



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS ARAGUATINS
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

ÉRICA CHAVES

**NODULAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE SOJA SUBMETIDAS A
DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO**

Araguatins - TO

2017

ÉRICA CHAVES

**NODULAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE SOJA SUBMETIDAS A
DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Bacharelado em Agronomia
do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia
do Tocantins – IFTO/Campus Araguatins, como
exigência à obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Profº. Dr. Raimundo Laerton de Lima Leite.

Araguatins - TO

2017

CHAVES, Érica
Nodulação e desenvolvimento de plantas de soja submetidas a diferentes doses de fósforo / Érica Chaves – Araguatins, 2017. 40 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal de Educação do Tocantins, Campus Araguatins, 2017.

Orientador(a): Prof. Raimundo Laerton de Lima Leite

1. Adubação fosfatada 2. Nitrogênio 3. Produção.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS ARAGUATINS
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "NODULAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE SOJA SUBMETIDAS A
DIFERENTES DOSES DE FÓSFORO"**

AUTOR: Érica Chaves

ORIENTADOR: Prof. Dr. Raimundo Laerton de Lima Leite

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Tocantins, *Campus Araguatins*, como parte das
exigências para a conclusão do Curso de
Bacharelado em Agronomia.

Aprovado (a) em 23 de agosto de 2017.

Prof. Dr. Raimundo Laerton de Lima Leite
Instituto Federal do Tocantins – IFTO, *Campus Araguatins*

Prof. Dr. Samuel de Deus da Silva
Instituto Federal do Tocantins – IFTO, *Campus Araguatins*

Prof. Msc. Márcio Rogério Pereira Leite
Instituto Federal do Tocantins – IFTO, *Campus Araguatins*

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e avós pelos ensinamentos e por serem exemplos de vida e dignidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo Dom da vida, sabedoria e determinação. Sem Ele eu não teria conseguido chegar até aqui.

Aos meus pais Antonio Odair Chaves e Zenir Pasquini Chaves, pela educação, incentivo e amor. Vocês sempre serão minha maior fonte de inspiração.

Aos meus irmãos Fágner e Enio pelo companheirismo e pelas críticas construtivas. Saibam que cada palavra dita fez total diferença.

A minha querida avó Lúcia Sacardi Pasquini, por ser um exemplo de mulher, amiga e avó.

Aos meus queridos avós Antônio Ferreira Chaves (*in memorian*) e Antônio Pasquini “Vô Leco” (*in memorian*) por serem exemplo de vida, coragem e perseverança.

Aos meus familiares, de forma geral, que sempre estiveram dando total apoio e incentivo para que eu conquistasse esse objetivo.

Aos meus amigos do IFTO, pela amizade e companheirismo, em especial a Thalita, Gaspar, Thayny e Paloma que tiveram participação direta no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Rodrigo Duarte que doou as sementes de soja utilizadas no experimento. Sou extremamente grata por sua generosidade.

A todos os professores do IFTO, em especial aos meus orientadores da graduação Raimundo Laerton de Lima Leite e Márcio Rogério Pereira Leite, pelos conhecimentos compartilhados e pela disponibilidade plena na elucidação das dúvidas. Saibam que vocês foram fundamentais para a minha formação, e sou eternamente grata por isso.

Aos técnicos do laboratório de solos, José Armando Trovão e Ricardo Alencar e à técnica do laboratório de bromatologia Maristela Gonçalves pelos auxílios prestados em trabalhos realizados durante o curso.

Não posso deixar de agradecer aos funcionários do viveiro de mudas da Instituição, pois ajudaram na instalação e condução do experimento sem medir esforços.

Por fim, agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para que este objetivo fosse alcançado.

"Uma longa viagem começa com um único passo".

(Lao-Tsé)

RESUMO

O fósforo (P) é um dos nutrientes que merecem mais atenção para a produção agrícola nos solos do cerrado, visto que sua disponibilidade em condições naturais é muito baixa. Dessa forma, a adubação fosfatada torna-se uma prática imprescindível nesse ambiente. Além disso, o nitrogênio (N) é outro elemento que merece destaque, pois o uso de adubos nitrogenados nem sempre é economicamente viável, devido ao seu custo elevado e baixo índice de aproveitamento, portanto, as fontes de N para a cultura da soja são basicamente os fertilizantes nitrogenados e o N atmosférico que se torna disponível através da fixação biológica do nitrogênio (FBN). Com este trabalho, objetivou-se avaliar o desenvolvimento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) submetidas à utilização de sementes inoculadas e não-inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079 e SEMIA 5080), associadas a diferentes dosagens de P na forma mineral (0, 100, 200 e 300 Kg ha⁻¹). Foram realizados dois experimentos, sendo o primeiro destinado às análises não-destrutivas e o segundo às destrutivas. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com 8 tratamentos e 4 repetições, resultando em 32 parcelas para ambos os experimentos. O ensaio foi instalado a partir do mês de abril de 2017, onde foram avaliadas as variáveis não destrutivas (altura de plantas, diâmetro do caule, número de vagens por planta e número de grãos por vagem) e destrutivas (número de nódulos por planta, matéria fresca e seca de nódulos por planta, matéria fresca e seca da parte aérea, matéria fresca e seca das raízes). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software ASSISTAT e as tabelas e gráficos elaborados no Microsoft Excel. Concluiu-se com a pesquisa que quanto ao desenvolvimento dos nódulos, observou-se que nos tratamentos em que foi utilizada a maior dose (300 kg P₂O₅ ha⁻¹) pode ter sido prejudicial ao desenvolvimento dos mesmos, indicando que a utilização de P em excesso não favorece o acréscimo dos nódulos, o que necessita de mais estudos nessa área.

Palavras-chave: adubação fosfatada, nitrogênio, produção.

ABSTRACT

Phosphorus (P) is one of the nutrients that deserve more attention for agricultural production in cerrado soils, since its availability under natural conditions is very low. In this way, phosphate fertilization becomes an essential practice in this environment. In addition, nitrogen (N) is another element that deserves to be highlighted, since the use of nitrogen fertilizers is not always economically feasible, due to its high cost and low rate of utilization, therefore, N sources for soybean are Basically nitrogen fertilizers and atmospheric N which is available through biological nitrogen fixation (BNF). The objective of this work was to evaluate the development of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) submitted to the use of seeds inoculated and not inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079 and SEMIA 5080), associated with different dosages of P in the form mineral (0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹). Two experiments were carried out, the first being for non-destructive analysis and the second for destructive analysis. The experimental design was the fully causalized (DIC), with 8 treatments and 4 replicates, resulting in 32 plots for both experiments. The assay was installed from april 2017, where non - destructive variables (plant height, stem diameter, number of pods per plant and number of grains per pod) and destructive variables were evaluated (number of nodules per plant, Fresh and dry matter of nodules per plant, fresh and dry matter of the aerial part, fresh and dry matter of the roots). The results were submitted to analysis of variance, and the means were compared by the Tukey test at the 5% probability level. Statistical analyzes were performed using ASSISTAT software and tables and graphs elaborated in Microsoft Excel. It was concluded that in the treatments in which the higher dose (300 kg P₂O₅ ha⁻¹) was used, it may have been detrimental to the development of the same, indicating that the use of P in Excess does not favor the addition of nodules, which requires further studies in this area.

Keywords: phosphate fertilization, nitrogen, production.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: Área do experimento 1 (análise não-destrutiva)	24
FIGURA 2: Área do experimento 2 (análise destrutiva)	24
FIGURA 3: Médias do número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV) em soja TMG 2179 IPRO, submetidas à adubação fosfatada com e sem uso de semente inoculada, com dados coletados aos 75 dias após a semeadura (DAS).....	30
FIGURA 4: Médias da matéria fresca da parte aérea (MFPA) e matéria seca da parte aérea (MSPA) em soja TMG 2179 IPRO, submetidas à adubação fosfatada com e sem uso de semente inoculada, com dados coletados aos 45 e 47 dias após a semeadura (DAS) respectivamente.....	32
FIGURA 5: Médias da matéria fresca das raízes (MFR) e matéria seca das raízes (MSR) em soja TMG 2179 IPRO, submetidas à adubação fosfatada com e sem uso de semente inoculada, com dados coletados aos 45 e 47 dias após a semeadura (DAS) respectivamente	33

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Análise química do solo utilizado para o experimento antes da implantação. IFTO, Araguatins/TO. Abril de 2017	22
TABELA 2: Análise física do solo utilizado para o experimento antes da implantação. IFTO, Araguatins/TO. Abril de 2017	22
TABELA 3: Descrição dos tratamentos	23
TABELA 4: Médias da altura das plantas (AP) em soja TMG 2179 IPRO, submetidas à adubação fosfatada com e sem uso de semente inoculada, com dados aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura (DAS). IFTO, Araguatins/TO, 2017	28
TABELA 5: Médias do diâmetro do caule (DC) em soja TMG 2179 IPRO, submetidas à adubação fosfatada com e sem uso de semente inoculada, com dados aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura (DAS). IFTO, Araguatins/TO, 2017	29
TABELA 6: Médias do número de nódulos por planta (NNP), matéria fresca dos nódulos por planta (MFNP) e matéria seca dos nódulos por planta (MSNP) em soja TMG 2179 IPRO, submetidas à adubação fosfatada com e sem uso de semente inoculada, com dados coletados aos 45 e 47 dias após a semeadura (DAS) respectivamente. IFTO, Araguatins/TO, 2017	34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. JUSTIFICATIVA	13
3. OBJETIVOS	13
3.1 Objetivo geral	14
3.2 Objetivos específicos	14
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
4.1 Deficiência de Fósforo no solo e na planta	15
4.2 Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	17
4.3 Inoculação de sementes	18
4.4 Nodulação	18
4.5 Considerações sobre a soja (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill.)	19
5. MATERIAL E MÉTODOS	22
5.1 Área experimental	22
5.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos	23
5.3 Condução do experimento	24
5.4 Variáveis analisadas	25
5.5 Análise estatística	27
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6.2 Experimento 1: Análise não-destrutiva	28
6.2.1 Altura da planta (AP)	28
6.2.2 Diâmetro do caule (DC)	29
6.2.3 Número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV)	29
6.3 Experimento 2: Análise destrutiva	31
6.3.1 Matéria fresca da parte aérea (MFPA) e matéria seca da parte aérea (MSPA)	31
6.3.2 Matéria fresca de raízes e matéria seca de raízes	32
6.3.3 Número de nódulos por planta (NNP), matéria fresca de nódulos por planta (NNP) e matéria seca de nódulos por planta (MSNP)	33
CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS	36

1. INTRODUÇÃO

A presença de nutrientes é um dos aspectos fundamentais para a qualidade dos solos e consequentemente produtividade sustentável. Dentre os nutrientes requeridos pelas plantas, o P apresenta um paradoxo, mesmo sendo um dos elementos químicos mais abundantes na crosta terrestre, todavia, oferece menor índice de biodisponibilidade (BERALDI et al., 2015). Dessa forma, é um dos nutrientes que merecem mais atenção para a produção agrícola nos solos da Região do Cerrado, pois a disponibilidade desse elemento, em condições naturais é muito baixa. Portanto, a adubação fosfatada torna-se uma prática imprescindível nesse ambiente (SOUSA et al., 2004).

O P participa de vários processos metabólicos nas plantas, como transferência de energia, síntese de ácidos nucleicos, glicose, respiração, síntese e estabilidade de membrana, ativação e desativação de enzimas, reações redox, metabolismo de carboidratos e fixação de N_2 (VANCE et al., 2003). Dessa forma, as limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento deste elemento a níveis adequados (TANGUILIG et al., 1987).

Além do P, outro nutriente que merece destaque no desenvolvimento da soja é o nitrogênio. De acordo com Hungria et al (2001), as fontes de N para a cultura da soja são basicamente os fertilizantes nitrogenados e o N atmosférico que se torna disponível através da fixação biológica do nitrogênio (FBN). No entanto, Vargas et al (2004) destacaram que o uso de adubos nitrogenados nem sempre é economicamente viável, devido ao seu custo elevado e baixo índice de aproveitamento. Portanto, segundo esses mesmos autores, o melhor aproveitamento do processo de fixação biológica do N_2 atmosférico torna-se uma melhor opção, pois reduz o custo de produção e o risco de poluição ambiental provocada pelos adubos nitrogenados.

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) é considerada como o mais notável exemplo prático de utilização de fixação de N_2 , sendo cultivada em cinco milhões de hectares do Cerrado, sem o uso de adubos nitrogenados (VARGAS et al., 2004). Entretanto, segundo Bizarro (2004), para que a fixação de nitrogênio ocorra, é necessário que as

bactérias do gênero *Bradyrhizobium* estejam presentes no solo, junto à semente da soja, desta forma, este processo é viabilizado pela prática da inoculação

O Brasil apresenta importantes diferenciais para elevar sua produção agrícola, materializados nas significativas reservas de terras agricultáveis, na disponibilidade de água para irrigação e de tecnologias para produção em regiões tropicais, além do clima favorável para elevar seus níveis de produtividade técnica (AGNOL, 2010). Porém, ainda necessita de estudos que potencializem a produção, gerando menos gastos e dispondo de tecnologias que não prejudiquem o meio ambiente.

Desta forma, visto a importância do P e do N para a cultura da soja e a real necessidade de se produzir de forma cada vez mais sustentável e, além disso, reduzindo os custos de produção, objetivou-se com o estudo avaliar o efeito de diferentes dosagens de P no desenvolvimento da cultura da soja, associado ao uso de sementes não-inoculadas e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*.

2. JUSTIFICATIVA

Embora a soja seja cultivada em praticamente todos os estados brasileiros e possua grande importância, tanto econômica quanto social, suas técnicas de manejo em algumas regiões ainda apresentam deficiência, principalmente com relação à exigência de certos nutrientes, tornando-se um gargalo para a maioria dos produtores.

A deficiência nutricional dos solos brasileiros é bem acentuada, sobretudo em relação ao P e N, o que limita o desenvolvimento da agricultura no país. Desta forma, a presente pesquisa visa melhorar a qualidade do solo em termos de fertilidade, por meio da utilização da adubação fosfatada associada ao uso do inoculante (*Bradyrhizobium japonicum*) via semente, permitindo um melhor desenvolvimento de culturas de grande importância econômica como a soja.

O P e o N influenciam diretamente no potencial produtivo da planta e seu uso acaba gerando maiores custos ao produtor. Tendo em vista essa problemática, a adubação fosfatada aliada ao uso de inoculantes que propiciem a minimização de impactos ao meio ambiente e custos ao produtor é de grande relevância. Portanto, a recomendação da utilização mais eficiente acaba potencializando a produção agrícola, possibilitando o Tocantins ser um grande produtor de soja, já que o Estado faz parte da região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), considerada como nova fronteira agrícola e local estratégico para escoamento de produção.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito de doses de fósforo sobre o desenvolvimento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com e sem o uso de inoculante via semente, com o intuito de recomendar a maneira mais eficiente de sua utilização.

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito da aplicação de doses de fósforo associadas ao uso do inoculante no desenvolvimento do número de vagens por planta e número e grãos por vagem;
- Avaliar o efeito das dosagens de fósforo no acúmulo de matéria seca de raiz;
- Avaliar o efeito das doses de fósforo no desenvolvimento dos nódulos.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Deficiência de Fósforo no solo e na planta

A deficiência de fósforo pode ser mais limitante para a produção das culturas no mundo do que qualquer outra deficiência, toxidade ou doenças (LOPES,1995). Os sistemas agrícolas são expostos a ações naturais e antropogênicas que podem ser benéficas ou prejudiciais. Os efeitos prejudiciais são normalmente conhecidos como estresses. Dentre estes, o desequilíbrio entre nutrientes no solo destaca-se como um dos mais problemáticos, pois pode restringir o desenvolvimento da planta (CORREA et al., 2006). Um exemplo, neste sentido, são os solos do Cerrado Brasileiro que, em condições naturais são pobres em nutrientes essenciais às plantas, principalmente em fósforo (FAGERIA, 1998).

A deficiência de fósforo é observada com frequência em solos de baixa fertilidade e nos que possuem elevada taxa de adsorção desse nutriente, como os solos de cerrados (EMBRAPA, 2006). Reforçando essa ideia, Lima, Fidelis e Costa (2007) afirmaram que regiões de cerrado apresentam características físicas favoráveis, boa topografia e poucas limitações climáticas. Entretanto, apresentam solos, em sua maioria, com sérias limitações de fertilidade, principalmente em relação aos baixos valores de pH, elevados teores de alumínio trocável e baixos teores de nutrientes, com destaque para o fósforo.

O P total da maioria dos solos pode ser relativamente grande, entretanto processos geoquímicos e biológicos podem transformar os fosfatos naturais em formas estáveis, fixado, combinado com outros elementos como cálcio, ferro ou alumínio, formando compostos não assimiláveis pelas plantas (P-lábil) (AGROLINK, 2016). A retenção do P adicionado ao solo, em formas lábeis ou não, ocorre tanto pela sua precipitação em soluções iônicas (Al^{++} , Fe^{++} e Ca^{+}), quanto pela adsorção aos oxidróxidos de Fe e Al, presentes de modo geral, em maiores quantidades em solos tropicais intemperizados, de modo particular os mais argilosos (VALLADARES et al., 2003; ROLIM NETO et al., 2004).

De acordo com Fageria (1998) a disponibilidade de P é altamente dependente do pH e, segundo Voltolini et al (2015) a indisponibilidade de P está relacionada com a química presente nos solos utilizados, visto que, devido à elevada acidez encontrada nos mesmos e à sua baixa mobilidade no solo, este nutriente não fica

disponível para as plantas. A textura do solo também é outro fator que influencia diretamente na indisponibilização de fósforo às plantas.

O P atua na fotossíntese, na respiração, no armazenamento e na transferência de energia, na divisão celular, no crescimento das células e em vários outros processos da planta (LOPES, 1995). A absorção de fósforo pelas plantas depende da concentração de fósforo em solução e do seu deslocamento até a superfície da raiz (MARCOLAN, 2006). Portanto, segundo Anghinoni (2004) o fluxo de fósforo e a absorção pelas raízes das plantas são alterados pelas modificações na rizosfera, provocadas pelas próprias raízes, devido à absorção seletiva de íons e de água e a liberação de exsudatos.

A absorção deste elemento por parte da planta é mais ou menos constante, e a taxa de acumulação média geralmente não ultrapassa 0,4 kg/ha/dia (MOOY et al., 1973), o que determina que a sua disponibilidade na solução do solo seja fundamental para alcançar altas taxas de absorção e, dessa maneira, suprir as necessidades das plantas para a obtenção de altos rendimentos (VENTIMIGLIA et al., 1999).

Segundo Lopes (1995) o fósforo ajuda as raízes e as plântulas a se desenvolverem mais rapidamente, aumenta a resistência aos rigores do inverno, melhora a eficiência no uso da água, favorece a resistência às doenças em algumas plantas, acelera a maturidade, sendo importante para a colheita e a qualidade da cultura. Além disso, o desenvolvimento da parte aérea da planta é dependente do desenvolvimento e estabelecimento do sistema radicular. Como nos estádios iniciais das culturas, a capacidade de exploração do solo pelas raízes é baixa, e a disponibilidade de fósforo no solo precisa ser alta para garantir um satisfatório desenvolvimento das raízes (NUNES, 2015).

De acordo com Grant (2001) o estresse moderado de P pode não produzir sintomas evidentes de deficiência. Porém, sob deficiência mais severa, as plantas adquirem coloração que varia de verde-escura a púrpura. Em relação à deficiência desse nutriente na soja, Viecelli (2017) destacou que as plantas ficam defeituosas e atrofiadas, o caule se torna fino e espinhoso e tem ramificações reduzidas. A floração e a maturidade são retardadas, um menor número de vagens e menos sementes são formadas, ambos contribuindo para rendimento reduzido. As folhas tornam-se menores em tamanho e aparece verde escuro a verde azulado na cor.

4.2 Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)

A disponibilização de nitrogênio para as culturas pode ocorrer de formas diferenciadas de acordo com a espécie vegetal. Este nutriente pode ser absorvido do solo na forma de NH_4^+ ou de NO_3^- ou por meio do N_2 atmosférico pela fixação biológica (FAGAN et al., 2007). No Brasil, a semeadura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem sido recomendada sem uso de fertilizantes nitrogenados. A adaptabilidade da cultura às mais diversas condições edafoclimáticas brasileiras deve-se, em grande parte, à FBN, que substitui a adubação nitrogenada mineral, propiciando redução significativa do custo de produção (HUNGRIA et al., 2007).

A soja é uma das culturas que mais necessita de nitrogênio (N) para seu crescimento e desenvolvimento (PAZINATTO et al., 2015). O nitrogênio, dentre os macronutrientes primários, é o que tem efeito mais rápido sobre o crescimento vegetal. Tem como função básica o crescimento das plantas, é responsável pela cor verde escura das mesmas e, como promove o desenvolvimento do sistema radicular, melhora a absorção de outros nutrientes do solo (SENGIK, 2003).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) representa um dos principais fatores de competitividade da cultura da soja (ZILLI et al., 2008) e é o processo por meio do qual o nitrogênio presente na atmosfera (N_2) é convertido em formas que podem ser utilizadas pelas plantas. A reação é catalisada pela enzima nitrogenase, que é encontrada em todas as bactérias fixadoras (MENDES, JÚNIOR e CUNHA, 2010). Essas bactérias realizam o processo de fixação biológica praticamente de graça para o agricultor, em troca apenas de alguns produtos da fotossíntese das plantas (VARGAS e HUNGRIA, 1997).

Dentre os processos que permitem uma maior sustentabilidade, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) é reconhecida por diminuir o custo da produção e a dependência do agricultor por insumos industrializados (SILVA et al., 2006). Portanto, o uso de bactérias fixadoras de nitrogênio em soja e outras leguminosas já é uma prática reconhecida como indispensável na moderna agricultura (ARAUJO, 2016) e consiste na principal fonte de nitrogênio para a cultura da soja (BÁRBARO, BRANCALIAO e TICELLI, 2008).

Contudo, alguns fatores que podem limitar a fixação de nitrogênio e conseqüentemente a produtividade em *Glycine max* (L.) Merrill., relacionam-se a competição por sítios nodulares entre estirpes utilizadas nos inoculantes e os rizóbios

do solo, quando estas são de menor eficiência (BÁRBARO, BRANCALIÃO e TICELLI, 2008). Além disso, a quantidade de nitrogênio fixada depende de outros fatores, como tipo de leguminosa, eficiência do *Rhizobium*, condições ambientais (temperatura, intensidade da radiação solar, pH do solo) e fertilizante do solo (FAGERIA, 1998).

4.3 Inoculação de sementes

O inoculante turfoso, é um produto especial canadense esterilizado por radiação gama. Possui alto teor de matéria orgânica, proporciona alta concentração de rizóbios (5×10^9 rizóbios por grama), melhora os níveis de matéria orgânica do solo, fornece grande parte de N que a soja necessita, potencializa a fixação biológica de N, aumentando o rendimento de grãos por planta e dispensa o uso de adubos nitrogenados, como uréia e nitratos (SANTOS, 2013). Quanto à aplicação do inoculante, geralmente o produto é aplicado diretamente sobre a semente, com a ajuda de um adesivo. Outras formas também foram desenvolvidas como a peletização, uso de inoculante líquido, granulado, etc (REIS, 2007).

O uso de inoculantes contendo rizóbios, em diversas leguminosas substituindo total ou parcialmente os adubos nitrogenados, propicia uma economia significativa nos custos de produção (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Desta forma, a inoculação de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* em sementes de soja proporciona uma considerável redução no custo de produção dessa cultura pela eliminação da necessidade de adubação nitrogenada, evitando, também, efeitos negativos ao meio ambiente, devido ao processo de lixiviação de formas nitrogenadas, poluindo rios e lagos, e, por desnitrificação, afetando a camada de ozônio (EMBRAPA, 2001).

No Brasil, o melhor exemplo de utilização deste processo é na cultura da soja, onde a adubação química nitrogenada é totalmente substituída pela utilização de inoculantes contendo bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (MERCANTE, 2007).

4.4 Nodulação

A soja, como Fabácea, também é uma planta nodulífera, pois as raízes, além de exercerem as funções normais (ancoragem física, absorção de água e elementos minerais em solução), podem estabelecer relação simbiótica com espécies de bactérias capazes de fixar o N molecular (N_2) presente no solo (CÂMARA, 2014).

Além disso, temperatura do solo situada entre 25 e 35°C são apontadas como adequadas para boa nodulação e fixação do nitrogênio (NORRIS e DATE, 1976).

No caso da soja, bactérias que pertencem ao gênero *Bradyrhizobium* se associam simbioticamente às plantas, formando estruturas especializadas nas raízes da soja, chamadas nódulos, nos quais ocorre o processo de fixação biológica (HUNGRIA, 2001). Os nódulos bacterianos provenientes da inoculação ocorrem mais intensamente na coroa da raiz, concentrando-se mais na raiz principal do que nas raízes secundárias (CÂMARA, 2014).

Para que ocorra a fixação biológica de N é necessário que a nitrogenase se encontre em condições anaeróbicas. Os nódulos possuem uma heme proteína, chamada de leghemoglobina, que se liga ao oxigênio e que está presente em altas concentrações nos nódulos. A planta produz a porção globina em resposta à infecção da bactéria, tendo esta proteína uma alta afinidade por O₂ (SANTOS, 2013).

4.5 Considerações sobre a soja (*Glycine max* (L.) Merrill.)

A soja é uma planta que pertence ao reino Plantae, divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, ordem Fabales, família Fabaceae (Leguminosae), Subfamília Faboideae (Papilionoideae), gênero *Glycine*, espécie *Glycine max* e forma cultivada *Glycine max* (L.) Merrill (FIORESE, 2013). Quanto a sua origem, Câmara (2014) relata que a soja (*Glycine max* Merrill) tem como centro de origem o continente asiático, mais precisamente, a região correspondente à China Antiga e, de acordo com Missão (2006) sua aparição no Brasil deu-se no início do século XX, mas seu impulso maior aconteceu em meados dos anos 70, em razão da grande quebra de safra da Rússia e a incapacidade dos Estados Unidos suprirem a demanda mundial.

A *Glycine max* (L.) merrill é uma planta herbácea anual, que apresenta caule ereto, ramificado e piloso, normalmente com altura variando de 30 a 150 cm. As folhas primárias são unifoliadas e opostas e as demais folhas são trifoliadas e pinadas. Apresenta pequenas flores reunidas em cachos curtos com coloração branca, rosada ou violácea, que uma vez polinizadas originam vagens oblongadas e pilosas, com uma a 5 sementes. As sementes são lisas, ovóides ou globulosas, possuindo hilo quase sempre castanho, mas cuja coloração varia de acordo com a variedade (GOMES, 1990). De modo geral, as cultivares disponíveis no mercado brasileiro tem ciclos entre 100 e 160 dias e podem ser classificados em grupos de

maturação precoce, semiprecoce, médio, semitardio e tardio, dependendo da região (NUNES, 2016.). O sistema radicular é do tipo pivotante, em que a raiz principal é bem desenvolvida e raízes secundárias em grande número, ricas em nódulos de bactérias *Rhizobium Japonicum*, que são responsáveis por fixar nitrogênio atmosférico (MISSÃO, 2006).

O nó é a parte do caule onde a folha se desenvolve e é usado para a determinação dos estádios vegetativos, uma vez que é permanente, enquanto a folha é temporária porque se desprende do caule (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007). As subdivisões da fase vegetativa são representadas numericamente como V1, V2, V3, até Vn, menos os dois primeiros estádios que são designados como VE (emergência) e VC (estádio de cotilédone) (RITCHIE; THOMPSON; BENSON, 1997). A fase reprodutiva da soja, que compreende o florescimento, desenvolvimento dos legumes, enchimento de grãos e maturação (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005), é representada pela letra R e apresenta oito subdivisões ou estádios (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Segundo Silva, Lima e Batista (2010) a soja representa, em nível mundial, o papel de principal oleaginosa produzida e consumida. Tal fato se justifica pela importância do produto tanto para o consumo animal, através do farelo da soja, quanto para o consumo humano, através do óleo. Hirakuri e Lazzarotto (2011) relataram que além de ser a principal oleaginosa cultivada no mundo, faz parte do conjunto de atividades agrícolas com maior destaque no mercado mundial, assim, a cultura está entre as atividades econômicas que, nas últimas décadas, apresentaram crescimentos mais expressivos.

A cultura da soja ganha cada vez mais importância na agricultura mundial. Devido a grande diversidade do uso da oleaginosa e ao aumento da demanda global por alimentos, a área destinada ao cultivo de soja vem aumentando anualmente (MOREIRA, 2012). Seus grãos são muito usados pela agroindústria (produção de óleo vegetal e rações para alimentação animal), indústria química e de alimentos. Recentemente, vem crescendo também o seu uso como fonte alternativa de biocombustível (COSTA NETO e ROSSI, 2000).

A soja é uma importante fonte de divisas para o Brasil, contribuindo com uma parcela significativa das exportações brasileiras (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007) e, além de sua importância econômica, a soja é responsável pela posição de destaque do país no cenário mundial, na produção de alimentos, sendo

considerado o segundo maior produtor dessa oleaginosa, apresentando grande probabilidade de assumir a primeira colocação nas próximas décadas (PINTO, 2010). De acordo com a Conab (2017), o Brasil continua sendo responsável pelo segundo lugar na safra mundial (30,90%) e primeiro no ranking dos exportadores desse grão (59,50 milhões de toneladas). Na região Norte-Nordeste foi onde ocorreu maior incremento percentual da área plantada com a oleaginosa no país (11,7%), apresentando uma produtividade de 2.963 kg/ha e produção de 14.710,6 mil toneladas na safra 16/17.

Um dos parâmetros para aferir a sustentabilidade da cultura é a sua produtividade, que permite produzir mais, na mesma área, com menor uso de insumos (GAZZONI, 2013). No entanto, apesar dos prognósticos positivos, ainda existem grandes desafios a serem superados para que este potencial produtivo seja totalmente efetivado (BORGHI et al., 2014).

De todos os fatores inerentes à produção agrícola, o clima aparece como aquele de mais difícil controle e maior ação sobre a limitação às máximas produtividades (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007). A temperatura atua diretamente em todas as fases da cultura, ou seja, processos de germinação, crescimento, floração, frutificação, bem como na respiração, fotossíntese e na absorção de água e nutrientes (EMBRAPA, 2009).

A soja se adapta melhor às regiões onde as temperaturas oscilam entre 20°C e 30°C, sendo que a temperatura ideal para seu desenvolvimento está em torno de 30°C. A semeadura da soja deve ser evitada caso a temperatura do solo estiver abaixo de 20°C, pois a germinação e emergência da planta fica comprometida, o que resulta em baixa produtividade. Desta forma, a faixa ideal de temperatura do solo para se fazer o plantio gira em torno de 20 e 30°C, sendo 25°C a temperatura ideal para que se tenha uma emergência de plantas rápida e uniforme (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área experimental

O presente estudo foi conduzido no viveiro de mudas pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, localizado nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 5°39'04" (s) e longitude 48°07'28" (w), com altitude de aproximadamente 103 m. O clima característico da região, segundo a classificação de Koppen-Geiger, é do tipo Aw, ou seja, clima tropical com estação seca de inverno, com precipitação média anual de 1500 mm e temperatura média anual de 28,5°C (INMET, 2016). O solo utilizado para o experimento foi classificado como Vertissolo Ebânico Órtico, possuindo textura argilosa, relevo plano e apresentou pastagem como cultivo antecessor.

Foram realizados dois experimentos no viveiro, sendo utilizado o mesmo solo e tratamentos para ambos, a saber:

Experimento 1: área destinada às análises não-destrutivas;

Experimento 2: área destinada às análises destrutivas.

Antes da instalação dos experimentos foram coletadas amostras do solo de uma área próxima ao viveiro de mudas para a análise química (teores de P, K, Ca, Mg, Al, (H+Al), M.O. (matéria orgânica) e pH em água (Tabela 1), e física (Areia, Silte e Argila) (Tabela 2), de acordo com o Manual de Análises Químicas desenvolvido por Silva (1999), na profundidade de 0-20 cm.

TABELA 1 - Análise química do solo utilizado para o experimento antes da implantação. IFTO, Araguatins/TO. Abril de 2017.

Profundidade	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	T	V	M.O
(cm)	(H ₂ O)	mg/dm ³		cmol _c /dm ³						(%)	(%)
0-20	5,6	30,8	113	17,5	4,8	0,0	7,92	23,10	31,02	74,47	3,41

TABELA 2 - Análise física do solo utilizado para o experimento antes da implantação. IFTO, Araguatins/TO. Abril de 2017.

Profundidade	AREIA	ARGILA	SILTE
(cm)	%		
0-20	38,12	40,64	21,24

5.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com 8 tratamentos e quatro repetições, resultando em 32 parcelas experimentais, tanto para o experimento 1 quanto para o 2. Os tratamentos foram os mesmos para ambos os experimentos e, consistiram na utilização de semente inoculada e semente não-inoculada, associadas a diferentes dosagens de P (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹) (Tabela 3).

TABELA 3 - Descrição dos tratamentos

Sigla	Tratamentos
T1	(Testemunha) Semente não-inoculada, com 0 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹
T2	Semente inoculada, com uso de 100 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹
T3	Semente inoculada, com uso de 200 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹
T4	Semente inoculada, com uso de 300 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹
T5	Semente não-inoculada, com uso de 100 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹
T6	Semente não-inoculada, com uso de 200 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹
T7	Semente não inoculada, com uso de 300 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹
T8	Semente inoculada, 0 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹

Após realização do sorteio, os tratamentos foram distribuídos na área do viveiro, conforme estão descritos na figura 1 e 2.

T1R1	T1R4	T2R2	T7R2
T6R4	T3R1	T2R4	T7R1
T1R3	T3R4	T6R3	T2R3
T3R2	T4R1	T1R2	T7R3
T5R3	T2R1	T7R4	T3R3
T8R4	T5R4	T4R3	T8R3
T4R4	T4R2	T6R2	T8R2
T5R1	T6R1	T8R1	T5R2

Figura 1 – área do experimento 1 (análise não-destrutiva)

T1R1	T1R4	T2R2	T7R2
T6R4	T3R1	T2R4	T7R1
T1R3	T3R4	T6R3	T2R3
T3R2	T4R1	T1R2	T7R3
T5R3	T2R1	T7R4	T3R3
T8R4	T5R4	T4R3	T8R3
T4R4	T4R2	T6R2	T8R2
T5R1	T6R1	T8R1	T5R2

Figura 2 - área do experimento 2 (análise destrutiva)

5.3 Condução do experimento

O solo utilizado no experimento foi coletado de 0 a 20 cm de profundidade e, depois de ser seco ao ar foi submetido ao processo de peneiramento, com a finalidade de retirar os torrões e deixá-lo mais uniforme possível. Desse modo, o trabalho foi realizado em vasos cilíndricos com capacidade de 10 litros, os quais foram preenchidos com 9 kg do solo já peneirado.

A dose de P foi determinada de acordo com a análise química do solo (Tabela 1), textura do solo (Tabela 2) e necessidade da cultura, sendo calculadas de acordo com o volume de solo por vaso. Nas doses foram utilizadas quantidades inferiores e superiores à recomendada para a soja. Deste modo, nos tratamentos foram utilizadas doses de 0, 100, 200 e 300 kg P_2O_5 ha⁻¹ na forma de Monoamônio Fosfato (MAP - 50% de P_2O_5), aplicadas no plantio. A adubação potássica de manutenção foi realizada em uma única aplicação antes da semeadura, utilizando-se 60 kg de K_2O ha⁻¹, na forma de Cloreto de Potássio (KCl - 60% de K_2O).

Para a inoculação das sementes de soja foi utilizado inoculante turfoso comercial, o qual continha duas estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079 e SEMIA 5080) com número mínimo de 5×10^9 células viáveis g⁻¹ de inoculante, da

marca Simbiose, na proporção de 60 g do inoculante para 50 kg de sementes, seguindo a recomendação de uso pelo fabricante impressa na embalagem do produto. A inoculação foi realizada com o umedecimento prévio das sementes com uma solução de amido de milho e água na proporção de 6 ml/kg de semente. O procedimento foi realizado 6 horas antes da semeadura, em ambiente fechado com ausência de incidência solar.

Utilizou-se a espécie *Glycine max* L., cultivar TMG 2179 IPRO da Tropical Melhoramento & Genética. Segundo informações da empresa produtora das sementes, esta cultivar possui garantia de germinação mínima de 80% e pureza 99%. Além disso, é compacta, com bom engalhamento, resistente ao acamamento e possui ciclo precoce. A semeadura foi realizada manualmente no dia 20 de abril de 2017, sendo efetuada a distribuição de 10 sementes por vaso, numa profundidade de 3 cm no solo. Posteriormente, aos 15 dias após a semeadura (DAS) realizou-se o desbaste, sendo conduzidas apenas duas plantas até o final do experimento.

Os vasos foram dispostos no chão e espaçados entre si por uma distância de 10 cm. No entanto, o experimento 1 e 2 estiveram distanciados um do outro por 1 metro.

O processo de irrigação foi feito diariamente e de forma manual, sempre mantendo o cuidado de colocar a mesma quantidade de água em cada parcela. Não foi verificado ataque severo de pragas e doenças. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente quando necessário.

5.4 Variáveis analisadas

De acordo com Adami (2007) os métodos destrutivos exigem a retirada da folha ou outras estruturas da planta. Já nos métodos não destrutivos as medidas são tomadas na planta, sem necessidade de remoção de estruturas, preservando sua integridade e permitindo a continuidade das medidas na mesma planta durante todo o ciclo de desenvolvimento.

Experimento 1: Análise não-destrutiva

a.1) **Altura da planta:** foi avaliada aos 15, 30, 45 e 60 DAS, sendo obtida com o auxílio de uma trena, medindo-se a distância entre a superfície do solo e o ápice da planta de soja. Posteriormente, retirou-se a média de cada avaliação em função do número de plantas amostradas por tratamento.

a2) **Diâmetro do caule:** foi avaliado aos 15, 30, 45 e 60 DAS, obtido com auxílio de paquímetro digital, medindo-se o diâmetro a 3 cm do solo, sendo o resultado dado em mm pela média das duas plantas que foram avaliadas;

a3) **Número de vagens por planta:** foi determinado pela contagem direta das vagens aos 75 DAS, onde dividiu-se pelo número de plantas avaliadas, resultando na média de vagens por tratamento.

a4) **Número de grãos por vagem:** foi determinado manualmente, aos 75 DAS, onde foi calculado dividindo-se o valor médio do número de grãos obtido por planta pelo número de vagens encontradas por planta.

Experimento 2: Análise destrutiva

As avaliações das análises destrutivas foram realizadas no estágio de pleno florescimento aos 45 DAS (período de máxima fixação biológica do N), com folhas completamente desenvolvidas e algumas flores abertas nos nós superiores da haste principal. Os parâmetros avaliados foram baseados na metodologia de Brandelero et al., (2009).

a5) **Número de nódulos por planta:** A avaliação da nodulação das raízes da soja foi verificada por meio da contagem dos nódulos. Foi realizada Desta forma, com auxílio de uma peneira de malha 3 mm e água corrente, os nódulos de cada planta foram separados do solo e das raízes, sendo colocados para secar ao ar e acondicionados em sacos de papel devidamente identificados. A partir de então foram sendo abertos e realizada a contagem manual do número de nódulos por planta. Posteriormente, foi feita a média de nódulos das duas plantas avaliadas em cada tratamento.

a6) **Matéria fresca de nódulos por planta:** para a determinação da matéria fresca dos nódulos, os mesmos foram destacados das raízes e pesados em balança analítica de precisão de 0,0001 g.

a7) **Matéria seca de nódulos por planta:** após a pesagem da matéria fresca, o material foi acondicionado em saco de papel e submetido a secagem em estufa com circulação de ar a 65°C até obter peso constante, em seguida o peso foi aferido com a utilização de balança analítica de precisão de 0,0001 g.

a8) **Matéria fresca da parte aérea:** para a avaliação da matéria fresca da parte aérea, as plantas foram seccionadas na altura da superfície do solo e, em seguida pesadas em balança analítica.

a9) **Matéria seca da parte aérea:** após a pesagem da matéria fresca, o material foi acondicionado em saco de papel devidamente identificado e submetido a secagem em estufa com circulação de ar a 65°C até obter peso constante, depois o peso das amostras foi aferido em balança analítica de precisão de 0,0001 g.

a10) **Matéria fresca das raízes:** com auxílio de uma peneira possuindo malha de 3 mm e água corrente, as raízes foram lavadas e postas à sombra para que o excesso de água fosse eliminado, e, em seguida foi feita a pesagem em balança analítica de precisão de 0,0001 g.

a11) **Matéria seca das raízes:** após a pesagem da matéria fresca, o material foi acondicionado em saco de papel devidamente identificado e submetido a secagem em estufa com circulação de ar a 65°C até obter peso constante ,posteriormente o peso das amostras foi aferido em balança analítica de precisão de 0,0001 g.

5.5 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software ASSISTAT, sendo as tabelas e gráficos elaborados no Microsoft Excel.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.2 Experimento 1: Análise não-destrutiva

6.2.1 Altura da planta (AP)

Os resultados apresentados para a altura de plantas (**Tabela 4**) mostraram que não houve diferença significativa entre os tratamentos nos períodos de 15, 45 e 60 DAS (dias após a semeadura) em função das dosagens de P_2O_5 e do uso de sementes inoculadas e não-inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*. Diferenciando dos dados obtidos por Valadão Júnior et al (2008) que, avaliando o efeito da adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia, verificou que as plantas apresentaram respostas significativas às doses de adubação fosfatada. No entanto, as médias de altura das plantas, encontradas no presente estudo, ficaram dentro do recomendado por Sedyama et al. (2005), os quais citam que a altura mínima desejável para a colheita mecanizada em solos de topografia plana está em torno de 50 a 60 cm.

TABELA 4 - Médias da altura das plantas (AP) em soja TMG 2179 IPRO, submetidas à adubação fosfatada com e sem uso de semente inoculada, com dados aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura (DAS). IFTO, Araguatins/TO, 2017.

Tratamentos ⁽¹⁾ —	AP (cm)			
	15 DAS	30 DAS	45 DAS	60 DAS
T1	18,50 a	36,12 ab	55,31 a	59,50 a
T2	16,56 a	30,37 b	55,00 a	62,00 a
T3	14,93 a	33,75 ab	57,81 a	65,75 a
T4	16,75 a	37,87 ab	63,06 a	69,87 a
T5	16,31 a	33,87 ab	56,37 a	64,75 a
T6	18,87 a	40,87 a	59,56 a	67,62 a
T7	17,18 a	36,62 ab	58,68 a	65,37 a
T8	16,75 a	32,25 ab	53,18 a	63,37 a
CV (%)	11,70	11,65	10,89	9,24
Dms	4,64	9,60	14,65	14,01

⁽¹⁾**T1:** Semente não-inoculada, 0 kg P_2O_5 ha⁻¹; **T2:** Semente inoculada, com uso de 100 kg P_2O_5 ha⁻¹; **T3:** Semente inoculada, com uso de 200 kg P_2O_5 ha⁻¹; **T4:** Semente inoculada, com uso de 300 kg P_2O_5 ha⁻¹; **T5:** Semente não-inoculada, com uso de 100 kg P_2O_5 ha⁻¹; **T6:** Semente não-inoculada, com uso de 200 kg P_2O_5 ha⁻¹; **T7:** Semente não inoculada, com uso de 300 kg P_2O_5 ha⁻¹; **T8:** Semente inoculada, 0 kg P_2O_5 ha⁻¹. *Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV%= coeficiente de variação.

6.2.2 Diâmetro do caule (DC)

Em relação ao diâmetro do caule não houve diferença significativa aos 15, 30 e 60 DAS (**Tabela 5**). Apresentando resultados semelhantes, Ribeiro et al (2017) avaliando o efeito da aplicação de fontes de fósforo no cultivo da soja não obteve diferença significativa.

Em contrapartida, aos 45 DAS verificou-se efeito significativo, mostrando que o tratamento T3, onde foi aplicada a dose de 200 kg P₂O₅ ha⁻¹, e semente inoculada com *Bradyrhizobium japonicum* apresentou melhor desempenho quando comparado aos tratamentos com dose 0 (testemunha) e 100 kg P₂O₅ ha⁻¹.

TABELA 5 - Médias do diâmetro do caule (DC) em soja TMG 2179 IPRO, submetidas à adubação fosfatada com e sem uso de semente inoculada, com dados aos 15, 30, 45 e 60 dias após a semeadura (DAS). IFTO, Araguatins/TO, 2017.

Tratamentos ⁽¹⁾ —	DC (mm)			
	15 DAS	30 DAS	45 DAS	60 DAS
T1	2,25 a	3,89 a	5,42 c	6,28a
T2	2,03 a	4,10 a	6,03 bc	6,91 a
T3	2,09 a	4,49 a	7,35 a	8,10 a
T4	2,08 a	4,59 a	6,67 ab	7,78 a
T5	1,94 a	3,73 a	5,52 c	8,14 a
T6	2,05 a	4,52 a	6,30 abc	8,38 a
T7	2,21 a	4,33 a	6,83 ab	7,56 a
T8	2,03 a	3,99 a	6,18 bc	8,57 a
CV (%)	11,51	9,94	7,63	26,93
dms	0,56	0,97	1,12	4,86

⁽¹⁾ **T1:** (Testemunha) Semente não-inoculada, 0 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T2:** Semente inoculada, com uso de 100 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T3:** Semente inoculada, com uso de 200 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T4:** Semente inoculada, com uso de 300 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T5:** Semente não-inoculada, com uso de 100 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T6:** Semente não-inoculada, com uso de 200 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T7:** Semente não inoculada, com uso de 300 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T8:** Semente inoculada, 0 kg P₂O₅ ha⁻¹. *Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV%= coeficiente de variação.

6.2.3 Número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV)

Os diferentes tratamentos testados neste estudo não influenciaram significativamente no número de vagens por planta (NVP), e no número de grãos por vagem (NGV) (**Figura 3**).

Martini et al. (2016) estudando adubação fosfatada via solo e via foliar na soja, obteve efeito não significativo para o parâmetro número de vagens por planta. Segundo esse mesmo autor, uma possível explicação para o fato, é de que a

adubação e as reservas disponíveis no solo foram suficientes para suprir a demanda dos nutrientes para as plantas emitirem flores, transformá-las em vagens e mantê-las com certa uniformidade para todos os tratamentos.

Mundstock e Thomas (2005) ressaltaram que dentre os componentes de produtividade de grãos, o parâmetro número de grãos por vagem é o que apresenta menor variação entre diferentes situações de cultivo. Segundo esses autores, isso demonstra uma uniformidade do melhoramento genético na busca de plantas com produção média de dois grãos por legume.

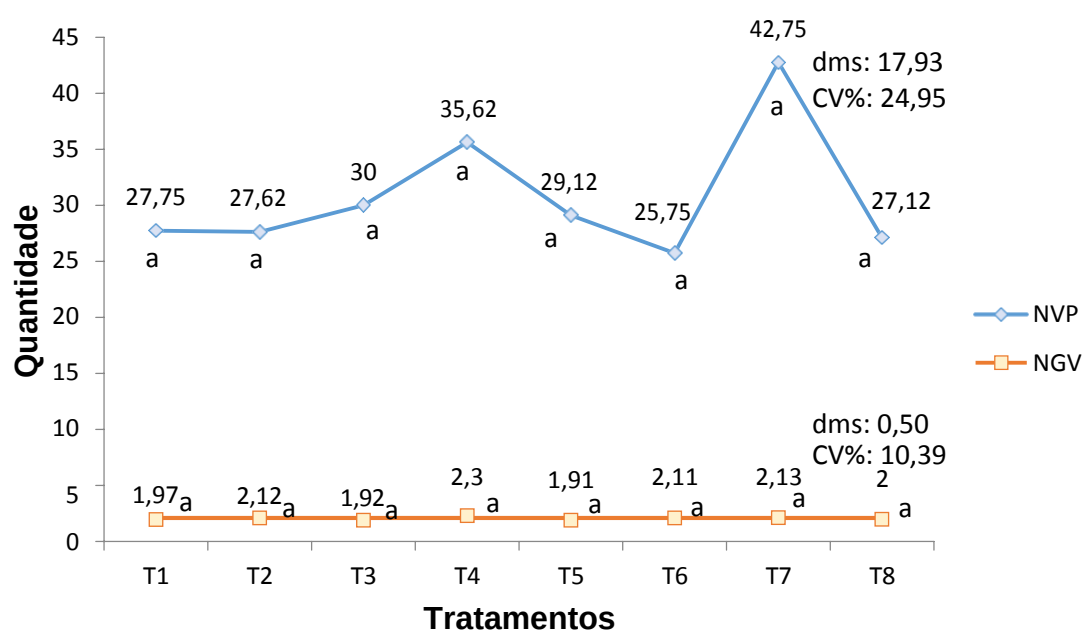


Figura 3 - Médias do número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por vagem (NGV) em soja TMG 2179 IPRO, submetidas à adubação fosfatada com e sem uso de semente inoculada, com dados coletados aos 75 dias após a semeadura (DAS). IFTO, Araguatins/TO, 2017. **T1:** (Testemunha) Semente não-inoculada, 0 kg P_2O_5 ha^{-1} ; **T2:** Semente inoculada, com uso de 100 kg P_2O_5 ha^{-1} ; **T3:** Semente inoculada, com uso de 200 kg P_2O_5 ha^{-1} ; **T4:** Semente inoculada, com uso de 300 kg P_2O_5 ha^{-1} ; **T5:** Semente não-inoculada, com uso de 100 kg P_2O_5 ha^{-1} ; **T6:** Semente não-inoculada, com uso de 200 kg P_2O_5 ha^{-1} ; **T7:** Semente não inoculada, com uso de 300 kg P_2O_5 ha^{-1} ; **T8:** Semente inoculada, 0 kg P_2O_5 ha^{-1} . *Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV%= coeficiente de variação. dms = diferença mínima significativa.

6.3 Experimento 2: Análise destrutiva

6.3.1 Matéria fresca da parte aérea (MFPA) e matéria seca da parte aérea (MSPA)

De acordo com a análise de variância, verificou-se que houve diferença significativa a 5% de probabilidade para os componentes matéria fresca da parte aérea (MFPA) e matéria seca da parte aérea (MSPA) (**Figura 4**).

Quanto à matéria fresca da parte aérea, nota-se que as médias mais altas foram verificadas nos tratamentos cujas dosagens de P foram superiores, tanto para as sementes com o uso do inoculante, quanto para as sem inoculação. Os tratamentos que se destacaram, apresentando maiores médias para esse parâmetro foram o T4 (Semente inoculada, com uso de 300 kg P_2O_5 ha⁻¹), T7 (Semente não inoculada, com uso de 300 kg P_2O_5 ha⁻¹), T3 (Semente inoculada, com uso de 200 kg P_2O_5 ha⁻¹) e T6 (Semente não-inoculada, com uso de 200 kg P_2O_5 ha⁻¹).

Em relação à matéria seca da parte aérea percebe-se que foi similar à matéria fresca, pois se observa que as dosagens de P mais elevadas proporcionaram um maior acúmulo de matéria seca da parte aérea, independente do uso ou não de semente inoculada. Segundo Bastos et al. (2010) plantas de desenvolvimento intenso e de ciclo curto, requerem maior nível de P em solução e reposição mais rápida do P-adsorvido que as plantas de culturas perenes. Desta forma, os tratamentos T4 (Semente inoculada, com uso de 300 kg P_2O_5 ha⁻¹), T2 (Semente inoculada, com uso de 100 kg P_2O_5 ha⁻¹), T3 (Semente inoculada, com uso de 200 kg P_2O_5 ha⁻¹), T6 (Semente não-inoculada, com uso de 200 kg P_2O_5 ha⁻¹) e T7 (Semente não inoculada, com uso de 300 kg P_2O_5 ha⁻¹) apresentaram médias superiores aos demais tratamentos.

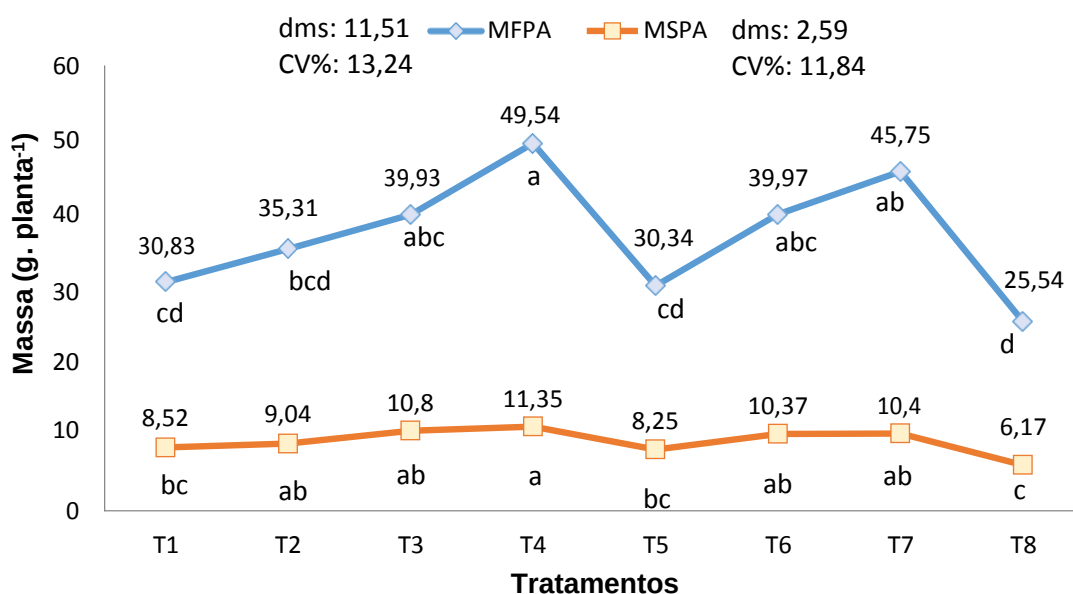


Figura 4 - Médias da matéria fresca da parte aérea (MFPA) e matéria seca da parte aérea (MSPA) em soja TMG 2179 IPRO, submetidas à adubação fosfatada com e sem uso de semente inoculada, com dados coletados aos 45 e 47 dias após a semeadura (DAS) respectivamente. IFTO, Araguatins/TO, 2017. **T1**: (Testemunha) Semente não-inoculada, 0 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T2**: Semente inoculada, com uso de 100 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T3**: Semente inoculada, com uso de 200 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T4**: Semente inoculada, com uso de 300 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T5**: Semente não-inoculada, com uso de 100 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T6**: Semente não-inoculada, com uso de 200 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T7**: Semente não inoculada, com uso de 300 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T8**: Semente inoculada, 0 kg P₂O₅ ha⁻¹. *Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV%= coeficiente de variação. dms = diferença mínima significativa.

6.3.2 Matéria fresca de raízes e matéria seca de raízes

Foi observada diferença significativa para matéria fresca de raízes (MFR), enquanto que para a variável matéria seca de raízes (MSR) não houve diferença significativa entre os tratamentos (**Figura 5**).

O sistema radicular das plantas, quando bem desenvolvido, é considerado fator importante na produção (FAGERIA, 1998) e, além disso, Baldin et al. (2011) descreve ser fundamental para a sustentação do vegetal, para a absorção de água e nutrientes. Nutrientes como cálcio, fósforo, boro, zinco, molibdênio, cobalto e cobre, influenciam o processo de enraizamento. Segundo Reicosky e Heatherly (1990) a extensão e a quantidade de raízes desenvolvidas em cada condição de ambiente dependem das características físicas do solo, do controle exercido por fatores genéticos e do balanço da relação entre a parte aérea e as raízes.

Em relação à variável matéria fresca de raízes, os tratamentos que tiveram a utilização do inoculante, T4 (300 kg P₂O₅ ha⁻¹) e T3 (200 kg P₂O₅ ha⁻¹) foram os que

apresentaram melhores médias para esse parâmetro, resultando em 7,43 g e 5,63 g de matéria fresca da raiz, respectivamente.

Apesar de não ter apresentado diferença estatística nos tratamentos com inoculação de sementes para matéria seca das raízes, os valores encontrados foram superiores aos de Rocha (2016) que, avaliando o uso do inoculante associado a doses de P no feijão caupi, encontrou maior massa seca das raízes com dose de 150 kg P_2O_5 ha^{-1} , resultando em valor estimado de 2 g, indicando que a alta adubação com P não promoveu efeito negativo na inoculação.

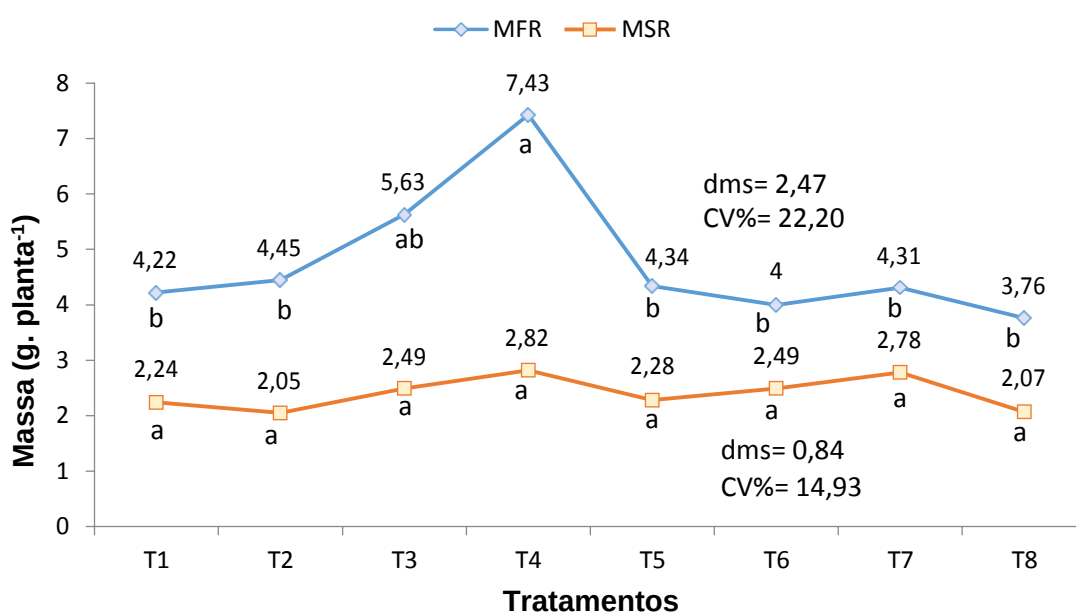


Figura 5 - Médias da matéria fresca das raízes (MFR) e matéria seca das raízes (MSR) em soja TMG 2179 IPRO, submetidas à adubação fosfatada com e sem uso de semente inoculada, com dados coletados aos 45 e 47 dias após a semeadura (DAS) respectivamente. IFTO, Araguatins/TO, 2017. **T1:** (Testemunha) Semente não-inoculada, 0 kg P_2O_5 ha^{-1} ; **T2:** Semente inoculada, com uso de 100 kg P_2O_5 ha^{-1} ; **T3:** Semente inoculada, com uso de 200 kg P_2O_5 ha^{-1} ; **T4:** Semente inoculada, com uso de 300 kg P_2O_5 ha^{-1} ; **T5:** Semente não-inoculada, com uso de 100 kg P_2O_5 ha^{-1} ; **T6:** Semente não-inoculada, com uso de 200 kg P_2O_5 ha^{-1} ; **T7:** Semente não inoculada, com uso de 300 kg P_2O_5 ha^{-1} ; **T8:** Semente inoculada, 0 kg P_2O_5 ha^{-1} . *Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV%= coeficiente de variação. dms = diferença mínima significativa.

6.3.3 Número de nódulos por planta (NNP), matéria fresca de nódulos por planta (NNP) e matéria seca de nódulos por planta (MSNP)

Pela tabela 6 observa-se que por meio da análise de variância houve diferença significativa a 5% de probabilidade, para o componente número de nódulos por planta (NNP) e matéria seca dos nódulos por planta (MSNP), no entanto, para a

variável matéria fresca de nódulos por planta (MSNP) não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Koutroubas et al. (1998), citam que a produtividade de grãos está positivamente relacionada com a capacidade de nodulação das raízes nos estágios de florescimento e enchimento de grãos, estágios em que é intensa a atividade metabólica, portanto a planta deve estar bem suprida de N e fotoassimilados, características fornecidas pela presença de nódulos ativos nas raízes.

TABELA 6 - Médias do número de nódulos por planta (NNP), matéria fresca dos nódulos por planta (MFNP) e matéria seca dos nódulos por planta (MSNP) em soja TMG 2179 IPRO, submetidas à adubação fosfatada com e sem uso de semente inoculada, com dados coletados aos 45, 45 e 47 dias após a semeadura (DAS) respectivamente. IFTO, Araguatins/TO, 2017.

Tratamentos ⁽¹⁾	NNP	MFNP	MSNP
T1	9,25 ab	0,29 a	0,11 ab
T2	6,87 ab	0,18 a	0,08 ab
T3	7,62 ab	0,28 a	0,09 ab
T4	7,75 ab	0,17 a	0,06 b
T5	15,50 a	0,55 a	0,21 a
T6	7,62 ab	0,23 a	0,10 ab
T7	1,12 b	0,04 a	0,02 b
T8	16,75 a	0,55 a	0,14 ab
CV (%)	59,51	75,81	55,84
Dms	12,61	0,51	0,13

⁽¹⁾**T1:** (Testemunha) Semente não-inoculada, 0 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T2:** Semente inoculada, com uso de 100 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T3:** Semente inoculada, com uso de 200 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T4:** Semente inoculada, com uso de 300 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T5:** Semente não-inoculada, com uso de 100 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T6:** Semente não-inoculada, com uso de 200 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T7:** Semente não inoculada, com uso de 300 kg P₂O₅ ha⁻¹; **T8:** Semente inoculada, 0 kg P₂O₅ ha⁻¹. *Médias seguidas de mesma letra letra minúscula, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV%= coeficiente de variação. dms = diferença mínima significativa.

Tanto para o número de nódulos quanto matéria seca dos nódulos, percebe-se que houve uma relação negativa para os tratamentos T4 (Semente inoculada, com uso de 300 kg P₂O₅ ha⁻¹) e T7 (Semente não inoculada, com uso de 300 kg P₂O₅ ha⁻¹), mostrando que a maior dose de P pode ter influenciado o resultado destes parâmetros avaliados.

Uma possível explicação é que, de acordo com Rocha (2016) acima do nível de adubação, a planta deixa de fazer simbiose com a bactéria, pois entende que não necessita mais deste mecanismo, que promove gasto de energia, porque existe disponibilidade de nutrientes no solo adequadas para seu desenvolvimento. Diminuindo assim a quantidade de nódulos produzidos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adubação fosfatada associada ao uso do inoculante não promoveu incrementos significativos quanto ao número de vagens por planta e número de grãos por vagem.

Em relação ao sistema radicular, as diferentes dosagens de fósforo não promoveram efeito significativo para o parâmetro matéria seca de raízes.

Quanto ao desenvolvimento dos nódulos, observou-se que nos tratamentos em que foi utilizada a maior dose ($300 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) pode ter sido prejudicial ao desenvolvimento dos mesmos, indicando que a utilização de fósforo em excesso não favorece o acréscimo dos nódulos, o que necessita de mais estudos nessa área.

REFERÊNCIAS

- ADAMI, M. **Estimativa de área foliar de soja usando imagens digitais e dimensões foliares**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 9-14.
- AGNOL, A.D. **Desenvolvimento, mercado e rentabilidade da soja brasileira**. Circular Técnica, Londrina-PR, 2010.
- AGROLINK.**Fósforo**.2016.Disponívelem:<https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/fosforo_361445.html > acesso em 19 de julho de 2017.
- ANGHINONI, I. Fatores que interferem na eficiência da adubação fosfatada. In: YAMADA, T.; ABDALA, S.R.S. (Ed.) **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004. p.537-562.
- ARAUJO, S.C. **O ensino da fixação biológica do nitrogênio**. ANPIL, Campinas, 2016.
- BALDIN, D.L. et al. **Formulado comercial na nodulação e desenvolvimento inicial em soja**. XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Espírito Santo do Pinhal-SP, 2011.
- BÁRBARO, I.M; BRANCALIÃO, S.R.; TICELLI, M. **É possível a fixação biológica de nitrogênio no milho?**. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_2/fixacao/index.htm>. Acesso em 18 de julho de 2017.
- BASTOS, A.L.; COSTA, J.P. V.; SILVA, I.F.; RAPOSO, R.W. C.; OLIVEIRA, F.A. & ALBUQUERQUE, A.W. **Resposta do milho a doses de fósforo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB. v.14, n.5, p.485–491, 2010.
- BERALDI, F.A. et al. **Isolamento de micro-organismos capazes de solubilizar fósforo de solos brasileiros**. Cascavel-PR, 2015.
- BORGHI, E. et al. **Produção de soja no estado do Tocantins: percepções iniciais sobre o sistema produtivo**. Londrina-PR, 2014.
- BRANDELERO, E.M. et al. Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos nos rendimentos de grãos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 581-588, jul./set. 2009.
- CÂMARA, G.M.S. **Fixação Biológica de Nitrogênio em soja**. Informações agronômicas nº 147, set/2014.
- CONAB. Observatório agrícola: **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Sexto levantamento, safra 2016/17, março/2017.

CORREA, J.C. et al. **Doses de boro e crescimento radicular e da parte aérea de cultivares de arroz de terras altas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, n. 6, p. 1077-1082, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n6/a17v30n6.pdf>>. Acesso em: 15 de julho de 2017.

COSTA NETO, P. R. e ROSSI, L. F. S. **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura**. Química Nova, v.23, p. 4, 2000.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil 2001**. Londrina: Embrapa-CNPSO. 199 p. 2001.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa agropecuária. **Exigências Climáticas**. 2009. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/CultivodeSojanoCerradodeRoraima/clima.htm>> Acesso em 10 de agosto de 2016.

EMBRAPA. **Deficiências Nutricionais**. Sistemas de Produção, 1 - 2ª ed., 2006. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/deficiencias.htm> acesso em 19 de julho de 2017.

FAGAN, E. B. et al. **Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja – revisão**. Revista da FZVA. Uruguaiana, 2007, v. 14, n. 1, p. 89-106.

FAGERIA, N.K. **Otimização da Eficiência Nutricional na Produção das Culturas**. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, Campina Grande, v.2, p.6-16, 1998.

FARIAS, J.R.B; NEPOMUCENO, A.L; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Embrapa, Londrina-PR, 2007.

FIGUEIREDO, K.F. **Avaliação das características agrônômicas e produtividade de cultivares de soja em diferentes sistemas de semeadura**. Universidade de Brasília – UnB. 2013.

GAZZONI, D. L. **A sustentabilidade da soja no contexto do agronegócio brasileiro e mundial**. Embrapa soja, Londrina-PR, 2013.

GOMES, P. **A Soja**. 5. ed. São Paulo, 1990. 152 p.

GRANT, C.A. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Informações agrônômicas nº 75, set/2001.

HIRAKURI, H. M.; LAZZAROTTO, J.J. **Evolução e Perspectivas de Desempenho Econômico Associadas com a Produção de Soja nos Contextos Mundial e Brasileiro**. Embrapa soja, Londrina- PR, 2011.

HUNGRIA, M. et al. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Embrapa, agosto/2001.

HUNGRIA, M. et al. **Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48p.

HUNGRIA, M. et al. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 80 p. (Embrapa Soja. Documentos, 283). 2007.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), 2016. Disponível em: <<http://sisdagro.inmet.gov.br:8080/sisdagro/app/monitoramento/bhc>>, acesso em 30 de outubro de 2016.

KOUTROUBAS, S.D. et al. **The importance of early dry matter and nitrogen accumulation in soybean yield**. European Journal of Agronomy, v.9, p.1-10, 1998.

LIMA, S.O.; FIDELIS, R.R.; COSTA, S.J. **Avaliação de Fontes e Doses de Fósforo no Estabelecimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no Sul do Tocantins**. Goiânia, jun/2007.

LOPES, A.S. **Manual Internacional de Fertilidade do solo**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1995.

MARCOLAN, A.L. **Suprimento e absorção de fósforo em solos submetidos a diferentes sistemas de preparo**. Porto Alegre-RS, jun/2006.

MARTINI, M.D. et al. **Adubação via solo e via foliar na cultura da soja**. Anais da X Seagro, Cascavel-Pr, jun/2016.

MENDES, I.C.; JÚNIOR, F.B.R.; CUNHA, M.H. **20 Perguntas e Respostas sobre Fixação Biológica de Nitrogênio**. Embrapa, fev/2010.

MISSÃO, M.R. **Soja: origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado**. Maringá Management: Revista de Ciências Empresariais, v. 3, n.1 - p.7-15, jan./jun. 2006.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 729p. 2006.

MOREIRA, M.G. **Soja – Análise da Conjuntura Agropecuária**. DERAL - Departamento de Economia Rural, out/2012.

MOOY, DE C.J.; PESEK, J.; SPALDON, F. **Mineral nutrition**. In: CALDWELL, B.E. (Ed.). Soybeans: improvement, production and uses. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1973. p.267-334.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Departamento de plantas de lavouras da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005.

NORRIS, D.O.; DATE, R.A. Legume bacteriology. In: SHAW, N.H.; BRYAN, W.W., (Eds). **Tropical pasture research: principles and methods**. Hurley: Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crop, 1976.

NUNES, J.L.S. **Eficiência da aplicação de fósforo nos solos agrícolas**. Revista Campo & Negócios, jun/2015.

NUNES, J.L.S. **Características da Soja (*Glycine max*)**. Agrolink, 2016.

PAZINATTO, E. et al. **Rendimento e viabilidade econômica da cultura da soja submetidas a doses e fontes nitrogenadas em cobertura**. Unoesc & Ciência - ACET Joaçaba, v. 6, n. 1, p. 83-88, jan./jun. 2015.

PINTO, J.F. **Comportamento da plasticidade de plantas de soja frente a falhas e duplas dentro de uma população**. Pelotas-RS, 2010.

REICOSKY, D.C.; HEATHERLY, L.G. Soybean. In: STEWART, B.A.; NIELSEN, D.R. **Irrigation of agricultural crops**. Madison: ASA/ CSSA/SSSA,1990.

REIS, V.M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Embrapa, Seropédica-RJ, 2007.

RIBEIRO, L.C.A et al. **Aplicação de fontes de fósforo no cultivo da soja**. 5º Whorkshop Brasileiro de Fertilizante, 2017.

RITCHIE, S. W.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. **Como a planta de soja se desenvolve**. Tradução de: [Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato]. Piracicaba, SP: POTAFOS, 1997. 21 p. (Arquivo do agrônomo, n. 11). Disponível em:
<[http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/9eb3e1289bf2532b83257aa0003bf72a/\\$file/c omo%20a%20planta%20da%20soja%20desenvolve.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/9eb3e1289bf2532b83257aa0003bf72a/$file/c%20a%20planta%20da%20soja%20desenvolve.pdf)>. Acesso em: 22 julho de 2017.

ROCHA, W.S. **Inoculação e Doses de Fósforo em Feijão Caupi no Sul do Estado do Tocantins**. Gurupi-TO, 2016.

ROLIM NETO, F.C.; SCHAEFER, C.E.G.R.; COSTA, L. M.; CORRÊA, M. M.; FERNANDES FILHO, E. L.; IBRAIMO, M. M. **Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos de solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Parnaíba, MG**. R. Bras. Ci. Solo, v. 28, p. 953-964, 2004.

SANTOS, A.D. **Viabilidade da inoculação de sementes de soja com produtos comerciais a base de bradyrhizobium japonicum antes da semeadura**. Palotina-PR, 2013.

SEDIYAMA, T. et al. **Melhoramento da soja**. In: BORÉM A. Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: Editora UFV, p. 553-603, 2005.

SENGIK, E.S. **Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas**. 2003.

SILVA, F.C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**/Embrapa solos, Embrapa Informática agropecuária – Brasília, 1999.

SILVA, A.C.; LIMA, E.P.C.; BATISTA, H.R. **A importância da soja para o agronegócio brasileiro: uma análise sob o enfoque da produção, emprego e exportação**. 2010.

SILVA, V.N. et al. **Atuação de rizóbios com rizobactéria promotora de crescimento em plantas na cultura do caupi (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.)**. Acta Scientiarum Agronomy, v.28, n. 3, 2006, p.407-412.

SOUSA, D.G. et al. **Adubação com fósforo**. Cerrado: correção do solo e adubação. Brasília-DF, Embrapa Informação Tecnológica, 2. ed., 2004.

TANGUILIG, V.C.; YAMBAO, E.B.; O' TOOLE, J.C.; DATTA, S.K. **Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential, transpiration, and nutrient uptake of rice, maize, and soybean**. Plant and Soil, v.103, p.155-168, 1987.

VALADÃO JUNIOR, D. D. et al. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.3, p.369-375, 2008.

VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; DOS ANJOS, L.H.C. **Adsorção de fósforos em solos de argila de baixa atividade**. Bragantia, 2003.

VANCE, C.P.; UHDE-STONE, C.; ALLEN, D.L. **Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource**. New Phytol., n. 157, p. 423-447, 2003.

VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. **Fixação biológica do N₂ na cultura da soja**. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (Ed.). Biologia dos solos de cerrados. Planaltina, 1997.

VARGAS, M.A. et al. **Inoculação de leguminosas e manejo de adubos verdes**. Cerrado: Correção do solo e adubação. Brasília-DF, 2004.

VENTIMIGLIA, L.A. et al. **Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.34, n.2, p.195-199, fev/1999.

VIECELLI, C.A. **Guia de Deficiências Nutricionais em Plantas**. 1ª edição, 2017.

VOLTOLINI, G.B. et al. **Deficiência em fósforo limita produtividade**. Revista Campo & Negócios Grãos, mar/2015.

ZILLI, J.É. et al. **Inoculação de *Bradyrhizobium* em soja por pulverização em cobertura**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.43, n.4, p.541-544, abr/2008.