



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ-UESPI
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA
CAMPUS CERRADO DO ALTO PARNAÍBA-CCA



ALEF BRENO ARAUJO CAVALCANTE

INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DE PLANTIO NO RENDIMENTO DE SOJA

URUÇUÍ-PI

2023

ALEF BRENO ARAUJO CAVALCANTE

INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DE PLANTIO NO RENDIMENTO DE SOJA

Monografia apresentada à Universidade Estadual do Piauí, como parte das exigências para obtenção do título de “Bacharelado em Engenharia Agronômica”.

Área de concentração: Agronomia

Orientador(a): Prof. Dr. Francisco de Assis Pereira Leonardo

URUCUÍ-PI
2023

C376i Cavalcante, Alef Breno Araujo.
Influência da densidade populacional no rendimento de soja / Alef Breno Araujo Cavalcante. - 2023.
31 f.

Monografia (graduação) – Universidade Estadual do Piauí – UESPI,
Curso de Bacharelado em Engenharia Agronômica, Campus Cerrado do Alto Parnaíba, Uruçuí – PI, 2023.

“Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Pereira Leonardo.”

1. Soja. 2. Soja – Produtividade. 3. *Glycine max*. I. Título.

CDD: 631.5

ALEF BRENO ARAUJO CAVALCANTE

INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DE PLANTIO NO RENDIMENTO DE SOJA

Monografia apresentada à Universidade Estadual do Piauí, como parte das exigências para obtenção do título de “Bacharelado em Engenharia Agronômica”.

Aprovada: _____ / _____ / _____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Francisco de Assis Pereira Leonardo
UESPI/CIES

Prof. Dr. João Valdenor Pereira Filho
UESPI/ CIES

Prof. Dr. Fabrício Custódio de Moura Gonçalves
UESPI/CIES

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente, pelo seu amor e bondade, por sua presença nos bons e principalmente nos maus momentos onde sempre me fortaleceu, pela sabedoria, e a dádiva da vida.

Agradeço a minha família, minha mãe Irenildes Silva de Araujo, minha irmã Izabelle Aila Araujo, minha companheira e namorada Maria Estela Ferreira, por sempre me ajudarem e contribuírem no decorrer do curso, me fazendo sentir o amor de um lar e me dando forças a conseguir alcançar meus objetivos.

Ao meu pai Alter Gomes Cavalcante, meu irmão Ivo Ângelo Araujo Cavalcante, por sempre se fazer presente, me ajudando e incentivando para eu conseguir vencer cada obstáculos até aqui, e servindo de inspiração tanto como profissional como ser humano.

A meu orientador, Professor Dr. Francisco de Assis Pereira Leonardo, por ter sempre contribuído em minha formação acadêmica, com seus ensinamentos e contribuições ao longo do curso e na execução desse trabalho.

Aos Professores Tadeu Barbosa Martins Silva, João Valdenor Pereira Filho, Fabrício Custódio de Moura Gonçalves, Anarlete Ursulino, Teresinha Villanova, Genilson Bezerra e Marlei Rosa dos Santos pela colaboração imensurável na construção dos meus conhecimentos.

Aos meus amigos João Pedro dos Santos, Arielson Martins, principalmente a minha amiga Rosivan Carvalho, e aos amigos da academia Thiago Martins, Luan Brito e aos demais colegas pelo companheirismo e pela agradável amizade durante o período acadêmico.

A Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Campus Cerrado do Alto Parnaíba, Uruçuí – PI, a todos os funcionários em especial aos Vigilantes Fredson Barros e Dione Martins por ter se tornado meus amigos no decorrer da bolsa trabalho na biblioteca no turno da noite. Meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização deste sonho. Acima de tudo, agradeço a Deus por essa realização.

RESUMO

A produtividade em uma lavoura de soja é definida pela interação entre a planta, o ambiente de produção e o manejo. Dentre as práticas de manejo a escolha da cultivar, o espaçamento e a densidade de plantas por metro linear são fatores que podem influenciar no crescimento e rendimento de grãos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da densidade de plantio no rendimento de soja. O experimento foi conduzido em uma área de produção de soja, no município de Benedito Leite no estado do Maranhão, na fazenda Bomar agrícola. Para tanto, adotou-se delineamento experimental de blocos casualizados. Os tratamentos foram constituídos de quatro densidades de 10,12,14 e 16 plantas por metro linear, com cinco repetições. A coleta de amostras ocorreu, no momento da colheita, e as plantas no estágio fenológico final reprodutivo R8. As amostras de plantas em campo foram realizadas coletas de forma aleatória. Logo após foram efetuadas as avaliações no laboratório de química da Universidade Estadual do Piauí, no Campus Cerrado do Alto Parnaíba–CCAP. As avaliações realizadas no laboratório de química foram alturas das plantas, número de vagens, número de nódulos, peso da biomassa, peso das vagens, peso dos grãos, peso de mil grãos e a produtividade em sacas por hectare. Os dois pesos das vagens, da biomassa, dos grãos e a produtividade em sacas por hectares, obteve significância pelo teste F a 5 % na análise estatística de regressão. Altura final das plantas, peso de mil grãos, os número de vagens e nódulos por planta não foram influenciadas pelo aumento da densidade de plantas.

Palavras-chave: *Glycine max*, população de plantas, produtividade.

ABSTRACT

Productivity in a soybean crop is defined by the interaction between the plant, the production environment and management. Among management practices, the choice of cultivar, spacing and density of plants per linear meter are factors that can influence growth and grain yield. The objective of this work was to evaluate the influence of planting density on soybean yield. The experiment was carried out in a soybean production area, in the municipality of Benedito Leite in the state of Maranhão, at the Bomar Agricultural Farm. Therefore, an experimental design of randomized blocks was adopted. The treatments consisted of four densities of 10, 12, 14 and 16 plants per linear meter, with five replications. Sampling took place at the time of harvest, and the plants were in the final phenological reproductive stage R8. Samples of plants in the field were randomly collected. Soon after, the evaluations were carried out in the chemistry laboratory of the State University of Piauí, at Campus Cerrado do Alto Parnaíba–CCAP. The evaluations carried out in the chemistry laboratory were plant height, number of pods, number of nodules, biomass weight, pod weight, grain weight, thousand grain weight and productivity in bags per hectare. The weights of pods, biomass, grains and productivity in bags per hectare, obtained significance by the F test at 5% in the statistical analysis of regression. Final plant height, thousand-grain weight, number of pods and nodules per plant were not influenced by the increase in plant density.

Keywords: *Glycine max*, plant population, productivity.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1- Altura de plantas da cultura da soja, submetida a diferentes densidades de plantas por metro linear..... | 18 |
| Figura 2- Número de nódulos nas plantas de soja submetida a diferentes densidades de plantas..... | 19 |
| Figura 3- Número de vagens de plantas da cultura da soja submetida a diferentes densidades de plantas por metro linear..... | 20 |
| Figura 4- Peso das vagens da cultura de soja submetida a diferentes densidades de plantas por metro linear..... | 21 |
| Figura 5- Peso da biomassa da cultura de soja submetida as diferentes densidades de planta por metro linear..... | 22 |
| Figura 6- Peso de grãos na cultura da soja submetida a diferentes densidades de plantas por metro linear..... | 23 |
| Figura 7- Peso de mil grãos na cultura da soja submetida a diferentes densidades de planta por metro linear..... | 23 |
| Figura 8- Produtividade de sacas/ha na cultura da soja submetida a diferentes densidades de plantas por metro linear..... | 25 |

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resumo da análise de variância para dados de altura de plantas, número de nódulos, número de vagens e peso das vagens de densidade de plantas da soja.....17

Tabela 2- Resumo da análise de variância para os dados do peso dos grãos, peso mil grãos, peso da biomassa e produtividade de densidade de plantas da cultura da soja.....17

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 8 |
| 2. OBJETIVOS..... | 10 |
| 2.1 Objetivo geral..... | 10 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 10 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA..... | 11 |
| 3.1 A cultura da soja no Brasil..... | 11 |
| 3.2 Densidade de plantas..... | 12 |
| 3.3 Produtividade e perdas..... | 13 |
| 4. MATERIAL E METODOS..... | 15 |
| 5. RESULTADOS E DISCURSSÃO..... | 17 |
| 6. CONCLUSÕES | 26 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 27 |

1. INTRODUÇÃO

A soja é uma das *commodities* com maior importância no mercado mundial e, devido ao aumento na área cultivada e à valorização no preço do produto, se transformou no principal *commodity* agrícola produzida no Brasil (KIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014). A produção de soja no mundo é cerca de 355,588 milhões de toneladas, uma área plantada de 130,935 milhões de hectares, no Brasil é 123.829,5 milhões de toneladas em, uma área plantada de 40.921,9 milhões de hectares, cuja produtividade de 3.026 kg/há, na safra 2021/2022 (CONAB, 2022).

A soja apresenta grande importância como principal fonte de proteína vegetal. A cultura se destaca por ser matéria prima importante na produção de ração animal, produtos da culinária no consumo humano, industrial e óleo vegetal. O aumento da produção nacional de soja se deve em grande parte a expansão da área cultivada. No entanto, a utilização correta de tecnologias e o manejo eficiente, adaptado para suas condições de cultivo nas diferentes regiões produtivas do Brasil refletem, em incremento na produtividade de grãos dessa cultura (KIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

Nos últimos anos a produção de soja no Brasil passou por muitas mudanças, sobretudo na utilização de novas tecnologias, como uso do sistema de semeadura direta e também na utilização de cultivares transgênica elevam a sua produtividade. Além disso, um dos fatores que vem influenciando no desenvolvimento da planta da soja é a densidade de plantas por metro linear (SOUZA *et al.*, 2010).

A avaliação de cultivares de soja sob diferentes condições de cultivo torna-se fundamental na busca do entendimento do comportamento da cultura numa determinada região geográfica, sendo o ajuste na densidade de plantas uma das práticas de manejo a ser implantada. Dessa forma, é importante identificar o arranjo de plantas que resulte na competição intraespecífica que permita o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis para o crescimento e rendimento de grãos (RAMBO *et al.*, 2003).

A população de plantas padrão recomendada para a cultura da soja é de 30 plantas m² e em condições de predisposição ao acamamento de 20-25 plantas m² (EMBRAPA, 2008). O uso de populações acima da recomendada, além de acarretar aumento nos gastos com sementes, pode levar ao acamamento de plantas e não proporcionar acréscimo na produtividade. Já a adoção de populações abaixo da recomendada favorece o

desenvolvimento de plantas daninhas e pode resultar em elevadas perdas no momento da colheita (VASQUEZ *et al.*, 2008).

Embora as plantas de soja possuam uma boa capacidade de alterar seus componentes de rendimento de acordo com o ambiente produtivo onde estão sendo cultivadas podem sofrer alterações em sua produtividade devido a diferentes populações de plantas na área (BÜCHLING *et al.*, 2017).

Diferentes densidades populacionais promovem alterações na radiação fotossinteticamente ativas interceptada pelas folhas, podendo ocorrer transformações significativas na produtividade de grãos (PETTERET *et al.*, 2016). De acordo com Cruz *et al.* (2016), a densidade de plantas de soja pode ter um efeito significativo sobre características morfológicas, como diferenças no número de ramificações, diâmetro do caule, altura de inserção da primeira vagem, altura de plantas e também nos componentes de rendimento.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a influência da densidade de plantio no rendimento de soja.

2.2. Objetivos específicos

Avaliar altura, número de vagens e de nódulos na raiz das plantas, sob diferentes densidades por metro linear;

Avaliar a produção de biomassa das plantas e a produtividade, em função do número populacional de plantas por metro linear.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A cultura da soja no Brasil

A soja tem como centro de origem a China, provavelmente a Manchúria, de onde derivou para outras partes da Ásia e Europa. A região de origem apresentava elevadas altitudes, com clima continental caracterizado por invernos rigorosos e verões quentes, sujeitos a déficit hídrico (EMBRAPA, 2000; MOTTA, 2000). A cultura da soja apresenta importância comercial extremamente relevante, pelo fato de se uma excelente fonte proteica e pode ser cultivada em quase todas as regiões do mundo, sendo hoje, o complexo soja

considerado como a principal cadeia produtiva do agronegócio mundial (LINZMEYER JUNIOR *et al.*, 2008).

A soja foi introduzida no Brasil em 1882, via Estados Unidos. Mas, foi somente nos anos de 1940 que adquiriu importância econômica, quando teve a primeira indústria processadora de soja no país, em Santa Rosa, RS. A partir da década de 1960, impulsionada pela política de subsídios ao trigo, com a adoção de plantios em sucessão de soja e trigo, a soja estabeleceu-se como cultura economicamente importante no cenário nacional. Hoje é o principal produto da exportação brasileira, sendo responsável pela geração de empregos em toda a sua cadeia de produção (EMBRAPA SOJA, 2003).

Hoje essa cultura é encontrada nas mais diversas regiões do Brasil, tendo como mais recente o avanço do cultivo em áreas do Cerrado (FREITAS, 2011). Essa rápida expansão entre as diversas regiões do país se deve ao alto nível tecnológico, hoje disponível para a cultura da soja, que pode ser cultivada de norte a sul, havendo apenas uma modificação das relações de produção na sua área de expansão e de abrangência, para que ocorra a adaptação da cultura, de forma técnica, econômica, social e ambiental (SCHWENK *et al.*, 2008 e RODRIGUES, 2014).

Nas últimas duas décadas, a produtividade da cultura da soja aumentou significativamente no Brasil, devido à geração e utilização de amplo portfólio de tecnologias. Atualmente, há registros de lavouras comerciais com produtividades superiores a 7 toneladas por hectares. O alcance de altas produtividades depende da elevada eficiência em interceptar a radiação solar pelas plantas, em converter a radiação interceptada em biomassa e, por fim, ter alta partição da biomassa nos grãos (BOARD, 2000). Ou seja, o adequado acúmulo de biomassa, que corresponde ao crescimento das plantas (RADFORD, 1967), é fundamental para obtenção de altas produtividades.

No início do ciclo de desenvolvimento da soja, o acúmulo de biomassa é lento, acelerando após o estádio V5, até atingir o máximo, no estádio R6, quando todas as partes das plantas estão plenamente desenvolvidas, ou seja, folhas, caule, vagens e grãos (TSUMANUMA *et al.*, 2010). Assim o entendimento da evolução do crescimento durante o ciclo da cultura e seu efeito sobre a produtividade pode fundamentar práticas de manejo para que seja atingido crescimento adequado para obtenção de altas produtividades (TAGLIAPIETRA *et al.*, 2018).

3.2 Densidade de plantas

A produtividade de uma cultura é definida pela interação entre a planta, o ambiente de produção e o manejo (FREITAS *et al.*, 2010). A soja apresenta características de alta plasticidade, ou seja, capacidade de se adaptar às condições ambientais e de manejo, por meio de modificações na morfologia da planta e nos componentes do rendimento.

A forma com que tais modificações ocorrem pode estar relacionada com fatores como altitude, latitude, textura do solo, fertilidade do solo, época de semeadura, população de plantas e espaçamento entrelinhas, sendo importante o conhecimento das interações entre estes, para definição do conjunto de práticas que tragam respostas mais favoráveis à produtividade agrícola da lavoura (HEIFFIG *et al.*, 2005).

Peixoto *et al.* (2000) realizaram experimento avaliando o efeito de diferentes densidades e épocas de semeadura sobre os componentes de produção e rendimento de grãos em cultivares de soja. Esses autores verificaram que estes componentes se manifestaram de forma diferenciada. Em relação à produtividade, a soja responde menos à população de plantas devido à capacidade de compensação no uso do espaço entre as plantas. Ou seja, a soja tolera ampla variação na população de plantas, alterando mais a sua morfologia que o rendimento de grãos.

Martins *et al.* (1999) verificaram que em época de semeadura normal o aumento da densidade leva à maior altura de plantas. Tourino *et al.* (2002) observaram o mesmo em relação à altura, e, também, para acamamento. Quando semeadas em menores densidades, as plantas crescem menos e ficam menos sujeitas ao acamamento. Em certas condições o aumento da população de plantas causa acentuado acamamento, com redução significativa no rendimento de grãos. Além disso, pode acarretar competição na produção de folhas da planta, em razão do aumento do índice de área foliar (EMBRAPA SOJA, 2011).

A produção de grãos por área é determinada pelos componentes de rendimento: número de plantas por área, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e pela massa do grão. Em função da grande influência da densidade sobre a ramificação das plantas, torna-se relevante a análise desses componentes nas hastes e nos ramos, de forma separada, para que haja melhor entendimento das respostas das plantas às variações de densidade (EMBRAPA, 2015).

Tanto a redução como o aumento da população de plantas quando comparados com a população de referência ou buscando a população ideal têm que ser bem estudados, pois as características intrínsecas ao genótipo e as condições ambientais podem interferir nos resultados (LUDWIG *et al.*, 2011).

Mauad *et al.* (2010) observaram que o aumento da densidade aumentou a altura de planta, reduziu o número de ramos por planta, o número de vagens por planta e a produtividade. Cruz *et al.* (2016), também constataram que o aumento da densidade proporcionou decréscimo da produtividade. Entretanto, Procópio *et al.* (2014), notaram que as densidades de semeadura não interferem na produtividade de grãos, quando trabalharam com a cultivar BRS 299 RR, enquanto Souza *et al.* (2016) não encontraram diferenças significativas em relação à densidade de plantas para massa de 1000 grãos e produtividade da cultura da soja.

3.3 Produtividade

Considerando as perdas ocasionadas indiretamente devido à densidade de plantas por área, outro problema que se deve levar em conta para evitar perdas é a colheita mecanizada, sendo que para que esta ocorra com o mínimo de perdas, é fundamental a utilização de uma população compatível com a produtividade esperada e o maquinário utilizado.

Populações muito elevadas de plantas podem ocasionar o crescimento excessivo e acamamento, dificultando a colheita, além de dificultar manejos mecânicos e aumentar incidência de lagartas e ferrugem asiática. Já nos casos em que a população de plantas é muito reduzida, estas ficam muito baixas assim como grande parte das vagens, dessa forma a plataforma não é capaz de fazer o recolhimento dessas vagens muito próximas ao solo, fazendo o corte acima das mesmas (VAZQUEZ *et al.*, 2008).

Segundo Ferreira *et al.* (2007), a melhor população deve proporcionar maior produtividade agrícola, altura de planta e inserção da primeira vagem adequadas à colheita mecanizada. Neste sentido Silva *et al.* (2005) concluíram que, durante a colheita da soja, as perdas da colhedora aumentam linearmente com o fluxo de material não grão (MOG).

Apesar da soja, apresentar alta adaptabilidade quanto população, a Embrapa tem uma recomendação mais específica quanto a cada condição e cultivar de soja. Em condições ideais de clima, fertilidade e conservação do solo, fonte hídrica e com uma cultivar compatível, o ideal é de 320.000 mil plantas por ha. Entretanto, esse número de plantas pode variar em

função do cultivar e/ou do regime de chuvas da região, do período de implantação e de crescimento das plantas e da data de semeadura. Por exemplo, quando a semeadura for em novembro, a planta tem um maior potencial produtivo e não ficam muito altas, reduzindo o acamamento (EMBRAPA, 2003 e ASSIS *et al.*, 2014).

Quando o plantio ocorre em outubro ou dezembro, em regiões onde a soja apresenta porte médio ou baixo, ou utiliza-se cultivares com essa característica, é recomendável não reduzir a população para menos de 300 mil plantas, para evitar o desenvolvimento de lavouras com plantas de porte muito baixo. Em condições extremas, é aconselhável até aumentar para 350-400 mil plantas por hectare (EMBRAPA, 2003).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área de soja, no município de Benedito Leite no estado do Maranhão, na fazenda Bomar Agrícola, com coordenadas geográficas 7° 13' 22" S, 44° 33' 30" W, e tendo temperaturas médias em torno de 22° a 30° e altitude média de 173 m. A colheita aconteceu em 14 de abril de 2023, e as plantas se encontravam no estágio fenológico final reprodutivo R8. As amostras de plantas aconteceram de forma aleatória, para efetuar avaliações no laboratório de química da Universidade Estadual do Piauí, no Campus Cerrado do Alto Parnaíba – Uruçuí, as avaliações ocorreram em 15 a 24 de abril de 2023.

Adotou-se delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), onde se utilizou quatro tratamentos, sendo-os 10, 12, 14 e 16 plantas por metro linear, com cinco repetições para cada tratamento.

Avaliou-se altura das plantas, número de nódulos nas raízes e a quantidade de vagens por planta, em seguida o peso das vagens com casca, o peso dos grãos sem casca e o peso de 1000 grãos e o peso da biomassa. No talhão onde coletou as amostras, utilizaram a cultivar domínio, apesar da diferença no grupo de maturação, todos os tratamentos foram colhidos no dia 14 de abril de 2023, totalizando mais de 120 dias após a semeadura, onde se pode observar que todas as plantas já haviam passado pelo estádio de maturação fisiológica e estavam com baixa umidade.

Coletou-se as plantas na lavoura de forma manual e com cuidado no arranque para que não houvesse danos às plantas, tão pouco perda de vagens. As plantas colhidas foram colocadas em sacos plásticos, identificadas em seus respectivos tratamentos e levadas para o

laboratório de química da Universidade Estadual do Piauí, no Campus Cerrado do Alto Parnaíba para avaliação das variáveis estudadas.

Determinou-se alturas das plantas, para a medição foi utilizada uma régua e trena, medindo no início do caule até a última folha da planta, os dados expressos em centímetro (cm). Em seguida foi realizada a contagem da quantidade de nódulos que se encontrava nas raízes das plantas, logo em seguida foi feita a contagem do número de vagens por planta.

Depois foi debulhado as vagens de soja em uma bacia de plásticos, colocando os grãos em um saco de papel menor, para ocorrer o peso dos grãos de soja e 1000 grãos por tratamento (PMG), sendo os dados expressos em gramas (g), para avaliar a produtividade e o rendimento dos grãos. Além disso, foi feita a pesagem da parte aérea das plantas para avaliar a biomassa das plantas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e a análise de regressão ajustando-se ao modelo polinomial até a segunda ordem e coeficiente de determinação (R^2) maior que 50%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância para altura de plantas, número de nódulos, número de vagens e peso das vagens em função da densidade de plantas da soja pode ser observado na tabela 1. Para altura de plantas, número de nódulos e o número de vagens, não foram influenciados pelas densidades, enquanto isso houve diferença significativa para o peso das vagens.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para dados de altura de plantas, número de nódulos, número de vagens e peso das vagens em função da densidade de plantas da soja.

| FV | GL | QM | | | |
|-----------|----|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| | | Altura de plantas | Número de nódulos | Número de vagens | Peso das vagens |
| Densidade | 3 | 67,78 | 22,58 | 48,85 | 11398,85* |
| Bloco | 4 | 96,42 | 19,17 | 105,67 | 5782,26 |
| Erro | 12 | 58,65 | 7,7 | 46,47 | 2635,65 |
| CV (%) | | 9,57 | 18,45 | 16,65 | 20,01 |

FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação: estatística da análise de regressão. Valores indicam tratamentos e blocos com efeitos aditivos, normalidade dos resíduos e variâncias homogêneas, para cada teste correspondente; *: significativo pelo teste F a 0,05 de significância

Para o variável peso dos grãos, peso da biomassa e produtividade obteve significância pelo teste f a 5 % na análise estatística de regressão, enquanto isso a única variável que não detectou diferença significativa foi o peso de mil grãos (Tabela 2).

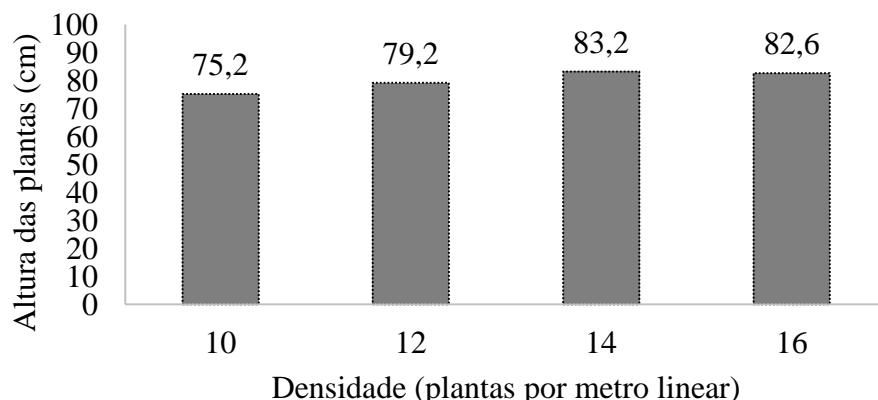
Tabela 2. Resumo da análise de variância para os dados do peso dos grãos, peso mil grãos, peso da biomassa e produtividade de acordo com a densidade de plantas da cultura da soja.

| FV | GL | QM | | | |
|-----------|----|----------------|----------------|------------------|---------------|
| | | Peso dos grãos | Peso mil grãos | Peso da biomassa | Produtividade |
| Densidade | 3 | 6294,63* | 209,6 | 1734,4* | 735,66* |
| Bloco | 4 | 3045,84 | 140,5 | 585,47 | 348,43 |
| Erro | 12 | 1486,51 | 115,43 | 364,05 | 169,64 |
| CV (%) | | 20 | 6,98 | 20,82 | 20,04 |

FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação: estatística da análise de regressão. Valores indicam tratamentos e blocos com efeitos aditivos, normalidade dos resíduos e variâncias homogêneas, para cada teste correspondente; *: significativo pelo teste F a 0,05 de significância

No período da colheita (plantas no estágio R8) com densidade de 10, 12, 14 e 16 plantas por m², no decorrente a avaliação das alturas das plantas não houve uma variação significativa. A densidade que as plantas tiveram uma maior média de crescimento foi na densidade de 14 plantas por metro linear, tendo uma média de 83,2 cm por plantas enquanto a que obteve uma menor média foi na densidade de 10 plantas, com uma média de 75,2 cm por metro linear (Figura 1).

Figura 1. Altura de plantas da cultivar domínio, submetida a diferentes densidades de plantas por metro linear.

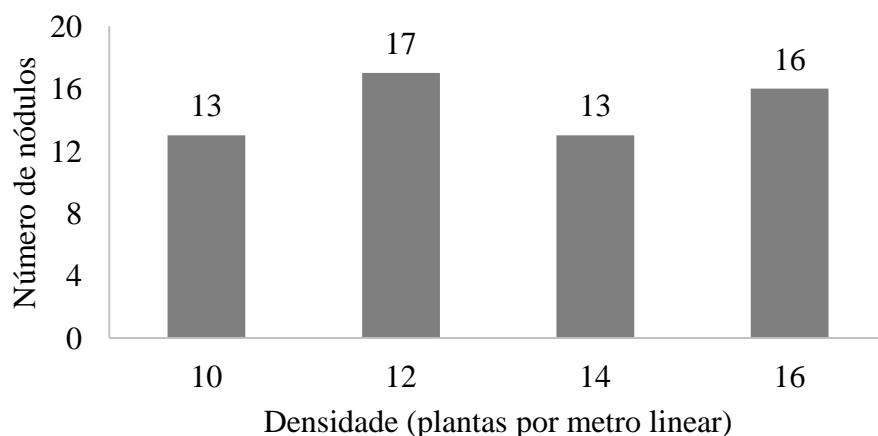


Na Figura 1 observa-se ainda que há pouca diferença detectada entre a altura das plantas, entretanto tendo um acréscimo decorrente do aumento da população, só diferindo da última densidade de 16 plantas, que diminuiu apenas 0,6 cm na média por planta. Balbinot Junior et al. (2015) não encontraram diferenças na altura das plantas devido ao aumento da densidade de plantas, mas observaram que em densidades de semeaduras mais altas o número de ramificações e nós no caule são menores.

Entretanto segundo estudos de Marchiori *et al.* (1999) constataram que, quanto maior a densidade de plantas de soja na linha, maior a altura final das plantas, menor o diâmetro da haste principal e menor o número de ramificações por planta. Melges *et al.* (1989) mostram acréscimo decorrente do aumento da população de plantas por metro linear. Casaroli *et al.* (2007) afirma que isso é comumente entendido através do conceito de estiolamento das plantas que alongam seus entrenós para buscar melhores posições para alcançarem a luz solar, além da ocorrência da dominância apical.

Para o número de nódulos, não houve uma variação significativa, a menor densidade de 10 plantas proporcionou também o menor número de nódulos nas raízes, semelhante a densidade de 14 plantas. O que obteve a maior média de número de nódulos por plantas foi a densidade de 12 plantas por m², com 17 nódulos nas raízes (Figura 2).

Figura 2. Número de nódulos nas plantas de soja submetida a diferentes densidades de plantas.

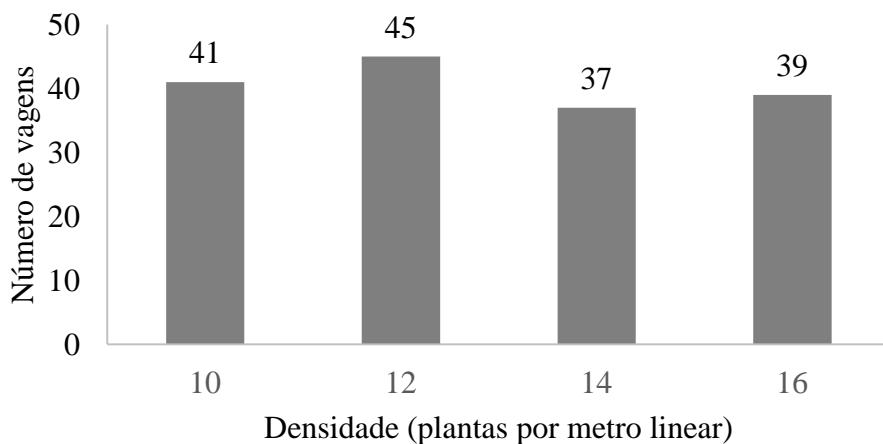


Existe pouco estudo referente a influência do número de nódulos em função da densidade de plantas de soja. Kapustka e Wilson (1990) encontraram que o aumento da

densidade de plantas de soja reduz o número e massa de nódulos por planta, mas mantém uma alta atividade específica por massa nodular.

Para a característica no número de vagens por planta, também não houve efeito significativo para os resultados obtidos através da análise estatística de regressão, a densidade de 14 plantas por metro linear proporcionou um menor número de vagens com uma média de 37 vagens por plantas, enquanto a densidade de 12 plantas por metro linear proporcionou um maior número de vagens com uma média de 45 vagens por planta (Figura 3).

Figura 3. Número de vagens de plantas da soja submetidas a diferentes densidades de plantas por metro linear.



Na Figura 3 para a variável de número de vagens, averiguou-se que as menores densidades de 10 e 12 plantas por metro linear apresentaram um maior número de vagens por plantas na média comparadas as densidades de 14 e 16, resultados semelhantes aos observados por Balbinot (2015).

Apurou-se também que o número de vagens por metro linear (Figura 3), aumenta até uma determinada população, e à medida que a densidade de 12 plantas aumenta, após este ponto, observa-se decréscimo na quantidade dessa estrutura reprodutiva, resultado encontrado também por Oliveira (2013).

Segundo Peixoto *et al.* (2000), um dos componentes da produção da planta que contribui para maior tolerância à variação na população é o número de vagens por planta, que varia ao aumento ou redução da população. Variação no número de vagens por planta em função da densidade de semeadura também foram observados por Peixoto *et al.* (2000) e Tourino *et al.* (2002).

Por meio do número de vagens por planta e da densidade populacional se pode estimar o número de vagens por área. No presente estudo o número de vagens por m² não apresentou diferença significativa entre as densidades de plantas (Figura 3). A plasticidade fenotípica é definida como a capacidade de um determinado ser vivo apresentar diferentes características em função das condições ambientais (LIMA *et al.* 2017).

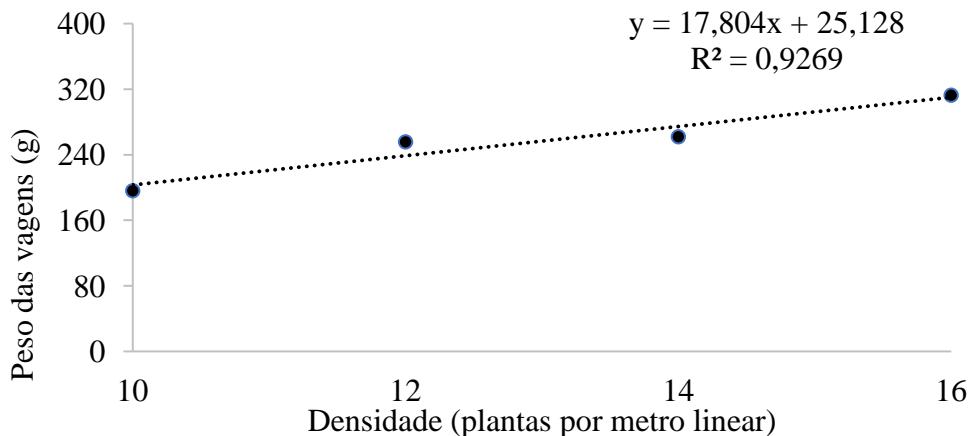
Diversas espécies vegetais apresentam plasticidade fenotípica, inclusive a soja, sendo capaz de compensar a redução de plantas por área através do aumento da produção por planta, área (RAMBO *et al.* 2003, HEIFFIG *et al.* 2006, BALBINOT JUNIOR *et al.* 2015).

Este trabalho confirmou o que estes autores constataram em seus respectivos trabalhos, ou seja, mostrou-se que mesmo com o avanço genético obtido nas cultivares mais modernas, a soja não perdeu a característica de plasticidade fenotípica e é capaz de compensar as baixas densidades com o aumento da produção por planta.

Na Figura 4, o do peso das vagens, obteve significativa pelo teste f a 5 % na análise estatística de regressão, em função da densidade de plantas por metro linear. Pelos resultados nota-se que o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados desta variável foi do tipo linear crescente ($R^2= 0,9269$), demonstrando assim o incremento positivo no peso das vagens.

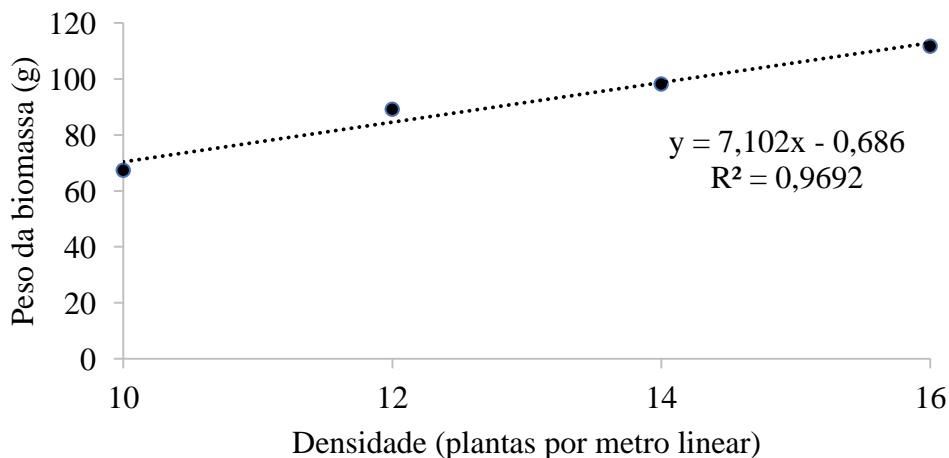
O peso das vagens foi aumentando de acordo com a população de plantas por m², tendo a sua menor média do peso de vagens por plantas na densidade de 10 plantas com cerca de 200 g e sua maior média na densidade de 16 plantas com 312,66 g.

Figura 4. Peso das vagens da cultura de soja submetida a diferentes densidades de plantas por metro linear.



Na Figura 5, o peso da biomassa obteve um efeito significativo na análise de variância, pelo teste f a 5%, em função das diferentes densidades de plantas por metro linear. Pelos resultados nota-se que o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados desta variável foi do tipo linear crescente ($R^2 = 0,9692$), mostrando aumento de acordo com o número populacional de plantas, tendo uma média por planta de 67,4 g na densidade de 10 plantas, e 111,74 g na densidade de 16 plantas.

Figura 5. Peso da biomassa da cultura de soja submetida a diferentes densidades de plantas por metro linear.



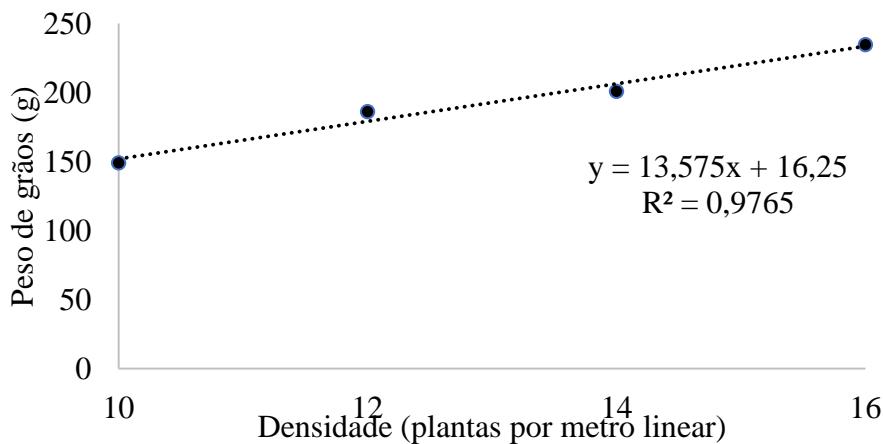
Nesta avaliação do peso de biomassa observa-se que quanto maior o crescimento das plantas, e quanto maior o número de plantas por metro linear, possivelmente a média do peso da biomassa é aumentada (Figura 5), devido a quantidade do tamanho da parte aérea da planta, podendo ser de acordo também com os tipos de cultivares, tendo cultivares de porte alto e baixo, resultados semelhantes encontrado por Werner *et al.* (2016).

A planta de soja quando roçada pode ser incorporada no solo, os resíduos se decompõem e melhoram a estrutura e a fertilidade do solo. A utilização destas palhadas impacta a qualidade física do solo, atuando na proteção da superfície quanto no aporte de fitomassa proveniente da parte aérea e raízes, além de afetar a parte química, inclusive no acúmulo de nutrientes no material vegetal e os liberam durante sua decomposição, possibilitando manutenção e melhoria da fertilidade do solo (SOUZA *et al.*, 2014).

Na figura 6, pelos dados obtidos do peso de grãos, verifica-se que houve efeito significativo na análise de variância, pelo teste f a 5% de probabilidade. O modelo matemático que melhor se ajustou aos dados desta variável foi do tipo linear crescente ($R^2 = 0,9765$).

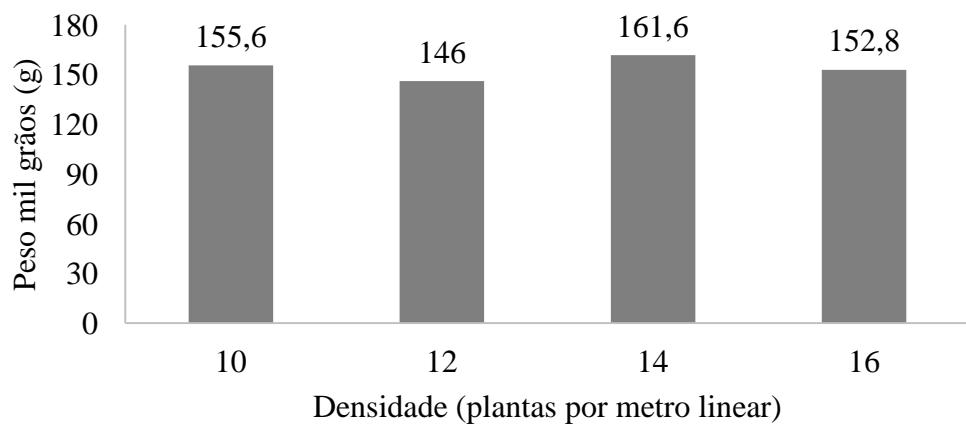
Na figura 6 percebe-se que o peso de grãos foi aumentando de acordo com a densidade de plantas, tendo em média peso de 149,1 g por plantas, na densidade de 10 plantas, e 234,7 g na densidade de 16 plantas por metro linear, revelando aumento cerca de 90,0 g.

Figura 6. Peso de grãos na cultura da soja submetida a diferentes densidades de plantas por metro linear.



No peso de mil grãos não encontrou efeito significativo na análise de variância, pelo teste f a 5%, tendo o seu maior peso na densidade de 14 plantas por metro linear, cuja média de 161,6 g, e com o menor peso de mil grãos por densidade foi a de 12 plantas por metro linear com 146 g (Figura 7). Mauad *et al.* (2010) e Monteiro *et al.* (2015) utilizando a cultivar JLM 08 e Ramos *et al.* (2019) utilizando a cultivar BRS 7380 e BRS 7780, também não encontraram efeito significativo na massa de grãos com o aumento da densidade de plantas.

Figura 7. Peso de mil grãos na cultura da soja submetida a diferentes densidades de planta por metro linear.



Do mesmo modo Cruz *et al.* (2016) não encontraram efeito significativo da densidade na massa de mil grãos. A massa do grão é pouco afetada pela densidade, pois é uma variável fortemente determinada pelas características genéticas das plantas, pelas precipitações no período de enchimento de grãos e pelo controle de doenças foliares como a ferrugem asiática (EMBRAPA, 2011).

Neste trabalho o maior peso de grãos ocorreu na densidade de 14 plantas por metro linear, com decréscimo na densidade de 16 plantas por metro linear. Em trabalho realizado Kuss *et al.* (2008) foi constatado aumento no peso de grãos com o incremento de densidade de plantas. Segundo Carvalho *et al.* (2002) e Perini *et al.* (2012), o aumento do peso de mil grãos em decorrência do aumento da densidade populacional pode ser explicado pelo efeito compensatório entre os componentes de rendimento que a soja comumente faz quando submetida a diferentes arranjos populacionais.

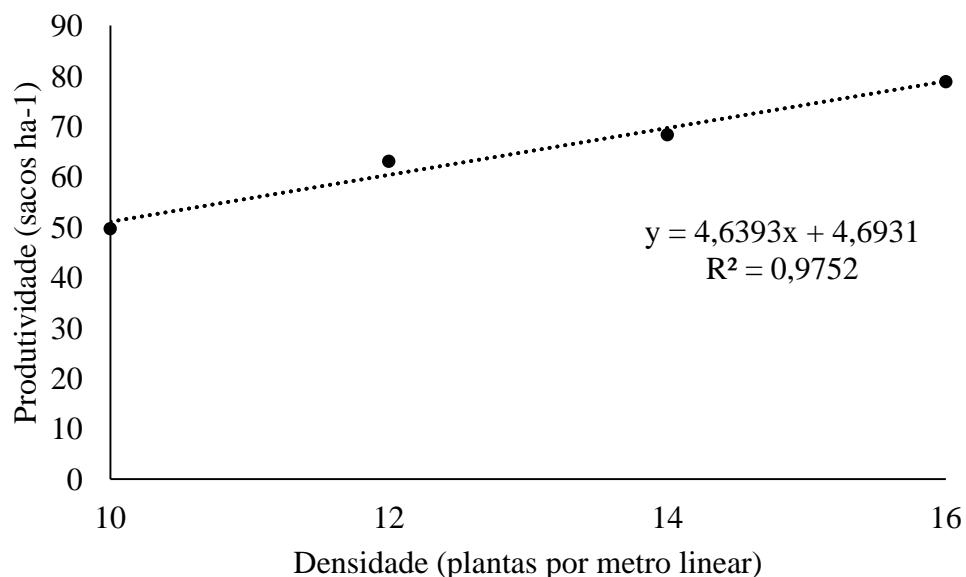
Com a redução no número de vagens por planta, há tendência de que o tamanho e, consequentemente, a massa dos grãos aumente. Contrariando os resultados, Petter *et al.* (2016) observaram uma redução no peso de mil grãos com o aumento da densidade populacional. De modo geral, as variações nesse componente de rendimento não estão ligadas a questões de manejo cultural. Elas se devem principalmente às características genéticas da cultivar, à disponibilidade hídrica no período de enchimento de grãos e à incidência e severidade de doenças foliares como ferrugem asiática (BALBINOT JUNIOR *et al.* 2015).

Segundo Fageria *et al.* (2006), em soja, o período do ciclo que mais altera o rendimento de grãos, por restrição da fonte, é entre os estádios R1 e R5, por afetar diretamente o número de vagens, e a partir de R6 a força dos drenos é maior e não dependente de formação de novas fontes, e sim de sua manutenção. Nesse aspecto, a massa de cada grão é diretamente dependente da manutenção da fonte até o final do estádio R6. Pensando no aspecto econômico é mais viável utilizar uma densidade de plantas por metro linear que tenha um melhor rendimento de grãos em sua produção, pois redução na densidade de semeadura pode ser uma estratégia importante para reduzir os custos de produção sem que ocorram perdas em rendimento.

Na Figura 8, a produtividade em sacos por hectare obteve significativa pelo teste f a 5% na análise estatística de regressão em função da densidade de plantas por metro linear. Pelos resultados nota-se que o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados desta variável foi do tipo linear crescente ($R^2=0,9752$).

A densidade de plantas da soja é um componente que influênciaria diretamente a produtividade, sendo que a menor produtividade é referente a menor quantidade de plantas em m², ou seja, de 10 plantas com 49,71 sacas/ha e tendo a maior produtividade na densidade de 16 plantas com 78,88 sacas/ha.

Figura 8. Produtividade na cultura da soja submetida a diferentes densidades de plantas por metro linear.



Apesar disso, esta variável pode apresentar resultados controversos. Tourino *et al.* (2002), encontraram aumento na produtividade por área com utilização de redução da densidade para 10 plantas em m², porém com espaçamento entre linhas de 45 cm. Peixoto *et al.* (2000), não verificaram diferenças, entre as densidades testadas.

Entretanto os dados obtidos foram semelhantes com, Arce (2009) observou que o aumento da população de plantas, aumenta a produtividade. Resultados também foram obtidos por Cruz *et al.* (2016), quando estudaram a cultivar Anta 82 sob diferentes densidades e arranjos espaciais na cidade de Jataí – GO. Os autores afirmam que aumento da densidade de plantas, eleva a produtividade de grãos.

6. CONCLUSÕES

Conforme exposto, conclui-se que altura final das plantas e o peso de mil grãos não foram influenciados pela densidade de plantas de soja.

O número de nódulos e de vagens por plantas não foram influenciados pelo aumento da densidade de plantas.

A biomassa, os pesos das vagens, e dos grãos bem como a produtividade foram influenciados de maneira significativa pela densidade, com aumento de acordo com a elevação de plantas por metro linear.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCE, G. D.; PEDERSEN, P.; HARTZLER, R. G. Soybean seeding rate effects on weed management. **Weed Technol.**, v. 23, n. 1, p. 17-22, 2009.
- ASSIS, R.T.; ZINELI, V.P.; SILVA, E.E.; COSTA, W.C.A.; OLIVATO, I. **Arranjo espacial de plantas na cultura da soja.** Circular Técnica 04. Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas (ISAH) - Araxá – MG, 2014.
- Balbinot Junior, A. A., S. D. O. Procopio. H. Debiasi & Franchini, J. C. Densidade de plantas na cultura da soja. **Londrina, Embrapa Soja-Dокументos (INFOTECA-E)**, p. 1 -38, 2015.
- BOARD, J. E. Light interception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant populations. **Crop Science**, v. 40, p. 1285-1294, 2000.
- BÜCHLING, C.; OLIVEIRA NETO, A. M.; GUERRA, N.; BOTTEGA, E. L. Uso da plasticidade morfológica como estratégia para a redução da população de plantas em cultivares de soja. **Revista Agrarian**, v.10, n.35, p.22-30, 2017.
- CÂMARA, G. M. S. Nitrogênio e produtividade da soja. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). **Soja: tecnologia da produção II.** Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. p. 295-339.
- CARVALHO PGC et al. 2002. Correlação e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 37: 311-320.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Lavouras. Disponível em: Acesso em: 09 maio. 2022. On line. 2022.
- CRUZ, S. C. S.; SENA JUNIOR, D. G.; SANTOS, D. M. A.; LUNEZZO, L. O.; MACHADO, C. G. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos CRUZ, T. V.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C.; PEIXOTO, M. F. S. P. Componentes de produção de soja em diferentes épocas de semeadura, no oeste da Bahia. **Biosci. J., Uberlândia**, v. 26, n. 5, p. 709-716, Sept./Oct. 2010 espaciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.3, n.1, p.1–6, 2016.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil.** Embrapa Soja Sistema de Produção, 1 Versão eletrônica, 2003.

EMBRAPA SOJA. Sistemas de produção 15. **Tecnologias de produção de soja- região Central do Brasil 2012 e 2013.** Londrina, v. 1, 2011, 261 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Centro Nacional de Pesquisa de Soja.** A cultura da soja no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 179 p.

EMBRAPA SOJA. Sistemas de produção 4. **Tecnologias de produção de soja- região Central do Brasil 2004.** Londrina, v. 1, 2003, 237 p

FAGERIA, C. K. et al. (Eds) **Physiology of crop production.** New York: Haworth Press, Incorporated, 2006. p. 117-130.

FERREIRA, I.C.; SILVA, R.P.; LOPES, A.; FURLANI, C.E. Perdas quantitativas na colheita de soja em função da velocidade de deslocamento e regulagens no sistema de trilha. **Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG**, v.15, n.2, p.141-150, 2007.

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

FREITAS, M.C.M.; HAMAWAKI, O.T.; BUENO, M.R.; MARQUES, M.C. Época de semeadura e densidade populacional de linhagens de soja UFU de ciclo semitardio. **Revista Bioscienc Journal**, Uberlândia, v.26, n.5, p.698-708, 2010.

HEIFFIG, L. S.; CAMARA, G.M.des.; MARQUES, L.A.; PEDROSO, D.B.; PIEDADE, S.M.deS. Plasticidade da cultura da soja (*Glycine Max (L.) Merrill*) em diferentes arranjos espaciais. **Revista de Agricultura**, v.80, p.188-212, 2005.

KAPUSTKA, L.A.; WILSON K.G. The influence of soybean planting density on dinitrogen fixation and yield. **Plant and Soil**, 129: 145-156, 1990.

KUSS, R. C. R. et al. Populações de plantas e estratégias de manejo de irrigação na cultura da soja. **Ci. Rural**, v. 38, n. 4, p. 1133-1137, 2008.

KIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro.** Londrina, PR: EMBRAPA, 2014. 37 P. (EMBRAPA. Série Documentos 349).

LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V.F.; SANTOS, D.; BENCKE, M. H. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Sci. Agron.**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 373- 379, 2008.

LUDWIG, M. P.; DUTRA, L. M. C.; LUCCA FILHO, O. A.; ZABOT, L.; JAUER, A.; UHRY, D. Populações de plantas na cultura da soja em cultivares convencionais e Roundup Ready TM. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n.3, p.305 313, mai/jun., 2011.

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

MARTINS, M. C.; CÂMARA, G. M. S.; PEIXOTO, C. P.; MARCHIORI, L. F. S.; LEONARDO, V.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 851-858, 1999.

MONTEIRO, A.N.L.; ALVES, J.M.A.; MATOS, W.S.; SILVA, M.R.; SILVA, D.L., BARRETO, G.F. Densidade de plantas e doses de NPK nos componentes de produção de soja-hortaliça na Savana de Roraima. **Agroambiente On-line**, v.9, n.4, p.352-360, 2015. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i4.2638>

PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G. M. S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L. F. S.; GUERZONI, R. A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 89-96, 2000.

PETTER, F. A.; SILVA, J. A.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Revista Bragantia**, v.75, n.2, p.173-183, 2016.

PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANNISON, F. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da soja. **Revista Agro@mbiente**, v. 8, n. 2, p. 212-221, maio-agosto, 2014

RAMBO, L. et al. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ci. Rural**, v. 33, n. 3, p. 405-411, 2003.

RADFORD, P. J. Growth analysis formulae – their use and abuse. **Crop Science**, v. 7, p. 171-175, 1967.

RODRIGUES, S.J.D. Dinâmicas territoriais da expansão da fronteira da soja e da organização do trabalho no sul do maranhão. **Revista de Geografia Agrária**, v.9, n. 17, p.86-110, 2014.

SCHWENK, L.M.; ONGA, N.; BARROS, A.; SILVA, J.V. Evolução do processo de ocupação da soja de 2000 a 2006 em Campo Novo do Parecis – Mato Grosso, através do sensoriamento remoto. **Revista Espacio y Desarrollo**, n.20, p.129-146, 2008.

SOUZA, C. A.; GAVA, F.; CASA, R. T.; BOLZAN, J. M.; KUHNEM JUNIOR, P. R. Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja roundupready™. **Planta Daninha, Viçosa-MG**, v. 28, n. 4, p. 887-896, 2010

TAGLIAPIETRA, E. L.; STRECK, N. A.; ROCHA, T. S. M.; RICHTER, G. L.; SILVA, M. R.; CERA, J. C.; GUEDES, J. V. C.; ZANON, A. J. Optimum leaf area index to reach soybean yield potential in subtropical environment. **Agronomy Journal**, v. 110, p. 932-938, 2018.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.

TSUMANUMA, G. M.; CARVALHO, S. J. P.; FANCELLI, A. L.; BERNARDES, M. S.; RODRIGUES, M. A. T.; BEGLIOMINI, E. Crescimento de dois cultivares de soja submetidos a aplicações de herbicidas e fungicidas. **Revista Ceres**, v. 57, p. 742-750, 2010.

VAZQUEZ, G.H.; CARVALHO, N.M.; BORBA, M.M.Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.2, p.01-011, 2008.

WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FERREIRA, A. S.; AGUIAR E SILVA, M. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Soybean growth affected by seeding rate and mineral nitrogen. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 734 - 738, 2016.

