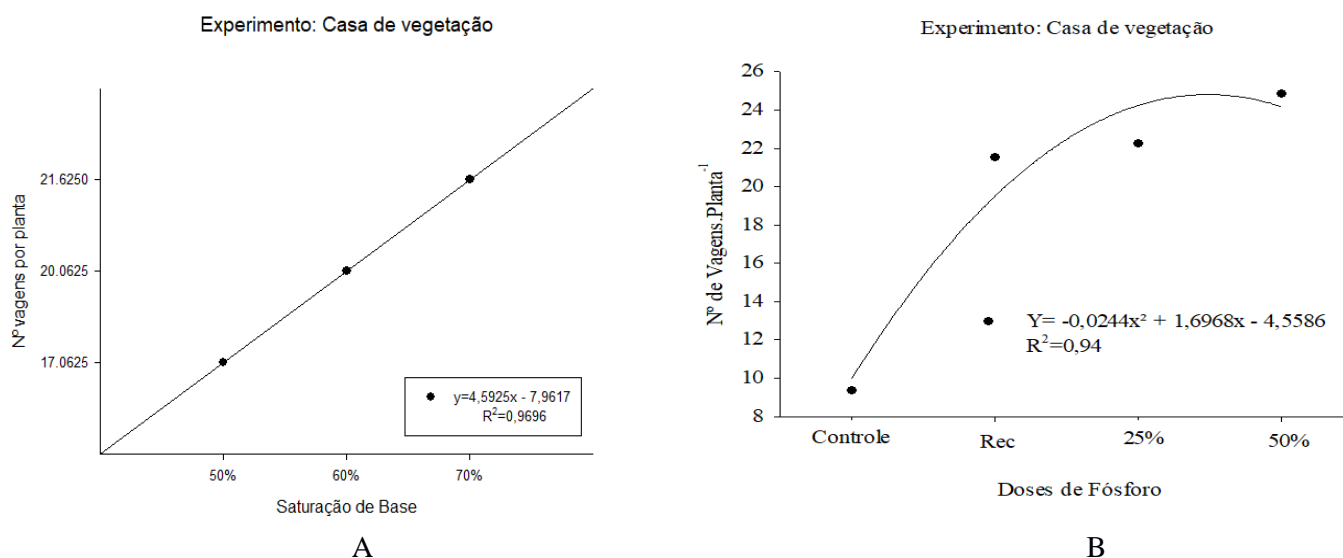


Figura 6. Número de vagens por planta. Experimento casa de vegetação. Saturação de base (A). Doses de fósforo (B), Bom Jesus-PI.

O modelo de regressão quadrática foi o que melhor descreveu os efeitos das doses de fósforo sobre a produtividade da soja para o experimento em campo (Figura 7), não apresentou relação com os valores de saturação por base. A dose de fósforo que apresentou melhores resultados foi a dose recomendada pela análise de solo com rendimento de 4.858 kg/ha⁻¹

Altas doses de fósforo proporcionam maiores produtividades de grãos de soja, com maior probabilidade de fixação de nitrogênio devido ao maior estímulo a nodulação

(Araújo et al. 2005). Isso porque, a resposta do nitrogênio é diretamente proporcional a adubação de fósforo (Novais e Smyth, 1999).

Para o experimento em casa de vegetação houve incremento na produção de grãos de soja em função da saturação por base e da maior disponibilidade de fósforo no solo, com maior rendimento de grãos apresentado na dose de 50% acima da dose recomendada pela análise de solo com 4.104 kg ha^{-1} (figura 8 B). E a saturação de base de 70% proporcionou a maior produtividade de grãos com 3.503 kg/ha , enquanto a saturação de base de 50% apresentou a menor produção com rendimento de 2.771 kg/ha^{-1} (Figura 8 A). Esses resultados da saturação de base apresentados neste trabalho são justificados pelo fato que o calcário disponibiliza fósforo do solo (França Neto 2016). E assim como nas outras variáveis a saturação de base foi significativa apenas em casa de vegetação isso pode ter ocorrido devido ao cultivo em vasos, em condições propícias para o desenvolvimento de plantas, bem como as condições controladas proporcionadas pelo cultivo protegido.

Os resultados de alta produtividade encontrados nestes estudos também podem ser justificados pelo fato que doses muito altas de P respondem de forma positiva em solos com baixos teores de fósforo disponível (Schlindwein e Giannello 2005) e de acordo com as análises de solo apresentadas nas tabelas (03 e 04), os valores de fósforo são considerados baixos e muito baixos para culturas anuais, e a resposta da cultura ao uso de fertilizantes depende dentre outros fatores do estado de fertilidade do solo, ou seja solos de baixa fertilidade apresentam alta probabilidade de resposta ao uso de nutrientes (Alcantara Neto et al, 2010).

Os resultados apresentados nesse estudo são similares aos encontrados por Rosolem e Tavares (2006) que em experimento realizado em vasos com a cultura da soja verificaram que houve diferença significativa para tratamentos com e sem fósforo, na

produtividade. Valadão Junior et al. (2008) também trabalhando com fósforo em área experimental observou efeito positivo entre doses de fósforo na produtividade de grãos de soja.

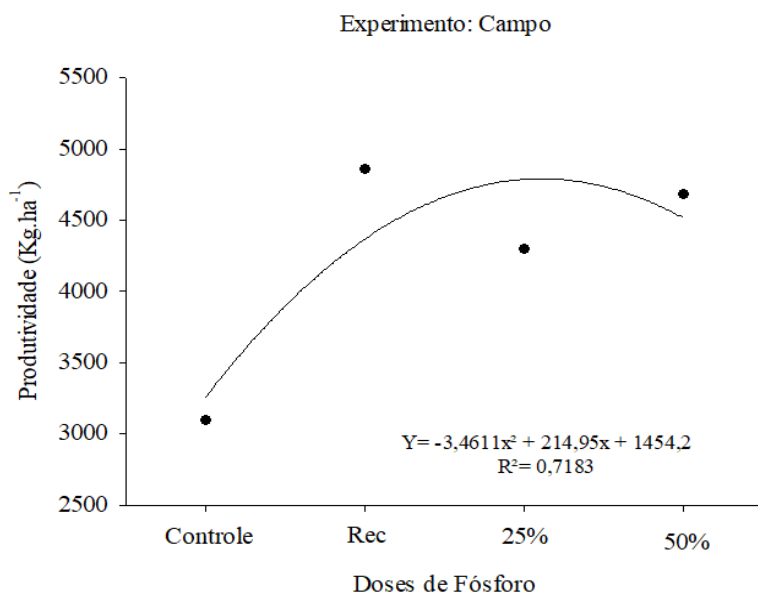


Figura 7. Produtividade de grãos. Experimento campo, Bom Jesus-PI.

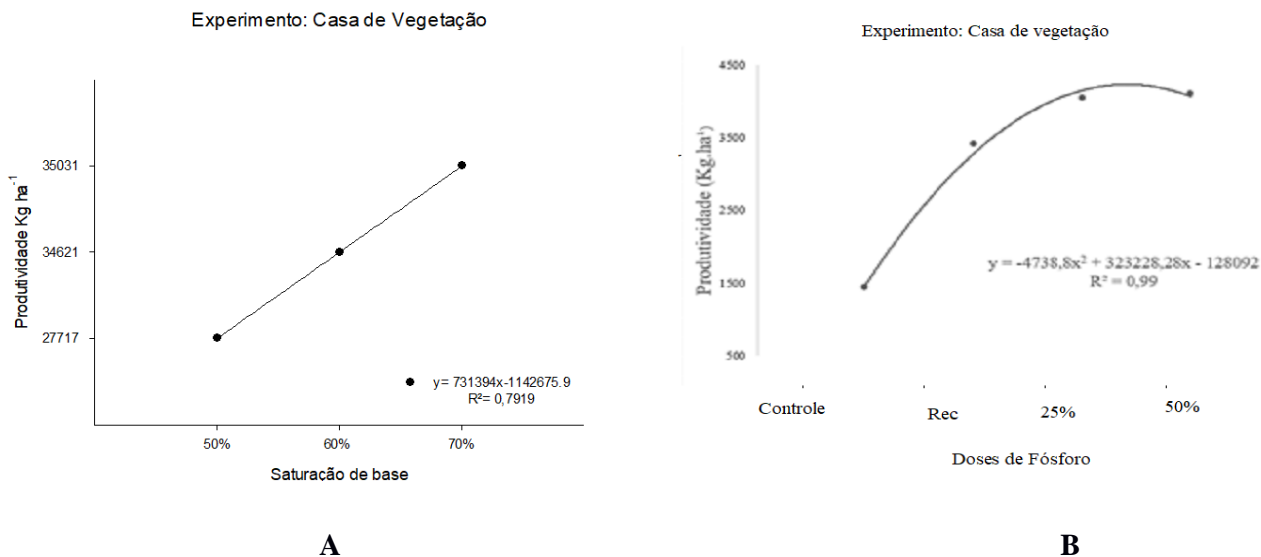


Figura 8. Produtividade de grãos. Experimento casa de vegetação. Saturação de base (A). Doses de fósforo (B), Bom Jesus-PI.

Para comparar as doses de fósforo quanto a produção, foi calculado a Eficiência Agronômica para dois os experimentos (Tabela 5), sendo esta a relação entre a biomassa total e a quantidade do nutriente absorvido (Fageria,1998). Para o experimento em campo o rendimento estimado de grãos de soja observado no tratamento sem a adição de fósforo foi de 3.094 kg ha⁻¹ e a medida que se adicionou fósforo na dose recomendada pela análise de solo a produtividade passou para 4.858 kg ha⁻¹ e a eficiência agronômica para esta dose foi de 14,7 kg de grãos de soja por quilograma de fósforo aplicado. Na dose de 25% acima da dose recomendada a produtividade foi de 4.298 kg ha⁻¹ e a eficiência agronômica foi de apenas 8,02 kg de grãos de soja por quilograma de fósforo aplicado, enquanto que para a dose de 50% acima da recomendada a produtividade foi de 4.677 kg ha⁻¹ e a eficiência agronômica foi de 8,79 kg de grãos de soja por quilograma de fósforo aplicado. Para o experimento em campo a dose de fósforo recomendada pela análise de solo apresentou a maior produtividade e a melhor eficiência agronômica com 14,7 kg de grãos de soja por quilograma de fósforo aplicado.

Tabela 5. Eficiência Agronômica do fósforo na cultura da soja. Experimento em campo e casa de vegetação. Bom Jesus, 2017.

Campo		
Tratamentos	Produtividade (Kg/ha¹)	Eficiência agronômica
Sem aplicação de P	3.094	0
Dose recomendada de P	4.858	14,7 kg de grãos/kg de P
25% acima da dose recomendada	4.298	8,02 kg de grãos/kg de P
50% acima da dose recomendada	6.677	8,79 kg de grãos/kg de P
Casa de vegetação		
Tratamentos	Produtividade (Kg/ha¹)	Eficiência agronômica
Sem aplicação de P	1.438	0
Dose recomendada de P	3.404	16,38 kg de grãos/kg de P
25% acima da dose recomendada	4.034	17,30 kg de grãos/kg de P
50% acima da dose recomendada	4.104	14,81 kg de grãos/kg de P

Para o experimento em casa de vegetação a produtividade de soja sem a adição de fósforo foi de 1.438 kg ha⁻¹ e com a aplicação de fósforo na dose recomendada pela análise essa produtividade passou para 3.404 kg ha⁻¹ e apresentou uma eficiência agronômica de 16,38 kg de grãos de soja por quilograma de fósforo aplicado. Para a dose de 25% acima

da recomendada o rendimento foi de 4.034 kg ha⁻¹, e a eficiência agrônômica foi de 17,30 kg de grãos de soja por quilograma de fósforo aplicado, enquanto para a dose de 50% acima da recomendada a produtividade foi de 4.104 kg ha⁻¹ e a eficiência agrônômica foi de apenas 14,81 kg de grãos de soja por quilograma de fósforo aplicado.

Os resultados para o experimento em casa de vegetação apresentaram comportamentos diferentes dos resultados encontrados em campo, isso porque a maior produtividade encontrada na casa de vegetação foi observada na dose de 50%, porém a melhor eficiência agrônômica foi observada na dose de 25% da recomendada onde foram produzidos de 17,30 kg de grãos de soja por quilograma de fósforo aplicado. A maior dose do nutriente incrementou a produção, no entanto o nutriente diminuiu sua eficiência. Devido a isso a eficiência agrônômica pode ser também chamada eficiência econômica (Fageria, 1998). Pois o que deve ser observado é a dose que proporciona o máximo retorno econômico pelo adubo aplicado, proporcionando dessa forma maiores produtividades com menores custos de produção.

Resultados similares foram encontrados por Fageria et al (2014) que trabalhando com a cultura do arroz verificou que a eficiência do fósforo influenciou o rendimento de grãos e Dobermann et al. (2000) trabalhando com a cultura do arroz verificou que a eficiência agrônômica do nitrogênio (N) foi de 20 kg de grãos por quilograma de N aplicado, enquanto para Fageria et al. (2007) a eficiência agrônômica do nitrogênio foi de 19 kg de grãos de arroz quilograma de N aplicado.

Estudar a eficiência do fósforo é importante para indicar para o produtor qual o melhor manejo. Pois a soja é uma cultura dependente do fósforo, devido ao fato que este é um elemento da fotossíntese e a eficiência agrônômica deste nutriente proporciona uma base sólida para a melhoria do rendimento da cultura da soja (AO et al, 2014).

5.0 CONCLUSÕES

A aplicação de doses de fósforo aumenta a produtividade de grãos de soja.

A saturação de base de 70% proporcionou maiores ganhos nos componentes de produção e conseqüentemente maior produtividade na cultura da soja.

A eficiência agrônômica do fósforo em solos do Cerrado do Brasil é de 14,7 e 17,30 kg de grãos de soja por quilograma de fósforo aplicado.

6.0 REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA NETO F.; GRAVINA, G. A.; SOUZA, N. O. S.; BEZERRA, A. A. C.; Adubação fosfatada na cultura da soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 22010.

AZEVEDO, D. M. P. de et al. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no cerrado maranhense. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 38, n. 01, p. 32-40, 2007

AO X.; GUO, X. J.; ZHU, Q.; ZHANG, H. J.; WANG, H. Y, MA, Z. H.; HAN, X. R, ZHAO, M. H; XIE, F.T, Effect of Phosphorus Fertilization to P Uptake and Dry Matter Accumulation in Soybean with Different P Efficiencies. **Journal of Integrative Agriculture**, 2014.

ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D.; Resposta de cultivares de soja à adubação fosfatada. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 36, n. 2, p.129-134, 2005.

BARBOSA, G. F.; CENTURION, M. A. P. C.; FERRAUDO, A. S.; Potencial do manejo integrado da ferrugem asiática da soja: severidade da doença, desenvolvimento vegetativo e componentes da produção, cultivar MG/BR-46 (Conquista). **Biosciencia Journal**, Uberlândia, v. 30, sp. 1, p. 76-89, 2014.

BEDIN, I., FURTINI NETO, A. E. RESENDE, A. V., FAQUIN, V.; TOKURA, A. M.; SANTOS, J. Z. L. Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:639-646, 2003.

BORÉM, A.; **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV. 817 p., (1999)

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

CAIRES, E. F., CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A.; Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.1, p.27-34, 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

CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grão v.6 Safra 2017/18. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/u>

ploads/arquivos/18_03_13_14_15_33_grao_marco_2018.pdf> Acesso em: 25 de março de 2018.

CORREIA, H. M.; DURIGAN, J. C. Culturas de cobertura e sua influência na fertilidade do solo sob sistema de plantio direto. **Bioscience Journal**. v. 24, n. 4, p. 20-31, 2008

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. **Semina: ciências agrárias**, v.33, p.541-552. 2012.

DALL'AGNOL, A. A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições / Amélio Dall'agnol. – Brasília, DF. **Embrapa**, 72p., 2016.

DOBERMANN, A.; DAWE, D.; ROETTER, R. P.; CASSMAN, K. G. Reversal of rice yield decline in a long-term continuous cropping experiment. **Agronomy Journal**, v.92, p.633-643, 2000.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Soja Cultivares de Soja MACRORREGIÕES 4 e 5 norte e nordeste do Brasil, 2016. Disponível em <https://www.embrapa.br/soja> Acesso em 26 de março, 2018.

FAGERIA, N. K.; MOREIRA, A; MORAES, L. A. C MORAES, M. F. Influence of Lime and Gypsum on Yield and Yield Components of Soybean and Changes in Soil Chemical Properties. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 2014.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia**. Agrícola Ambiental, Campina Grande, v.2, p.6-16,1998.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; CUTRIM, V. A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária brasileira**. Brasília, v.42, n.7, 2007.

FAGERIA, N. K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1419-1424, 2001.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available in: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>, 2016. Acesso em outubro de 2017.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, L. A.; NEUMAIAR, N. Ecofisiologia da soja. **Circular técnica 48**. Londrina, PR, 2007

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A; PÁDUA, G. P.; LORINI, I. HENNING, F. A. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. Londrina: **Embrapa Soja**, 82 p., 2016.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Encarte Técnico Informações Agronômicas**. Nº 95, 2001.

GIANLUPPI, V. Cultivo de soja no cerrado de Roraima. Sistema de Produção, Boa Vista. Embrapa, Roraima, 2016. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/CultivodeSojanoCerradodeRoraima/clima.htm>. Acesso em: 20 agosto 2017.

GUERRA, C. A.; MARCHETTI, M. E.; ROBAINA, A. D.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; NOVELINO, J. O. Qualidade fisiológica de sementes de soja em função da adubação com fósforo, molibdênio e cobalto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 1, p. 1-7, 2006

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. Londrina: **Embrapa Soja**, 70p.: il. Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 349, 2014

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Pesquisas Agropecuárias, Indicadores IBGE – **Estatísticas da produção agrícola**, 2008.

LOMAN, A. A, JU L. K. Enzyme-based processing of soybean carbohydrate: Recent developments and future prospects. **Enzyme and Microbial Technology**. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enzmictec>, 2017.

LOPES, A. S. GUILHERME, L. R. G. Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agronômicos 3ª edição revisada e atualizada. São Paulo, **ANDA**, 72p, 2000.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo. Ed. Agronômica Ceres, 638p, 2016.

MARIN, R. S. F.; BAHRY, C. A.; NARDINO, M.; ZIMMER, P. D. Efeito da adubação fosfatada na produção de sementes de soja. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n.3, 2015.

MASCARENHAS, A. A.; TANAKA, R. T.; WUTKE, E. B.; KIKUTI, H. Nitrogênio: a soja aduba a lavoura da cana. **Instituto Agronômico**, Centro de Grãos e Fibras. Campinas, 2005.

MATSUO, E. **Estratégias para análise do comportamento de genótipos de soja ao nematoide de cistos (*Heterodera glycines*)**. 85f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2009.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B., ALMEIDA NETO AI, ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agraria**, Dourados-MS, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

MENDONÇA, J. L.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; SILVA, J. B. C. Avaliação de genótipos de soja para consumo de grãos verdes em Brasília-DF. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 02. Suplemento 2. 2010.

MISSÃO, M. R. Soja: Origem, Classificação, Utilização e uma visão. **Revista de Ciências Empresariais**, v.3, n.1, p.7-15, 2006.

MUNDSTOK, C. M. THOMAS, A. L. Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. **Evangraf**. 31p. Rio Grande do Sul, 2005

MOTERLE, L. M., SANTOS, R. F.; LUCCA, B. A.; SCAPIM, C. A.; LANA, M. C. Influência da adubação com fósforo e potássio na emergência das plântulas e produtividade da cultura da soja. **Revista Ciência Agronômica**, 40:256-265, 2009.

NEUMAIER, N. NEPOMUCENO, J. A.; FARIAS, R. B.; OYA, T. Estresses de ordem ecofisiológica. In: Estresses em soja, Passo Fundo, R.S, **Embrapa Trigo**, p.45-55, 2000.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solos e plantas em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 399p, 1999.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; PROCHNOW, L. I.; KLEPKER, D. Eficiência agrônômica de fosfato natural reativo na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.43, n.5, p.623-631, 2008.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; PROCHNOW, L. I.; KLEPKER, D. Soybean yield in response to application of phosphate rock associated triple superphosphate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 3, p. 376-385, 2011.

PAS, C. **Manual de segurança e qualidade para a cultura da soja**. Brasília, DF: Embrapa Transferência de Tecnologia, 69 p., 2005.

PRADO, R. M.; FRANCO, C. F.; PUGA, A. P. Deficiências de macronutrientes em plantas de soja cv. BRSMG 68 (Vencedora) cultivada em solução nutritiva. **Comunicata Scientiae** 1(2): 114-119, 2010.

PESKE, F. B.; BAUDET, L.; PESKE, S. T. Produtividade de plantas de soja provenientes de sementes tratadas com fósforo. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 31, nº 1, p.095-101, 2009.

PETTER, F. A.; PACHECO, L. P.; ALCANTARA NETO, F. A.; SANTOS, G. G. Respostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de cerrado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 67-72, 2009.

PENARIO, A. **Soja: cultivares no lugar certo**. Monsanto, informações agrônômicas nº 90, 2000.

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**. v. 29, n. 6, p. 1105-1111, 2005.

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

SANTANA, M. J.; SOUSA, F. C. A.; SILVEIRA, A. L.; SILVA, C. A. Aplicação de cobalto, molibdênio e inoculante na cultura da soja (*Glycine max* L Merrill). **Global Science and Technology**. v. 04, n. 02, p.01 – 08, 2011.

SCHONINGER, E. L.; GATIBONI, L.C.; ERNANI, P. R. (Rhizosphere pH and phosphorus forms in an Oxisol cultivated with soybean, brachiaria grass, millet and sorghum. **Scientia Agricola** v.69, n.4, p.259-264, 2012.

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.

SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos de soja**. Londrina: Mecenaz, 314p., 2009.

SFREDO, G. J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Documentos / Embrapa Soja, 148 p. Londrina, 2008.

SHIGIHARA, D.; HAMAWAK, I. O.T. Seleção de genótipos para juvenildade em progênies de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Eletrônica**. Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia-MG, 2005.

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.

SIMPSON, R. J.; OBERSON, A.; CULVENOR, R. A.; RYAN, M. H.; VENEKLAAS, E. J.; LAMBERS, H.; LYNCH, J. P.; RYAN, P. R.; DELHAIZE, E. SMITH, F. A.; SMITH, S. E.; HARVEY, P. R.; RICHARDSON, A. E. Strategies and agronomic interventions to improve the phosphorus-use efficiency of farming systems. **Plant Soil**, 349, 89–120, 2011.

VOLTAN, R. B. Q.; NOGUEIRA, S. S. S.; MIRANDA, M. A. C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.5, p. 929-938, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed., Porto Alegre: Artmed. 2009.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. Soja: manejo para alta produtividade de grãos. Capítulo: Manejo do solo visando à obtenção de elevados rendimentos de soja sob sistema plantio direto. **Evangraf**, p. 35-67, Porto Alegre, 2010.

TREVIZAM, A. R.; SILVA, M. L. S. MURAOKA, T. Distribuição de fósforo do fertilizante na planta de soja e sua exportação pela cultura. **Ambiência** - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais. V. 9 N. 3, 2013.

VILAR, C. C.; COSTA, A. C. S.; HOEPERS, A.; SOUZA JUNIOR, I. G. Capacidade máxima de adsorção de fósforo relacionada a formas de ferro e alumínio em solos subtropicais. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 34:1059-1068, 2010.

VALADÃO JÚNIOR, D. D.; BERGAMIN, A. C.; VENTUROSOS, L. R.; SCHLINDWEIN, J. A.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.3, p.369-375, 2008.

VIVIANI, C. A.; MARCHETTI, M. E.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; GONÇALVES, M. C. Disponibilidade de fósforo em dois latossolos argilosos e seu acúmulo em plantas de soja, em função do aumento do pH. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 61-67, 2010.

WANG, E.; BELL, M.; LUO, Z.; MOODY, P.; PROBERT, M. E. Modelling crop response to phosphorus inputs and phosphorus use efficiency in a crop rotation. **Field Crops Research**, 155,120–132, 2014.

ZANON, A. J.; WINCK, J. E. M.; STRECK, N. A.; ROCHA, T. S. M.; CERA, J. C.; RICHTER, G. L.; LAGO, I.; SANTOS, P. M.; MACIEL, L. M. R.; GUEDES, J. V. C.; MARCHESAN, E. Desenvolvimento de cultivares de soja em função do grupo de maturação e tipo de crescimento em terras altas e terras baixas. **Bragantia**, Campinas, 2015.

ZOZ, T.; LANA, M. C.; STEINER, F.; FRANDOLOSO, J. F.; FEY, R. Influência do pH do solo e de fertilizantes fosfatados sobre a adsorção de fósforo em latossolo vermelho. **Synergismus scyentifica**, UTFPR. Pato Branco, 2009.