

PATRÍCIA PEREIRA DIAS

**EFEITO DAS DENSIDADES E PROFUNDIDADES DE SEMEADURA SOBRE O
DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA**

BOTUCATU

2017

PATRÍCIA PEREIRA DIAS

**EFEITO DAS DENSIDADES E PROFUNDIDADES DE SEMEADURA SOBRE O
DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutora em Agronomia (Energia na Agricultura).

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Arbex
Silva

BOTUCATU

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

D541e Dias, Patrícia Pereira, 1989-
Efeito das densidades e profundidades de semeadura sobre o desempenho agrônômico da soja / Patrícia Pereira Dias - Botucatu : [s.n.], 2017
68 p. : fots. color., grafs. color., ils. color., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017
Orientador: Paulo Roberto Arbex Silva
Inclui bibliografia

1. Soja - Semeadura. 2. Soja - Produtividade. 3. Sementes oleaginosas. I. Silva, Paulo Roberto Arbex. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “EFEITO DE DENSIDADES E PROFUNDIDADES DE SEMEADURA SOBRE O DESEMPENHO AGRONÔMICO DAS PLANTAS DE SOJA”

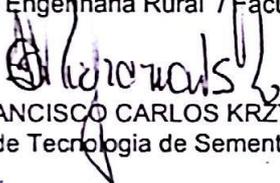
AUTORA: PATRÍCIA PEREIRA DIAS

ORIENTADOR: PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

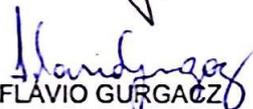
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:



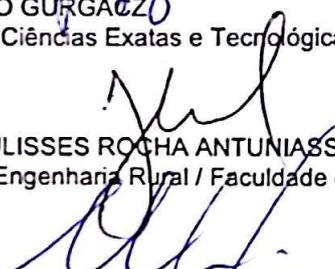
Prof. Dr. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA
Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrômicas - UNESP



Dr. FRANCISCO CARLOS KRZYZANOWSKI
Depto de Tecnologia de Sementes / EMBRAPA - Soja



Dr. FLAVIO GURGACZ
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas / EMBRAPA - Soja



Prof. Dr. ULISSES ROCHA ANTUNIAS
Depto de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP



Prof. Dr. JULIANO CARLOS CALONEGO
Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Botucatu, 31 de março de 2017.

*A toda minha família, principalmente aos meus
pais, Ivanir e Pedro e minha irmã, Ingrid,*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me concedeu a dádiva da vida e que tem me guiado para bons caminhos, colocando 'anjos' para me ajudar durante a trajetória.

Ao Prof. Dr. Paulo R. Arbex Silva, por abrir as portas da Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA/UNESP/Botucatu para mim, pela orientação, ensinamentos, paciência e exemplo de professor.

Ao Grupo de Plantio Direto – GPD por me receber de braços abertos e dar suporte a realização das tarefas diárias, pesquisas e por sempre estar unido.

Aos colegas de pós-graduação: Vinicius Paludo (Massinha), Saulo F. Gomes de Sousa (Tizil), Tiago P. da Silva Correia (Goiano), Anderson R. de Andrade Gomes (Sono), Samantha V. de Almeida, Jéssica F. Giroti, Laís B. Consoline (Burciti), Lia H. Kato (Japa) e Sidnei M. Lauriano (Nei) pelas experiências trocadas, pelas amizades feitas e pelo auxílio à realização desse trabalho. Em especial ao amigo que me acompanha desde o mestrado, Doglas Bassegio, juntos sonhamos em estar na Unesp e mesmo cada um em um departamento, aqui chegamos e levaremos com muito orgulho essa experiência.

Aos estagiários do GPD que não mediram esforços para me ajudar nas mais variadas tarefas, sempre com a garantia de uma posterior confraternização para brindar o sucesso ou aprendizado do dia de trabalho.

A todos os funcionários das Fazendas de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE e do Departamento de Engenharia Rural que foram peças-chave para o início, meio e fim desse trabalho.

Aos professores: Francisco Carlos Krzyzanowski, Flavio Gurgacz, Ulisses Rocha Antuniassi e Juliano Carlos Calonego, membros da banca de defesa por disporem do seu tempo e pelas contribuições científicas para esta tese.

Aos professores do Departamento de Engenharia Rural e dos demais departamentos da FCA que compartilham com cada estudante a luz do saber.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida para realização do doutorado.

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a cultura da soja semeada em diferentes densidades e profundidades das sementes, e dessa maneira saber o quanto esses fatores influenciam na emergência de plântulas, nas características agronômicas e de produtividade. O experimento foi conduzido em dois anos agrícolas, 2015/16 e 2016/17, com sementes de soja da cultivar 5D634, na Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP/Botucatu-SP. Em cada ano, foram realizados dois experimentos, um com sete tratamentos de densidade de semeadura: 10, 12, 14, 16, 18, 20 e 22 sementes por metro e o outro com seis tratamentos que se referem às profundidades das sementes na mesma linha de semeadura: 0,02; 0,05 e 0,08 m do nível do solo, e combinação e alternância entre eles: 0,02 e 0,05; 0,02 e 0,08; 0,05 e 0,08 m. Os experimentos foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados, com 4 repetições, perfazendo 28 parcelas para as densidades e 24 para as profundidades de semeadura. Para a análise estatística dos dados de densidades de sementes foi utilizada análise de regressão polinomial e para as profundidades de sementes os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade. Concluiu-se que falhas na densidade de semeadura são mais prejudiciais do que sementes a mais no solo. Sementes depositadas mais profundas do que o recomendado para a soja tem baixa variação na produtividade e podem ocorrer pequenas alterações na uniformidade desde que se encontrem próximas, 2 cm acima ou 3 cm abaixo, sem diminuição significativa na produtividade.

Palavras-chave: *Glycine max* L. Plantabilidade. Semeadura.

ABSTRACT

The aim of this study was to verify different densities and seeds depths in the soybean sowing, and to find what kind of influence this has on the emergence of seedlings, agronomic characteristics and productivity. The experiment was carried out in 2015/16 and 2016/17 (two experimental years), at the Faculty of Agricultural Sciences - FCA / UNESP. The treatment of the sowing density has 10, 12, 14, 16, 18, 20 and 22 seeds per meter and the other treatment was depths of seeds in the same sowing line: 0.02; 0.05 and 0.08 m from ground level, and combination and alternation between them: 0.02 and 0.05; and 0.02 0.08; 0.05 and 0.08 m, in each year was sown individually these two experiments. The experimental design was composed by randomized blocks, with 4 repetitions, totaling 28 plots for the densities and 24 for the depths of sowing. The regression analysis was used to verify the sowing density and the variance analysis model (ANOVA) followed by Tukey test was used in case of the depths of seeds, both at 5% probability. Thus, it was verified in the density sowing with seeds failure does more harm than the excess of seeds in the soil. Seeds placed deeper than the recommended for soybeans have low variation in productivity and small changes may occur in uniformity since they are next, 2 cm above or 3 cm below, without significant decrease in productivity.

Keywords: *Glycine max* L. Plantability. Sowing.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Evolução da soja no Brasil	17
2.2	Produção e principais usos da soja no Brasil.....	18
2.3	Características morfológicas da soja	19
2.4	Plantabilidade.....	21
2.5	Densidade de semeadura	23
2.6	Profundidade de semeadura.....	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1	Campo experimental	28
3.2	Preparo da área	29
3.3	Descrição dos tratamentos.....	30
3.4	Delineamento experimental.....	32
3.5	Preparo das sementes na pré-semeadura.....	32
3.6	Semeadura manual.....	33
3.7	Condução do campo experimental.....	35
3.8	Variáveis analisadas	36
3.9	Análises estatísticas.....	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1	Dados climáticos dos períodos das avaliações da soja	40
4.2	Experimento A - Densidades de semeadura.....	41
4.3	Experimento B - Profundidades de semeadura	49
5	CONCLUSÕES	56
	REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

A agricultura é uma das bases para a produção de alimentos, energia e renda no Brasil e no mundo. A soja e o milho somam cerca de 80% da produção de grãos nacional. Levando em conta que o milho tem semeadura em primeira e segunda safra a semeadura de soja com cultivares mais precoces é cada vez maior.

A soja tem mercado internacional garantido para os grãos, farelo e óleo. É notória a participação dessa cultura tão difundida na agricultura brasileira para a produção de diversos produtos consumidos na alimentação e indústria.

Para o Brasil chegar à posição atual no mercado agrícola mundial, o conhecimento científico passou por muitas etapas e a mecanização agrícola foi um dos temas com evolução reconhecida. Fonseca (1990) descreveu em sua tese que foi a partir da introdução das semeadoras que o processo de modernização tomou impulso, já que esta nova técnica de semeadura de grãos economizava sementes por hectare e elevava a produtividade na colheita.

Apesar de ser comprovado o aumento da produtividade, recentemente foram publicados dados históricos de que a área semeada com soja cresceu em 30% e a produtividade em 8% nas últimas oito safras (CONAB, 2017). Tal constatação chama a atenção devido ao aumento em área estar três vezes maior do que a produtividade no mesmo período. Esses dados demonstram que, erroneamente, a quantidade está superando a qualidade, o que pode estar relacionado à maior atenção a semeadura de segunda safra em detrimento a primeira safra.

Balbinot Júnior et al. (2015a) destacam que na última década, poucos trabalhos científicos foram desenvolvidos e publicados no país sobre o tema. A atualização dos trabalhos com ajuste de densidade de plantas é justificada por quatro fatores: 1) mudança nas características morfofisiológicas das cultivares de soja e das práticas de manejo utilizadas na última década; 2) aumento da expectativa de produtividade de grãos; 3) semeadura antecipada da soja para possibilitar o cultivo de milho safrinha e/ou reduzir a incidência de doenças e pragas no final do ciclo, o que acarreta em mudança no ambiente de produção dessa oleaginosa; e 4) aumento do preço das sementes, em função das características inseridas nos genótipos via transgenia.

Os ganhos em produtividade além da dependência das condições climáticas, do uso de materiais de qualidade, das épocas de semeadura, também são

correspondentes ao conhecimento e bom uso de novas ferramentas e tecnologias. O sucesso ou insucesso de uma operação agrícola está diretamente ligado às decisões do produtor, que além de se modernizar e evoluir de acordo com o que se tem no mercado não deve deixar de seguir os princípios básicos de manutenção, regulação, dimensionamento e uso das máquinas agrícolas.

As principais operações mecanizadas para o bom desenvolvimento de uma lavoura iniciam-se com o preparo do solo no sistema de plantio convencional, já no plantio direto com a semeadura da cultura antecessora, consecutivamente, a semeadura da cultura principal, aplicação de produtos fitossanitários e colheita.

As sementes utilizadas na agricultura, na maioria dos casos, são dotadas de grande parte dos avanços tecnológicos desenvolvidos ao longo de décadas e representam um insumo de grande importância. Por isso, a semeadura tem de ser realizada promovendo boas condições de deposição em densidade e profundidade das sementes, permitindo o contato solo-semente, com umidade e temperatura do solo adequados para germinação, emergência e desenvolvimento das plantas, resultando na produtividade.

As particularidades das culturas como tamanho e forma de sementes, exigências agrônomicas como espaçamento entre plantas, densidade e profundidade de semeadura, entre outras, tornam necessária a utilização de semeadoras com regulação adequada a todas essas funções. Afinal, quanto maior a regularidade das sementes no solo em profundidade e equidistância das plantas será melhor para o desenvolvimento da lavoura.

No Brasil tradicionalmente eram cultivadas plantas de soja com tipo de crescimento determinado e portadoras de período juvenil longo. Nos últimos cinco anos, plantas de soja com tipo de crescimento indeterminado e semideterminado, sobretudo de ciclo precoce, nas várias faixas de latitude, passaram a ser adotadas no início da época de semeadura, visando o cultivo da segunda safra (VAZ BISNETA, 2015).

Como as plantas de soja tem capacidade de alterar sua morfologia e componentes de rendimento, de acordo com as características de crescimento, o objetivo do trabalho foi avaliar a cultivar 5D634 RR semeada em duas safras com diferentes densidades e profundidades das sementes, e dessa maneira saber o quanto esses fatores influenciam na emergência de plântulas, nas características agrônomicas e de produtividade da soja de hábito de crescimento indeterminado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Evolução da soja no Brasil

A soja cultivada atualmente é muito diferente dos seus ancestrais, que eram plantas rasteiras que se desenvolviam na costa leste da Ásia, principalmente ao longo do rio Yangtse, na China. Sua evolução começou com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China (EMBRAPA, 2016).

A primeira referência à soja como alimento data de mais de 5000 anos atrás, na agricultura chinesa. O primeiro registro de pesquisa de soja no Brasil foi em 1882 e é atribuído ao professor Gustavo Dutra, então professor da Escola de Agronomia da Bahia, que trouxe cultivares vindas dos Estados Unidos (APROSOJA, 2014).

Em 1891, testes de adaptação de cultivares, semelhante aos conduzidos por Dutra, foram realizados no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em São Paulo. Entre 1900 e 1901, o IAC promoveu a primeira distribuição de sementes de soja para produtores paulistas e, nessa mesma data, têm-se registro do primeiro cultivo de soja no Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 2000).

No Sul do Brasil a cultura encontrou condições para se desenvolver e expandir, dadas às semelhanças climáticas do ecossistema de origem (sul dos EUA) e teve êxito a partir dos anos 40. Na década de 70 a soja já era a principal cultura do agronegócio nacional (EMBRAPA, 2000; DALL'AGNOL, 2016).

Grande parte da área mundial cultivada com soja está localizada em latitudes maiores que 30°, onde prevalecem condições de clima temperado. O Brasil representa uma exceção dentro desse contexto, pois cerca de metade da produção brasileira é colhida em latitudes menores que 20° (ROCHA et al. 2012). Atualmente o país conta com 1623 cultivares de soja cadastradas no registro nacional (MAPA, 2016).

Tamanha adaptação do cultivo da soja brasileira é baseada em trabalhos desenvolvidos pela pesquisa nos últimos 30 a 40 anos. Devido ao melhoramento genético e os avanços em biotecnologia se têm mais de 300% de ganho na produtividade das grandes culturas e que só na soja, a produtividade passou de

1000 quilos para 3300 quilos por hectare (PESKE, 2009; KRZYZANOWSKI; FRANÇA-NETO; RUFINO, 2012).

O melhoramento de plantas engloba todas as técnicas, métodos, estratégias ou recursos utilizados para que algum progresso seja incorporado a uma espécie vegetal, com intuito de que seu conteúdo genético se relacione positivamente com os diferentes fatores que compõem o ambiente onde será cultivado (MIRANDA FILHO, 1994; BORÉM, 1997; EMBRAPA, 2003).

A sensibilidade da soja ao fotoperíodo é uma das principais restrições à adaptação de uma cultivar a baixas latitudes ou datas de semeadura (precoce, normal ou tardia), já que o seu desenvolvimento reprodutivo é normalmente iniciado quando as plantas estão submetidas a dias curtos que resultariam em florescimento precoce, plantas pequenas e de baixos rendimentos de grãos (HARTWIG; KIIHL, 1979; ALMEIDA et al., 1999; FARIAS, 2011).

O uso da característica de período juvenil longo foi a solução encontrada por alguns melhoristas para o avanço da soja em regiões de baixa latitude para retardar o florescimento em condições de dias curtos (HARTWIG; KIIHL, 1979; KIIHL; ALMEIDA; DALLAGNOL, 1984; HINSON, 1989; KIIHL; GARCIA, 1989). Segundo Kiihl e Garcia (1989), período juvenil é o nome dado à fase inicial de crescimento durante a qual a planta não é induzida a florescer, mesmo sob condições indutivas.

De acordo com Farias (2011) o período juvenil longo parece impedir o florescimento, independentemente do fotoperíodo, até que transcorra um período de tempo mínimo, fortemente determinado pelo genótipo e pela temperatura. Uma vez transcorrido este período, a soja torna-se "apta a florescer" e o florescimento destes materiais tende a ser menos sensível ao fotoperíodo.

Diante da evolução do cultivo da soja é possível que atualmente mais de 65% de toda a soja produzida no Brasil seja localizada em regiões de clima tropical e origina-se de sementes de alta qualidade (KRZYZANOWSKI; FRANÇA-NETO; RUFINO, 2012).

2.2 Produção e principais usos da soja no Brasil

A soja, além de ser a principal oleaginosa cultivada no mundo, faz parte do conjunto de atividades agrícolas com maior destaque no mercado mundial. Sendo que 82% da produção mundial concentram-se em apenas três países: Estados

Unidos, Brasil e Argentina (USDA, 2015). O Brasil é o maior exportador mundial de soja e Lee et al. (2016) preveem que o aumento da produção de aves e suínos no país pode aumentar a demanda nacional, apesar disso a exportação é o principal mercado.

O complexo soja (grão, farelo e óleo) é o principal gerador de divisas cambiais do Brasil. Em 2019, a produção nacional deve representar 40% do comércio mundial do grão e 73% do óleo de soja (MAPA, 2016).

A expansão em área plantada com soja é bastante significativa no país, desde 1976/77 cresceu 80%, chegando em 2015/16 a 33.228 mil ha⁻¹ (CONAB, 2016). O avanço em tecnologia nas sementes e na mecanização agrícola são fatores que tem destaque nesse crescimento.

No Brasil, a soja é a cultura com maior movimentação econômica do agronegócio, com R\$112 bilhões de valor bruto de produção (VBP/PIB) (MAPA, 2016) e representa 57% da área cultivada do país se destacando como a principal responsável pelo aumento da área agrícola (CONAB, 2016).

O sucesso da soja encontra-se dentro de suas múltiplas aplicações. A soja pode ser usada em produtos alimentares, como óleo vegetal comestível, biocombustíveis e, sobretudo, o seu farelo pode ser usado como fonte de proteína em rações animais (KOHLHEPP, 2010; BOEREMA et al., 2016).

A oferta de grãos de soja nacionais tem a seguinte destinação: 41,6% exportação, principalmente para China, União Europeia e Ásia e 51,2% são processados internamente como farelo e óleo (EMBRAPA, 2012; ABIOVE, 2016).

Apesar do complexo soja ser bastante conhecido, o grão da soja pode dar origem a diversos produtos e subprodutos, como: farinha de soja desengordurada com emprego comestível, usos industriais, óleo cru, grão de uso comestível, soja torrada (EMBRAPA, 2012).

2.3 Características morfológicas da soja

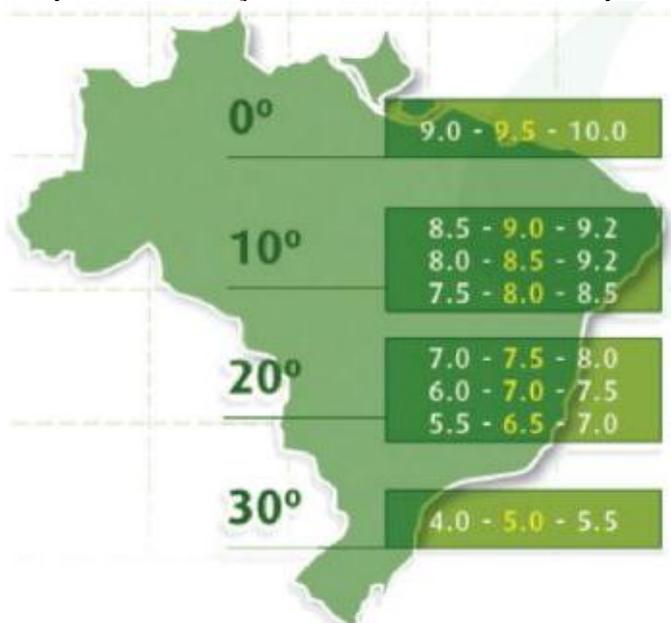
A planta de soja é uma dicotiledônea cuja estrutura é formada pelo conjunto de raízes e da parte aérea. O desenvolvimento pode ser dividido em dois períodos, o vegetativo, desde a semeadura até o florescimento e o reprodutivo, do florescimento a colheita (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

A soja (*Glycine max* L.) é uma oleaginosa anual, da família Leguminosae, é classificada como espécie de ciclo C₃. A composição dos grãos de soja apresenta em média 40% de proteína, 21% de óleo, 33% de carboidrato e 4% de cinzas na base seca (PERKINS, 1995).

No Brasil, o melhoramento de cultivares tem levado em consideração as regiões de cultivo, adaptando as faixas de temperatura e fotoperíodo para cada genótipo (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005). Para Vieira et al. (2009) a diversidade genética assegura medidas de proteção contra problemas futuros como pragas ou doenças e fornece uma base para melhoramentos genéticos.

Devido à sensibilidade da soja ao fotoperíodo, a adaptabilidade de cada cultivar varia na medida em que se desloca o seu cultivo em direção ao sul ou ao norte, ou seja, quando varia a latitude. Portanto, cada cultivar tem uma faixa limitada de adaptação em função do seu grupo de maturidade, de acordo com a Figura 1 (EMBRAPA, 2012).

Figura 1 - Grupos de maturação e suas faixas de latitude para o Brasil



Fonte: Adaptado de Alliprandini et al. (2009).

O ciclo da cultivar aumenta com a altitude e com a latitude (norte para sul) e diminui em regiões de menor altitude e, quando se desloca do sul para o norte. Cada décimo dessa numeração significa em torno de dois dias de variação no ciclo total das cultivares (EMBRAPA, 2011).

As principais variedades comerciais apresentam caule hispido, pouco ramificado e raiz com eixo principal e muitas ramificações. Possuem folhas trifoliadas (exceto o primeiro par de folhas simples, no nó acima do nó cotiledonar). Têm flores de fecundação autógama. Desenvolvem vagens (legumes) levemente arqueadas, e que podem conter de uma a cinco sementes lisas, elípticas ou globosas. Apresentam crescimento indeterminado (sem racemo terminal), determinado (com racemo terminal) ou semideterminado (intermediário) (NEPOMUCENO; FARIAS; NEUMAIER, 2008).

De acordo com Borém (2000) e Mundstock e Thomas (2005), as cultivares com hábito de crescimento determinado apresentam plantas com caules terminados por racemos florais e, após o início do florescimento, as plantas aumentam muito pouco em altura. Já as cultivares com hábito de crescimento indeterminado não apresentam racemos florais terminais e continuam desenvolvendo nós e alongando o caule (crescimento vegetativo), de forma que continuam a incrementar a altura até o final do florescimento.

A densidade de plantas de soja está relacionada com a plasticidade fenotípica que esta cultura apresenta e pode acarretar em inexistência de resposta diferenciada para rendimento de grãos à variação da população (RAMBO et al., 2003). Apesar da plasticidade, Linzmeyer Junior et al. (2008) descreveram que a população de plantas muito acima da recomendada, além de não proporcionarem acréscimo na produtividade, podem acarretar, principalmente para condições de ciclo longo e solos férteis, riscos de perdas por acamamento e aumento no custo de produção.

2.4 Plantabilidade

Plantabilidade é a distribuição uniforme das sementes ao longo do sulco de semeadura, tanto em densidade como em profundidade adequadas para a cultura semeada que é obtida pela regularidade da semeadora (MÁRQUEZ, 2004; AMADO; TOURN; ROSATTO, 2005).

De acordo com Schuch e Peske (2012) é a plantabilidade que evidencia a quantidade de sementes com espaçamentos corretos por unidade de área e ainda Heiffig et al. (2006) destacam que a melhor distribuição das sementes, tanto em

densidade, como em profundidade, proporciona menor grau de competição entre as plantas, proporcionando maior rendimento de grãos.

A plantabilidade desejada é aquela onde a diferença entre a quantidade de plantas calculadas na deposição e as emergidas são mínimas, com distribuição equidistante (MARONI et al., 2005). Para que a implantação de uma cultura siga os conceitos de plantabilidade é necessário que a semeadora se encontre em boas condições para cortar a palha (no plantio direto); abrir o sulco com pequena movimentação de solo e palhas; dosar fertilizante e sementes; depositar fertilizante e sementes em profundidades adequadas; cobrir sementes com solo e palha e compactar o solo lateralmente à semente (SIQUEIRA; CASÃO JUNIOR, 2004).

Atualmente, as sementes se constituem no segundo item de maior dispêndio de uma lavoura de soja. Frente ao aumento do custo com sementes, torna-se cada vez mais relevante o uso de sementes de boa qualidade, a realização da semeadura com adequada umidade do solo (a semente de soja requer absorção de água de, pelo menos, 50% do seu peso seco) e a regulagem correta das semeadoras, a fim de aperfeiçoar o uso desse insumo (BALBINOT JUNIOR et al., 2015a).

O sistema mecanizado agrícola é um ponto estratégico, pois ele pode representar, dependendo da cultura, de 20 a 40% dos custos de produção, representando o segundo componente do custo de produção na atividade rural, perdendo apenas para os insumos (fertilizantes e sementes) (MILAN; ROSA, 2014; WEIRICH NETO et al., 2015). Como a semeadura é um dos processos mecanizados com grande importância, Portella (1999) ressalta que a lavoura produz mais com a semeadora bem regulada.

A regulagem da semeadora é dependente da cultura e do solo a serem trabalhados. Aratani et al. (2006), avaliando o desempenho de duas semeadoras-adubadoras de soja de disco horizontal com adaptações do sistema de corte de palha e haste sulcadora, descreveram maior eficácia da máquina com a regulagem específica para a situação real de trabalho. Destacando a dificuldade na regularidade da profundidade de deposição das sementes, que não foi satisfatório.

Kolling (2015) descreveu que os problemas de semeadura são comuns nas lavouras do Brasil, podendo ser a distribuição desuniforme das sementes uma das causas que altera a densidade ideal para a cultura. Estes problemas podem decorrer de velocidade excessiva do trator durante a semeadura e má regulagem da semeadora, causando falhas no estande de plantas que podem ocasionar um

subaproveitamento de radiação solar, água e nutrientes, limitando o rendimento de grãos (LIU et al., 2004; CELIK; OZTURK; WAY, 2007; DIAS et al., 2009; JASPER et al., 2011; REIS; FORCELLINI, 2002).

Em relação a critérios para a classificação do desempenho, Coelho (1996) sugere que semeadoras pneumáticas devem proporcionar uniformidade de espaçamentos entre sementes, dentro das fileiras, acima de 90%, e semeadoras de discos perfurados horizontais acima de 60%.

Segundo Copetti (2003), quando há erros de densidade de semeadura, a soja suporta variações máximas de até 15% sem ocorrer prejuízo para a produtividade. O não cumprimento das exigências básicas de plantabilidade pode levar ao desenvolvimento de plantas sem o potencial máximo de produtividade, como indivíduos com inadequações de porte, de ramificações, na produção individual, no diâmetro de haste e no enraizamento (ENDRES, 1996).

2.5 Densidade de semeadura

Na implantação da lavoura, o número de sementes depositadas no solo configura a densidade de semeadura e, seguir as recomendações para a cultivar a ser implantada é de máxima relevância. Caso haja variação na densidade podem ocorrer alterações na morfologia da planta, interferindo diretamente na sua arquitetura, nos componentes do rendimento e, conseqüentemente, no rendimento de grãos (GAUDÊNCIO et al., 1990; THOMAS; COSTA, 2010).

As sementes com alto valor genético proporcionam maior confiabilidade ao produtor, já que o crescimento, desenvolvimento e rendimento da cultura resultam da interação entre o potencial genético e o ambiente. Porém as práticas de manejo do ambiente de produção são fundamentais na expressão do potencial da lavoura e isso é responsabilidade do produtor (SUZUKI; YUYAMA; CAMACHO, 2005).

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

O aumento da densidade de plantas normalmente diminui a emissão de ramos laterais, aumenta a estatura de planta, diminui o número de vagens por planta e

pode favorecer o acamamento em muitas cultivares (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005; THOMAS; COSTA, 2010).

Já em baixa densidade, as plantas de soja tendem a emitir maior quantidade de ramos e formar hastes mais robustas, aumentando o número de vagens por planta. Com isso, pode haver compensação da menor quantidade de indivíduos por área pela maior produção por planta (BALBINOT JUNIOR et al., 2015a).

A densidade de semeadura da soja já vem sendo pesquisado desde o início do cultivo dessa espécie, apresentando estudos em diversas regiões tanto no Brasil, quanto nos Estados Unidos da América.

Em pesquisa de Weber, Shibles e Byth (1966), o adensamento populacional não apresentou resultado satisfatório, já que encontraram maior rendimento com 260 mil sementes por hectare (12 sementes por metro, calculado com espaçamento entre linhas de 0,45 m), em comparação com o dobro da população, em Iowa. Mais recentemente, Basol, Wright e Lenssen (2013) descreveram que a população tem melhor desempenho com 450 a 600 mil sementes por hectare (20 a 27 sementes por metro, calculado com espaçamento entre linhas de 0,45 m).

Stivers e Swearingin (1980) afirmaram que em populações de 350, 470 e 600 mil plantas por hectare (16, 21 e 27 sementes por metro, calculado com espaçamento entre linhas de 0,45 m) mantiveram rendimentos de 3.839 a 3.893 kg ha⁻¹, em Indiana. Enquanto que para Robinson e Conley (2007) para maximizar a produtividade, a população de soja deve ser entre 200 a 250 mil plantas por hectare (9 a 11 sementes por metro, calculado com espaçamento entre linhas de 0,45 m), em Indiana.

Conjuntamente aos ganhos em rendimento, deve ser considerado o custo de produção, que aumentou nos últimos anos (THOMPSON et al., 2015). Em particular, as sementes tornaram-se mais caras após a introdução de cultivares geneticamente modificada, e as tentativas posteriores por empresas de sementes para proteger sua propriedade intelectual (EPLER; STAGGENBORG, 2008; RICH; RENNER, 2007; SHI; CHAVAS; STIEGERT, 2010).

Para Costa Val et al. (1971) os ganhos com a produtividade geralmente são crescentes e proporcionais ao aumento da população, até o ponto em que a competição por fatores como luz, nutrientes e umidade do solo possa influenciar negativamente o processo de produção. No Rio Grande do Sul, Queiroz (1975), semeou 10, 30, 50, 70 e 90 plantas por m², sendo de quatro cultivares de ciclos

diferentes, e não obteve respostas da soja às variações. A Embrapa (1988) recomendou a população de 400 mil plantas por hectare (18 sementes por metro, calculado com espaçamento entre linhas de 0,45 m) para a maioria das cultivares de soja e atualmente cada região tem as populações mais adequadas.

Souza et al. (2016) definiram que o aumento de populações de 245, 350 e 455 mil sementes por hectare (11, 16 e 20 sementes por metro, calculado com espaçamento entre linhas de 0,45 m) não apresentam ganho em produtividade para soja, em Goiás, e sim que a mudança no arranjo espacial é o que remete a maior produtividade. Em menores densidades Cruz et al. (2016) citaram que o aumento de 70 a 220 mil sementes por hectare (3 a 10 sementes por metro, calculado com espaçamento entre linhas de 0,45 m), eleva a produtividade de grãos da soja independente do arranjo espacial entre plantas.

Em pesquisas no Paraná, Procópio et al. (2013) e Balbinot Júnior et al. (2015), ambos com populações de 375 e 562 mil sementes por hectare (17 e 25 sementes por metro, calculado com espaçamento entre linhas de 0,45 m), também não obtiveram resultados positivos para produtividade com aumento de população. Tourino, Rezende e Salvador (2002), em Minas Gerais com as densidades de 10, 13, 16, 19 e 22 sementes por metro obtiveram melhor produtividade com a menor densidade.

Petter et al. (2016) avaliando a dinâmica da radiação fotossinteticamente ativa, em populações de soja de 8, 12, 16, 20 e 24 sementes por metro (calculado com espaçamento entre linhas de 0,40 m), no Piauí, encontraram melhores resultados para o aproveitamento solar em populações de 8 e 12 sementes por metro. Reafirmando o que já foi dito por Barni, Gomes e Gonçalves (1985) e Gaudêncio et al. (1990), sobre a tolerância da soja a uma ampla variação na população, que reflete mais na sua morfologia do que no rendimento de grãos.

2.6 Profundidade de semeadura

A profundidade de semeadura e seus efeitos na velocidade de germinação e emergência são explicados por Hartmann e Kester (1979). Segundo os autores, a temperatura é talvez o mais importante fator do meio que regula a germinação e o crescimento da plântula, além da disponibilidade hídrica. Dentro de determinados limites, a velocidade de emergência aumenta com o incremento de temperatura e

umidade, sendo que a germinação, o crescimento e a diferenciação da plântula são favorecidos pelas flutuações entre as temperaturas diurna e noturna.

A disponibilidade de água é extremamente importante para promover germinação, crescimento inicial de raízes e alongação de tecidos vegetais, e esses fatores são altamente influenciados pelo potencial matricial de água no solo, textura e área de contato entre solo e semente (BEWLEY; BLACK, 1994).

Em pesquisas mais recentes em relação a semeadura muito profunda destacam-se o aumento do período de suscetibilidade a patógenos, surgimento de barreira física à emergência das plântulas e ocasiona a redução da expressão do vigor de sementes. Por outro lado, semeaduras realizadas em profundidades abaixo do recomendado predispõem as sementes ao déficit hídrico ou térmico, estresses que podem refletir na formação de plântulas pequenas e frágeis (ALVES et al., 2014; MARCOS FILHO, 2015).

A temperatura média do solo adequada à semeadura da soja varia de 20°C a 30°C, sendo 25°C a temperatura ideal para uma emergência rápida e uniforme (DECICINO, 2016). De acordo com a Embrapa (2003) a semente de soja, para a germinação e a emergência da plântula, requer absorção de água de 50% do seu peso seco. Para que isso ocorra, deve haver condições adequadas de umidade e aeração do solo e a semeadura deve propiciar o melhor contato possível entre solo e semente.

Para incrementar o potencial produtivo da lavoura é fundamental que haja uniformidade na emergência e homogeneidade na distribuição das plantas nos sulcos de semeadura, para isso é indispensável precisão na hora de colocar as sementes no solo em relação à profundidade (GLENN; DAYNARD, 1974; ARGENTA; SILVA; SANGOI, 2001; BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014).

Trabalhando com sementes de diferentes tamanhos de 3 cultivares de soja, em diversas profundidades de semeadura, Hopper e Overholt (1975) verificaram que as sementes pequenas e médias apresentavam maior velocidade de emergência. À medida que a profundidade aumentou houve redução na emergência.

A classificação da semente de soja é realizada há vários anos no Brasil e essa padronização é um dos itens que resulta num incremento da precisão de semeadura (KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO; COSTA, 1991).

Hummel, Gary e Nave (1981), pesquisaram o rendimento da soja semeada em profundidades de 2,5; 5 e 7,5 cm de um solo argiloso, e descreveram que em

condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento da planta essas profundidades não afetaram a produtividade, já em condições adversas, como deficiência hídrica, a semente mais profunda é a mais recomendada (CONTE et al., 2009).

Pesquisas da Universidade Estadual de Michigan, sobre profundidade de semeadura, revelaram que apenas 20% das áreas cultivadas estão perto da profundidade pretendida. Uma preocupação ainda maior é que em 68% das áreas, a semente foi semeada muito profunda, o que atrasa a emergência (STATON, 2016). Cox e Cherney (2016) ao pesquisarem profundidades de 2,54 e 3,81 cm, em solos silte argiloso e argiloso, ressaltam a complexidade na identificação de uma profundidade de semeadura ideal de soja.

Krzyzanowski, França Neto e Costa (1991) descreveram que a semeadura é a etapa mais crítica no cultivo de soja. Garcia et al. (2007) indicaram a profundidade ideal sendo de 3 a 5 cm, além da uniformidade na distribuição no plano horizontal. A velocidade de deslocamento do trator na semeadura é um dos fatores que podem influenciar a profundidade das sementes, e possível exposição da mesma (GARCIA et al., 2011).

Havendo uma inadequação na emergência de plantas existe a necessidade de replantio, que é uma prática que implica no aumento expressivo do custo de produção, pois há necessidade de dessecação química das plantas que emergiram na primeira semeadura, gasto de mais sementes e realização de uma operação de semeadura adicional (BALBINOT JUNIOR et al., 2015a; GASPAR; CONLEY, 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Campo experimental

Os experimentos foram conduzidos em dois anos agrícolas, 2015/16 e 2016/17, na Fazenda Experimental Lageado, em área pertencente ao Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP, Campus de Botucatu, apresentando como coordenadas geográficas 48° 23' de longitude Oeste de Greenwich e 22° 51' de latitude Sul, com altitude de 765 metros.

O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho distroférico típico argiloso, profundo, ácido (EMBRAPA, 2006). De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Cwa, que caracteriza clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (CUNHA; MARTINS, 2009).

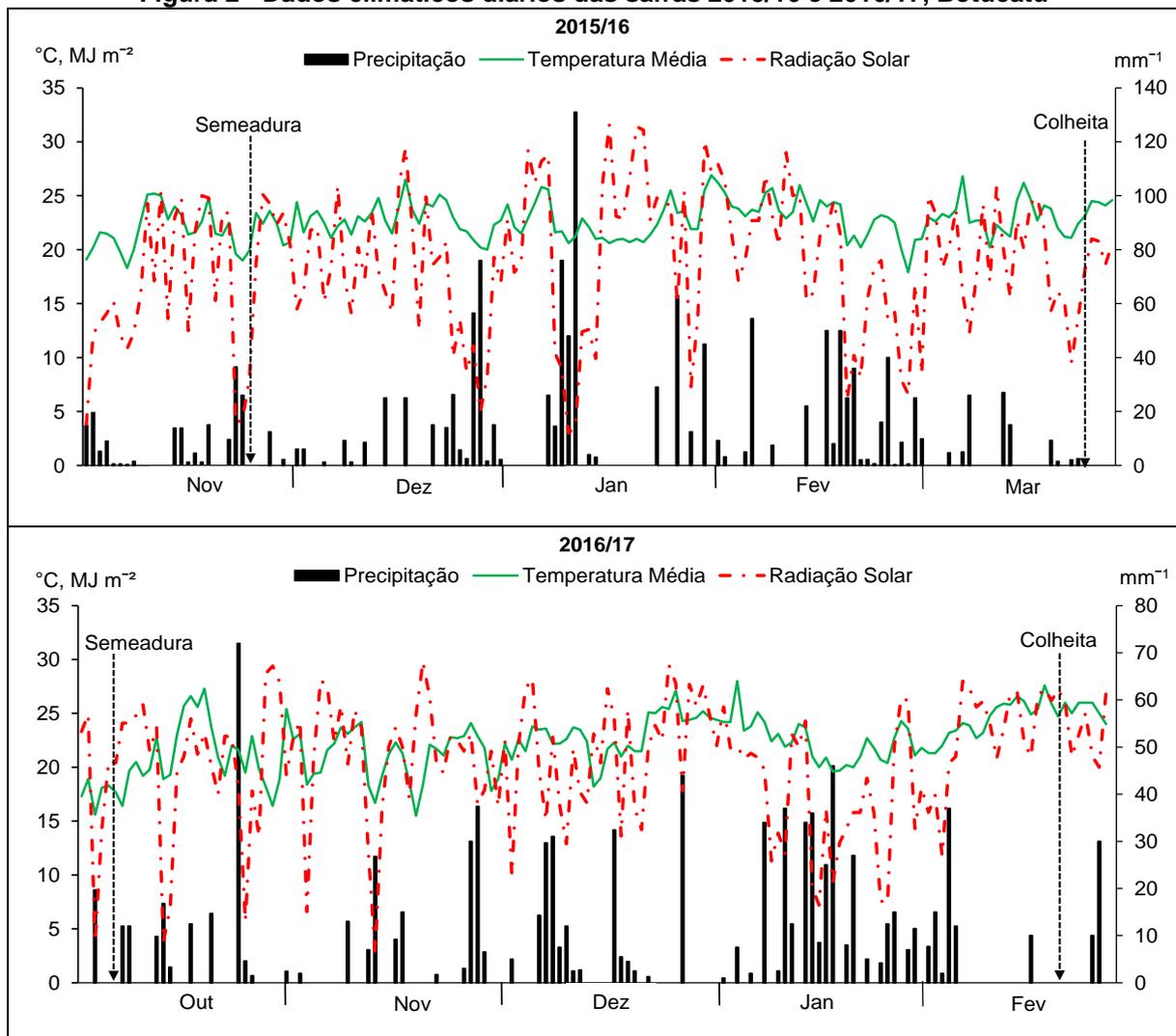
Antes da instalação do experimento, realizaram-se amostragem para análises química do solo, cujos resultados são apresentados no Quadro 1. A análise foi realizada pelo Departamento de Solos e Recursos Ambientais (FCA/UNESP).

Quadro 1 - Propriedades químicas do solo, referente aos dois anos dos experimentos

Ano	Profundidade (cm)	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	
		-----mmol _c dm ⁻³ -----							%	
2015	0-20	0	40	2,3	24	13	39	79	49	
	20-40	0	39	1,3	18	9	29	68	42	
	Profundidade (cm)	pH	M.O.	P _{resina}	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
		CaCl ₂	g dm ⁻³	-----mg dm ⁻³ -----						
		0-20	4,8	27	11	0,18	6	29	15,1	1,2
		20-40	4,8	20	6	0,19	5,8	19	9,8	1
Ano	Profundidade (cm)	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	
		-----mmol _c dm ⁻³ -----							%	
2016	0-20	0	41	3	31	17	51	91	56	
	20-40	0	34	2,1	27	14	43	77	55	
	Profundidade (cm)	pH	M.O.	P _{resina}	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
		CaCl ₂	g dm ⁻³	-----mg dm ⁻³ -----						
		0-20	5,1	30	9	0,34	6,3	47	14,5	6,6
		20-40	4,9	25	16	0,33	6	36	13,5	3

Os dados climáticos referentes à precipitação, temperatura e radiação solar global estão apresentados na Figura 2, conforme dados da estação meteorológica do Departamento de Solos e Recursos Ambientais (FCA/UNESP).

Figura 2 - Dados climáticos diários das safras 2015/16 e 2016/17, Botucatu



3.2 Preparo da área

Os experimentos foram instalados em preparo convencional, ou seja, o solo foi totalmente mobilizado. A utilização deste preparo foi devido à necessidade de nivelamento do solo, para a correta deposição das sementes de acordo com as densidades e, também para a deposição nas profundidades definidas para o experimento.

Para a realização da descompactação do solo foi utilizado um subsolador escarificador (marca Jan, modelo Jumbo Matic), de arrasto, equipado com sete

hastes parabólicas espaçadas em 0,4 m. A operação com subsolador escarificador foi realizada apenas no primeiro ano (2015). As demais operações de preparo foram iguais para os dois anos do experimento. Para a quebra dos torrões e preparo secundário do solo foi utilizada uma grade intermediária (marca Marchesan, modelo GAICR - Grade Aradora Intermediária Controle Remoto), com 20 discos recortados em ambas as seções, espaçados em 0,27 m, 28 polegadas de diâmetro, largura de corte de 2,57 m. Para o acionamento desses equipamentos foi utilizado um trator (marca Massey Ferguson, modelo MF 299, 4 x 2 TDA – Tração Dianteira Auxiliar) com 107,9 kW (130 cv) de potência no motor.

Para a realização da quebra dos torrões e nivelamento do solo, foi utilizada enxada rotativa (marca Tatu Marchesan, modelo RC² 1500 – Roçadeira de Posição Central ou Lateral), de largura 1,5 m. Para tracionar esse equipamento foi utilizado o trator (marca New Holland, modelo TL 85, 4 x 2 TDA – Tração Dianteira Auxiliar), com 70,55 kW (85 cv) de potência no motor.

3.3 Descrição dos tratamentos

Os tratamentos foram escolhidos de acordo com o princípio de que as plantas de soja têm capacidade de alterar sua morfologia e componentes de rendimento (plasticidade fenológica) em diferentes densidades e profundidades de semeadura. Para isso foram realizados dois experimentos distintos, nas safras 2015/16 e 2016/17, utilizando sementes de soja cultivar 5D634 RR, sendo recomendado para esta cultivar a semeadura com 355.555 sementes por hectare. O experimento A (Quadro 2) se refere a densidade de semeadura.

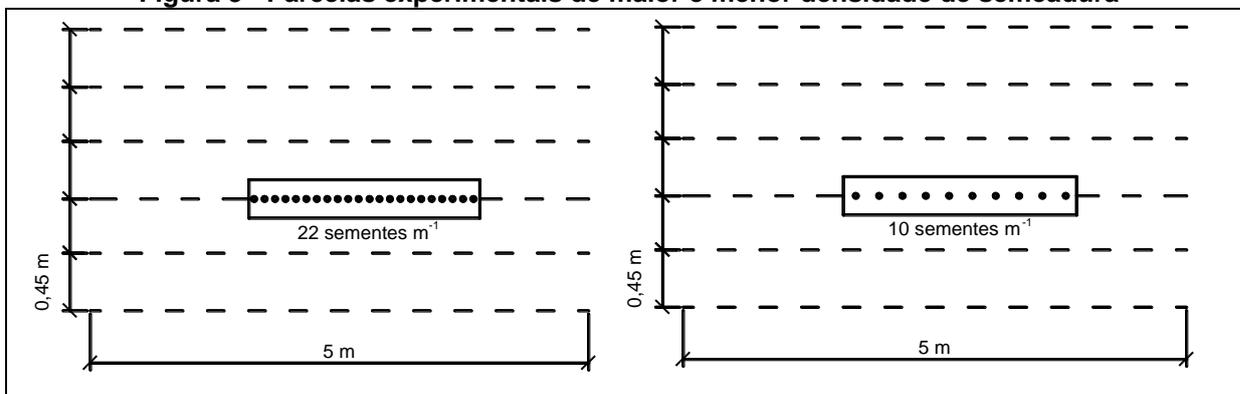
Quadro 2 - Densidades de semeadura, descritas por localização da semente em linha e por área

Tratamento	Nº de sementes m ⁻¹	Plantas ha ⁻¹
1	22	488.888
2	20	444.444
3	18	400.000
4	16*	355.555*
5	14	311.111
6	12	266.666
7	10	222.222

* número recomendado de sementes por metro.

As parcelas experimentais tinham seis linhas de semeadura, espaçadas em 0,45 m, com 5 m de comprimento (Figura 3), com profundidade de semeadura de 0,05 m para todos os tratamentos.

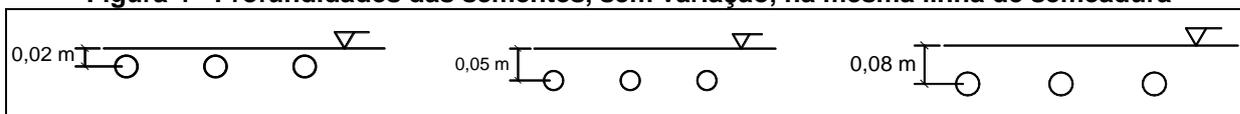
Figura 3 - Parcelas experimentais de maior e menor densidade de semeadura



O experimento B se refere às profundidades das sementes na linha de semeadura com deposição a 0,02; 0,05 e 0,08 m do nível do solo e com a alternância entre elas, ou seja, 0,02 e 0,05 m; 0,02 e 0,08 m; 0,05 e 0,08 m. A densidade de semeadura foi de 16 sementes por metro ($355.555 \text{ sementes ha}^{-1}$) em todos os tratamentos, conforme o recomendado para a cultivar.

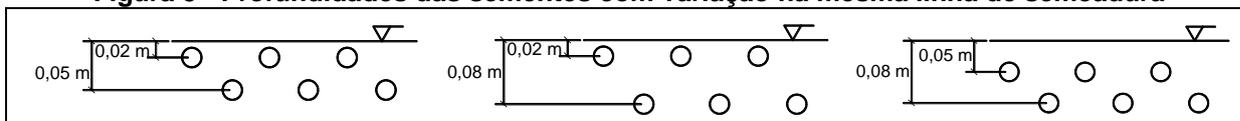
As parcelas experimentais também tinham seis linhas de semeadura, espaçadas em 0,45 m, com 5 m de comprimento e os tratamentos no mesmo nível de profundidade no solo foram dispostos de acordo com a Figura 4.

Figura 4 - Profundidades das sementes, sem variação, na mesma linha de semeadura



Os tratamentos com intercalação na profundidade das sementes na mesma linha de semeadura foram dispostos de acordo com a Figura 5.

Figura 5 - Profundidades das sementes com variação na mesma linha de semeadura



3.4 Delineamento experimental

No experimento A que são as densidades de semeadura (tratamentos: 22, 20, 18, 16, 14, 12 e 10 sementes m^{-1}), o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 4 repetições de cada tratamento, totalizando 28 parcelas.

No experimento B que são as profundidades das sementes (tratamentos: 2; 2 e 5; 2 e 8; 5; 5 e 8; e 8 cm), o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 4 repetições de cada tratamento, totalizando 24 parcelas.

3.5 Preparo das sementes na pré-semeadura

Foram utilizadas sementes de soja cultivar 5D634 (marca Dow AgroSciences), com tecnologia Roundup Ready (RR), de peneira 5,5 mm, ciclo precoce (110-120 dias), grupo de maturação 6.3, altura média da planta 0,9 a 1 m, flor branca, hipocótilo verde, pubescência cinza, hilo marrom-claro, resistente ao acamamento, hábito de crescimento indeterminado, sendo estes dados disponibilizados pela empresa produtora das sementes.

A recomendação de densidades de sementes para altitudes acima de 500 m é de aproximadamente 360.000 sementes por hectare, sendo utilizada neste experimento a densidade de 355.555 sementes por hectare devido a configuração dos tratamentos no campo experimental.

Na ocasião da semeadura as sementes receberam tratamento com fungicida sistêmico de ativo carboxin 200 g L^{-1} + thiran 200 g L^{-1} + etileno glicol 249 g L^{-1} (produto comercial Vitavax-Thiram). Posteriormente as sementes receberam a aplicação de micronutrientes (cobalto e molibdênio). Por fim a inoculação utilizada foi de formulação líquida com bactérias *Bradyrhizobium* (produto comercial Biomax). Para esse procedimento seguiu-se a dosagem recomendada pelo fabricante de 100 mL para 50 kg de sementes. Os tratamentos foram realizados diretamente sobre as sementes no interior de sacos plásticos onde foi realizada de maneira separada para cada produto, na ordem descrita.

3.6 Semeadura manual

Previamente a semeadura dos experimentos A e B foi utilizado o conjunto trator-semeadora para delimitar as linhas de semeadura e também a adubação de base a 0,10 m de profundidade com dosagem de 350 kg ha^{-1} do fertilizante formulado 04 (N) – 20 (P_2O_5) – 20 (K_2O), conforme análise solo descrita no Quadro 1. Utilizou-se uma semeadora de precisão (marca Jumil, modelo Exacta 2980 PD – Plantio Direto), com sete linhas, espaçados a 0,45 m, dosador de adubo tipo helicoidal, sulcador de adubo tipo disco duplo e sistema pneumático para deposição da semente e trator (marca New Holland, modelo TS 110, 4 x 2 TDA – Tração Dianteira Auxiliar), com potência nominal no motor de 80,5 kW (109,5 cv). A semeadura manual foi realizada em seis das sete linhas para se adequar a área experimental (Figura 6).

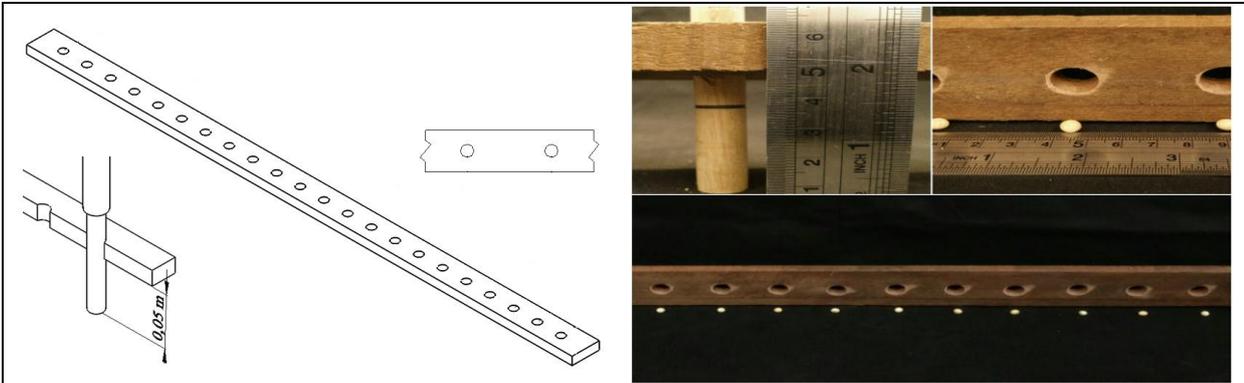
Figura 6 - Área experimental após a adubação e marcação das linhas de semeadura



A deposição de sementes foi realizada manualmente, com o auxílio de régua previamente dimensionadas (gabarito) com 2,5 m de comprimento, 0,015 m de espessura e orifícios de 0,0015 m de diâmetro, espaçados de acordo com os tratamentos. A semeadura foi realizada por blocos para que as condições experimentais fossem o mais semelhante possível para os tratamentos e suas repetições. Ambos os experimentos foram implantados em 1 dia.

Para a semeadura do experimento A foram utilizadas régua pré-dimensionadas seguindo a configuração de cada tratamento, representada pela Figura 7.

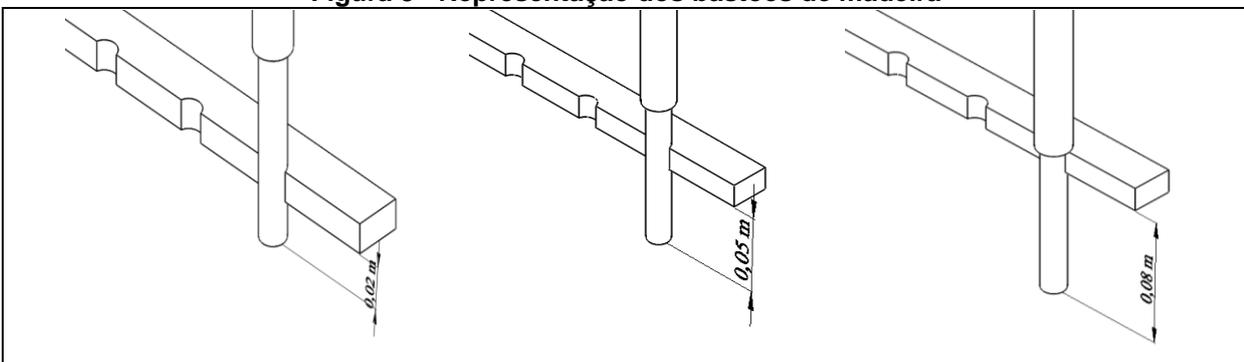
Figura7 - Representação e imagem da régua dimensionada para o tratamento de 22 sementes m^{-1}



Em cada orifício foi colocada uma semente, e pressionada no solo com auxílio de um bastão de madeira, na profundidade fixa de 0,05 m. Após a retirada da régua as sementes foram cobertas com solo, após o solo foi pressionado para o contato com a semente.

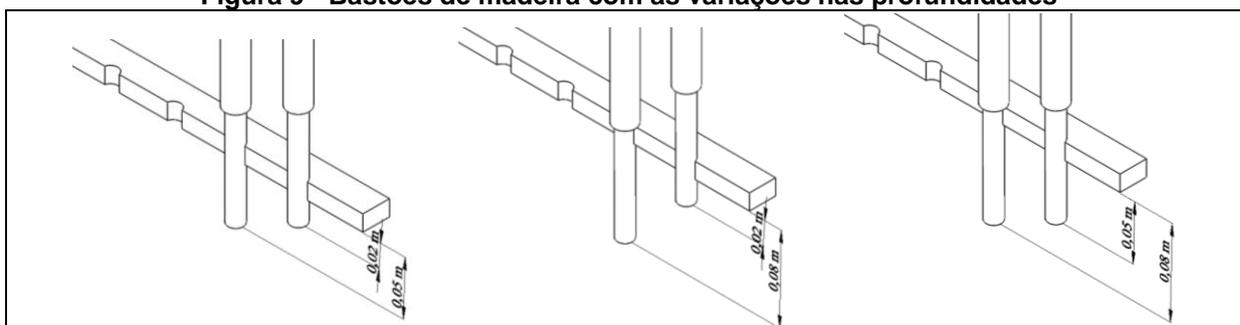
Para a semeadura do experimento B, foram utilizadas régua pré-dimensionadas para a densidade de 16 sem m^{-1} . Para posicionar as sementes nas profundidades referentes a cada tratamento foram dimensionados bastões de madeira com as profundidades de 0,02; 0,05 e 0,08 m, com acréscimo de 0,015 m que é devido à espessura da régua para que os bastões seguissem a configuração de cada tratamento, representados pela Figuras 8.

Figura 8 - Representação dos bastões de madeira



Nos tratamentos de mesma profundidade das sementes os bastões eram posicionados sempre na mesma medida, diferente dos tratamentos com intercalação das profundidades (Figura 9).

Figura 9 - Bastões de madeira com as variações nas profundidades



As medidas do bastão são representadas pela Figura 10, onde a marcação de baixo para cima corresponde a 0,02 m, a segunda marcação é de 0,05 m e ao fim da ponta do bastão a 0,08 m.

Figura 10 - Bastão de madeira com as variações das profundidades



3.7 Condução do campo experimental

O controle fitossanitário foi realizado conforme avaliações a campo. Após 15 dias da semeadura foi aplicado o herbicida de princípio ativo glyphosate (produto comercial Roundup WG), na dose de 2,5 kg por hectare de produto comercial, com volume de calda de 150 L por hectare, com auxílio de um pulverizador costal de acionamento manual com ponta do tipo jato plano (marca Teejet, modelo XR 11003VS).

Aos 30 dias da semeadura houve a necessidade de duas aplicações na área experimental e para esse controle foram aplicados o fungicida sistêmico - azoxistrobina 200 g L⁻¹ + ciproconazol 80 g L⁻¹ (produto comercial Priori-Xtra), e o inseticida - acefato 750 g (produto comercial Aquila/Lancer). Essas pulverizações foram feitas com pulverizador (marca Jacto, modelo Condor) com capacidade de 600 litros e equipado com uma barra de 12 metros com 25 bicos espaçados de 0,50

m entre si, pontas do tipo jato plano (marca Teejet, modelo XR 11003VS), com pressão de 50 psi, acoplado em trator (marca New Holland, modelo 3030) com 42,33 kW (51 cv) de potência no motor.

3.8 Variáveis analisadas

Cada experimento foi avaliado individualmente, sendo as variáveis repetidas nas duas safras de condução. As variáveis analisadas foram:

a) Emergência de plântulas e Índice de velocidade de emergência

Para o experimento A utilizou-se a variável de emergência de plântulas, para melhor visualização dos resultados. Para o cálculo dessa variável utilizou-se o número de sementes depositadas nos 5 metros da parcela experimental em comparação com o número de plântulas emergidas até a estabilização do estande inicial da cultura e esses dados foram transformados em % de emergência.

E no experimento B foi utilizado o índice de velocidade de emergência. Após a semeadura a área foi monitorada diariamente e quando constatada a emergência das primeiras plântulas iniciou-se a anotação, de 24 em 24 horas, do número de plântulas que emergiram, ou seja, as que apresentavam cotilédones acima da superfície do solo. A contagem diária se deu até a estabilização da emergência e estande de plântulas, conforme indica Nakagawa (1994).

Foi determinado o índice de velocidade de emergência (IVEm) avaliando 5 metros nas duas linhas centrais de semeadura de cada parcela experimental. Os valores do IVEm foram determinados pela Equação 1, proposta por Maguire (1962).

$$IVEm = (G_1/N_1) + (G_2/N_2) + \dots + (G_n/N_n) \quad (1)$$

Em que: IVEm é índice de velocidade de emergência, G_1, G_2, \dots, G_n são os número de plântulas emergidas em cada dia de contagem e N_1, N_2, \dots, N_n são os número de dias decorridos entre a semeadura e o último dia de contagem.

b) Diâmetro da haste da planta

O diâmetro da haste foi determinado na haste principal da planta em aproximadamente 0,05 m acima do solo com um paquímetro digital.

c) Altura de inserção da primeira vagem da planta

A altura de inserção da primeira vagem foi medida a partir da base da haste principal da planta até a inserção da primeira vagem com uma régua graduada em centímetros.

d) Altura total da planta

A altura total da planta foi medida pela distância entre a base da haste principal e o ápice com uma régua graduada em centímetros.

As avaliações das variáveis b, c e d foram realizadas ao fim do ciclo (110 dias após a semeadura), ainda em campo nas mesmas 10 plantas selecionadas ao acaso dentro da área útil de cada parcela experimental (Figura 11).

Figura 11 - Avaliações em campo



Após essas avaliações foi realizada a colheita manual das duas linhas centrais, descontando 1 metro do início e fim de cada parcela experimental (Figura 12). As plantas foram levadas para o laboratório de plantabilidade do GPD (Grupo de Plantio Direto) para avaliações das variáveis e, f, g, h, i, j e k.

Figura 12 - Colheita manual da área central de cada parcela experimental

e) População de plantas

A população de plantas foi determinada pela contagem das plantas da área útil de cada parcela experimental após a colheita manual. Este resultado foi extrapolado para o número de plantas por hectare.

Após essa avaliação 10 plantas foram escolhidas ao acaso para a verificação das variáveis descritas a seguir: f, g, h e i, com todas essas avaliações nas mesmas plantas.

f) Número de ramificações por planta

Para determinar o número de ramificações foram contadas as ramificações primárias, oriundas da haste principal da planta.

g) Número de vagens por planta

O número de vagens por planta foi contado após a retirada de todas as vagens da planta.

h) Número de grãos por vagens por planta: sem grãos, com 1, 2 e de 3 grãos

Após a contagem do número de vagens por planta, essas foram separadas quanto ao número de grãos dentro da vagem e transformadas em porcentagem.

i) Número de grãos por planta

Após a contagem do número de vagens por planta, essas foram separadas quanto ao número de grãos dentro da vagem para o cálculo do total por planta.

j) Massa de mil grãos

A massa de mil grãos foi definida a partir da contagem de 8 repetições de 100 grãos provenientes de cada parcela experimental. A partir da aferição do teor de água dos grãos foi corrigido para 13% e pesaram-se os grãos em balança eletrônica com precisão de 0,01 g. Calculou-se a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos valores obtidos das pesagens, após o resultado dessa determinação calculado multiplicou-se por 10 o peso médio obtido das 8 repetições de 100 sementes, e como o coeficiente de variação não excedeu 6%, sua massa foi transformada em massa de 1000 grãos (MAPA, 2009).

k) Produtividade

Após a contagem da população de plantas, as mesmas foram debulhadas em uma trilhadora e os grãos pesados em balança eletrônica com precisão de 0,01 g. Para o cálculo da produtividade o teor de água dos grãos, previamente aferido, foi corrigido para 13% e por meio da massa de grãos produzidos por área útil da parcela, foi calculado a produtividade em kg ha^{-1} .

3.9 Análises estatísticas

Para o experimento A, que são as densidades de semeadura (tratamentos: 22, 20, 18, 16, 14, 12 e 10 sementes m^{-1}), os dados obtidos foram tabulados e adotou-se a análise de regressão polinomial a 5% de probabilidade.

No experimento B, que são as profundidades das sementes (tratamentos: 2; 2 e 5; 2 e 8; 5; 5 e 8; e 8 cm), os dados obtidos foram tabulados e submetidos à análise de variância e havendo diferenças significativas as médias a foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dados climáticos dos períodos das avaliações da soja

A precipitação acumulada nas duas safras (2015/16 e 2016/17) foram de 1405 e 988 mm, respectivamente, o que está acima da média histórica para ambas as safras. As temperaturas foram de 23°C nas médias das duas safras, 1°C acima da média histórica. Pode-se destacar 1°C acima em jan/16 e 1°C abaixo em dez/17 da média histórica, no estágio reprodutivo das plantas que é um período vulnerável a mudanças de temperatura (EMBRAPA, 2010). Os dados dos ciclos de condução dos experimentos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados mensais de precipitação e de temperatura, para os dois ciclos da soja em relação à média histórica de Botucatu

Mês	Precipitação acumulada (mm)		Temperatura média (°C)	
	Safra 2015/16	Média histórica	Safra 2015/16	Média histórica
Novembro	188	133	22	21
Dezembro	295	185	23	22
Janeiro	454	224	22	23
Fevereiro	340	203	24	23
Março	128	141	23	24
Total	1405	886	23	22

Mês	Precipitação acumulada (mm)		Temperatura média (°C)	
	Safra 2016/17	Média histórica	Safra 2016/17	Média histórica
Outubro	181	127	21	20
Novembro	152	133	21	21
Dezembro	195	185	23	22
Janeiro	336	224	23	23
Fevereiro	124	203	25	23
Total	988	872	23	22

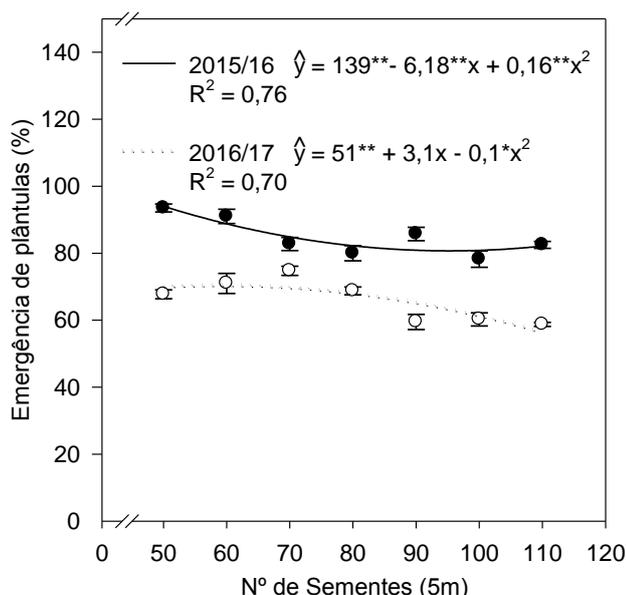
Fonte: Estação meteorológica do Departamento de Solos e Recursos Ambientais (FCA/UNESP) e Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI).

Para melhor entendimento dos resultados de emergência de plântulas (Experimento A) e do índice de velocidade de emergência (Experimento B), os dados climáticos do primeiro ano (2015/16) apresentaram temperatura média no período de avaliação da semeadura até a emergência total de plântulas de 21°C, precipitação acumulada de 85 mm, enquanto que no segundo ano (2016/2017) a temperatura média foi de 20°C e a precipitação acumulada de 54 mm.

4.2 Experimento A - Densidades de semeadura

A emergência de plântulas apresentou ajuste quadrático em ambos os anos de cultivo (Figura 13). Em 2015/16 a emergência iniciou 2 dias antes do que em 2016/17. Este atraso pode ter aumentado os efeitos negativos resultando em menor estande inicial de plantas (FLECK et al., 2004). Esse resultado pode ser relacionado tanto pelas condições meteorológicas (Tabela 1), como pelo fato de as sementes serem de lotes diferentes, podendo ter características diferentes em 2016/17. A precipitação de 85 mm e a temperatura de 21°C, durante o período de emergência proporcionaram condições mais adequadas de temperatura e umidade do solo em 2015/16 (GARCIA et al., 2007).

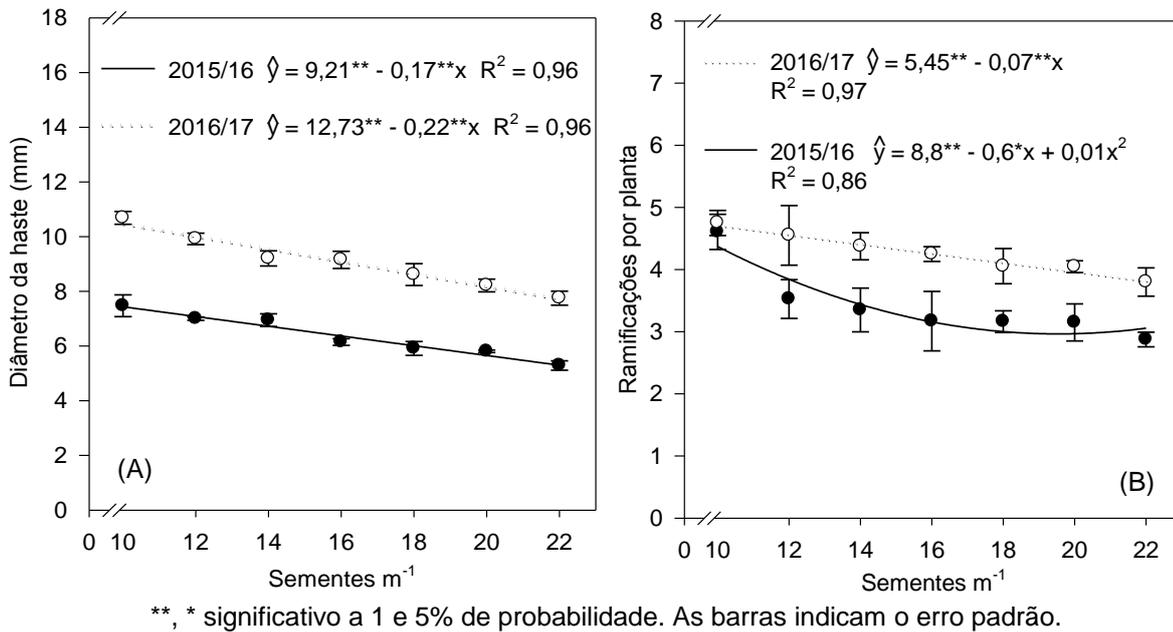
Figura 13 – Emergência de plântulas em 2015/16 (●) e 2016/17 (○) em relação às densidades de semeadura



**, * significativo a 1 e 5% de probabilidade. As barras indicam o erro padrão.

O diâmetro da haste e o número de ramificações (Figura 14) se comportam de forma inversamente proporcional ao aumento da densidade de semeadura, quanto mais reduzido o diâmetro das hastes, mais propensas às plantas ficam ao acamamento (TOURINO; REZENDE; SALVADOR, 2002) e menor o número de ramificações por planta (MARTINS et al., 1999).

Figura 14 – Diâmetro da haste (A) e número de ramificações (B) em 2015/16 (●) e 2016/17 (○) em relação às densidades de semeadura

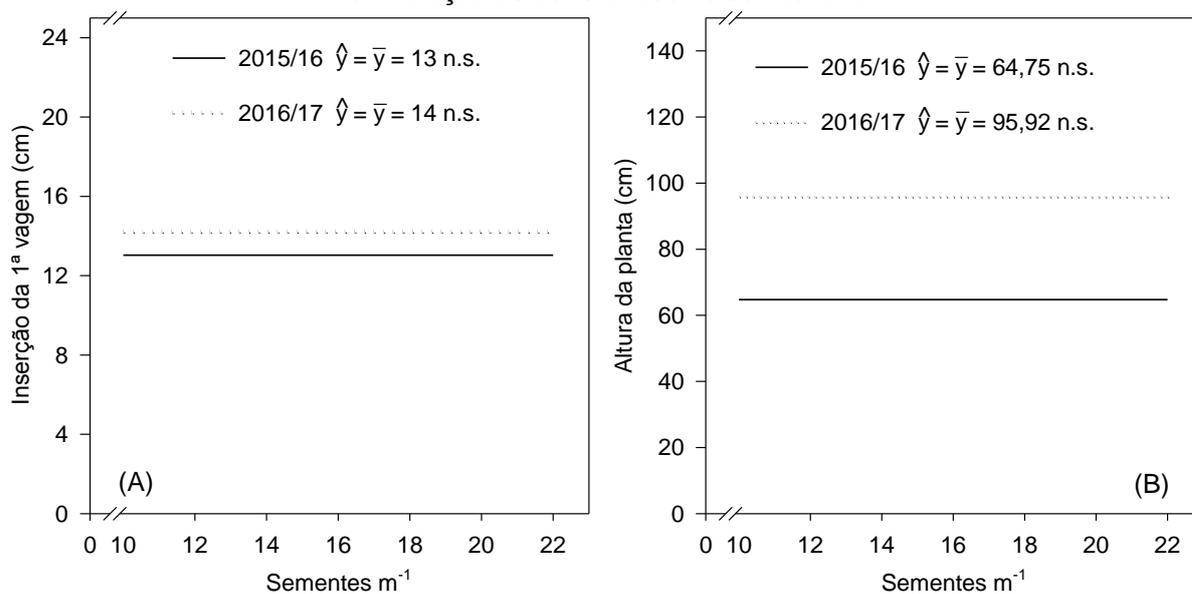


Componentes de sustentação e de produção da planta de soja, como o diâmetro da haste e as ramificações são maiores na densidade de 10 sementes m⁻¹ (222.222 sementes ha⁻¹) já que tem menos plantas por área e tem chances de se desenvolverem mais. Navarro Júnior e Costa (2002) e Rambo et al. (2003) descrevem resultados semelhantes, porém com ressalvas de que o número de ramificações elevado pode representar demanda adicional com desvio dos fotoassimilados que seriam aproveitados na produção da planta.

Na Figura 15 as alturas das plantas não têm diferenças estatísticas em ambos os anos, porém elas variaram de 60 a 100 cm, possivelmente causado pelo fotoperíodo, diferente em cada ano experimental e de maneira mais padronizada se apresenta a inserção da 1^a vagem de 12 a 16 cm.

Autores como Mundstock e Thomas (2005) e Thomas e Costa (2010) fazem um alerta para o aumento da densidade de plantas que normalmente diminui a emissão de ramos laterais, aumenta a estatura de planta, diminui o número de vagens por planta e pode favorecer o acamamento em muitas cultivares.

Figura 15 – Altura de inserção da 1ª vagem (A) e altura total da planta (B) em 2015/16 e 2016/17 em relação às densidades de semeadura



n.s. não significativo.

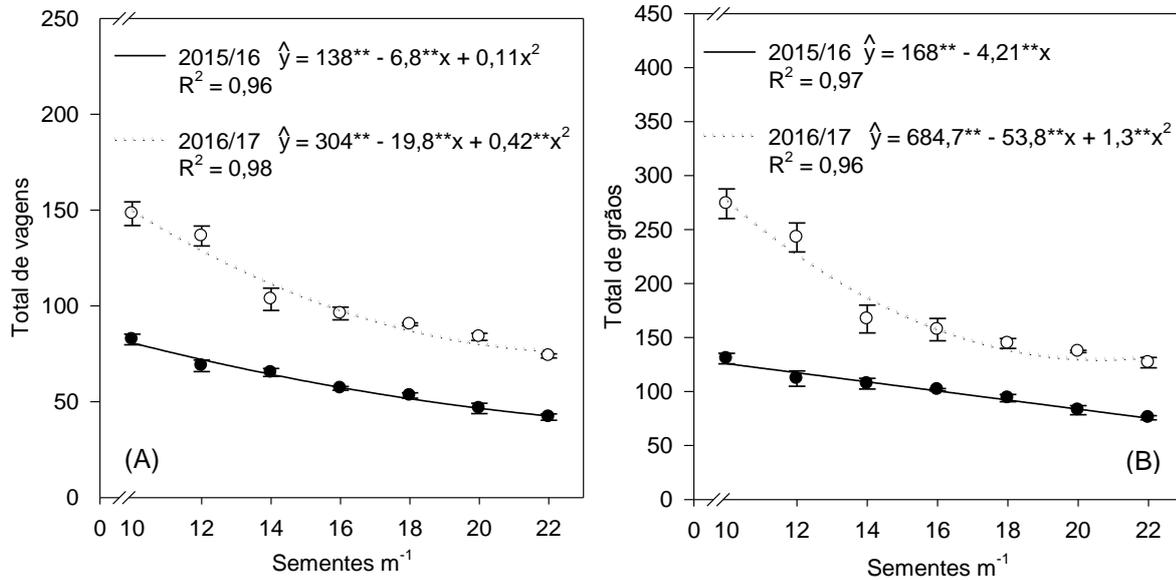
Para autores como Martins et al. (1999), Komori et al. (2004) e Souza et al. (2016) quanto maior a densidade de plantas maior a altura final de planta, confirmado por Cruz et al. (2016) que relataram aumento linear da altura da planta e de inserção da 1ª vagem em relação as densidades de 70 a 220 mil sementes por hectare.

Marchiori et al. (1999) e Balbinot Junior et al. (2016) descreveram que independente do hábito de crescimento e das densidades de semeadura, não encontraram diferença significativa das alturas de inserção da vagem e total da planta, como o apresentado na Figura 15, representando forte influência do genótipo nessas características com possíveis diferenças devido as condições ambientais.

Plantas como desta pesquisa demonstram aptidão para a colheita mecanizada, conforme descrito por Cruz et al. (2016) e Sediyaama, Teixeira e Reis (2005) a altura ideal para a inserção da primeira vagem é entre 10 e 12 cm para que não haja perda na colheita em solos planos, e no mínimo 15 cm para solos de topografia inclinada.

Componentes de produção como o número de vagens e grãos por planta foram suscetíveis às densidades de semeadura (Figura 16). Essas variáveis são os principais determinantes do rendimento em soja (KANTOLIC; PERALTA; SLAFER, 2013).

Figura 16 – Número total de vagens (A) e grãos por planta (B) em 2015/16 (●) e 2016/17 (○) em relação às densidades de semeadura

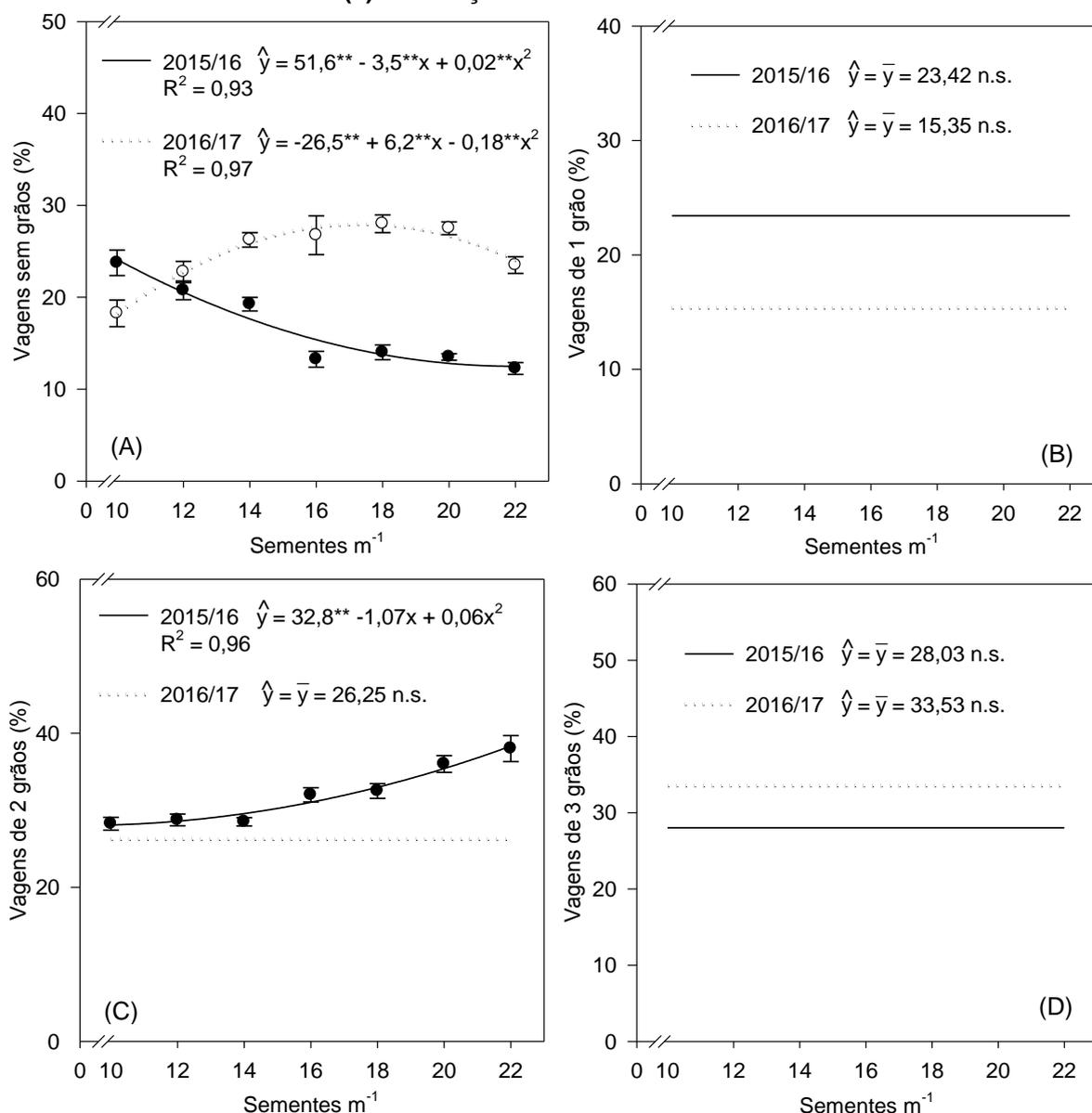


Na menor densidade de sementes por metro as vagens e grãos estão em maior número nas plantas, mais na safra de 2016/17 do que na de 2015/16, com a possibilidade dessa ocorrência ser pela época de semeadura, novembro em 2015/16 e outubro em 2016/17 e condições climáticas (Tabela 1). De acordo com Peixoto et al. (2000) o número de vagens por planta contribui para a maior tolerância à variação na população e varia inversamente ao aumento ou redução da população, podendo ser alterado pela época de semeadura, em função de cultivares e das condições ambientais (MARTINS et al., 1999).

Mauad et al. (2010), em pesquisa com densidade de plantas, descreveram que há redução do número de vagens por planta e grãos por vagens com o aumento das densidades, como os resultados desta pesquisa. O mesmo também foi descrito por Tourino, Rezende e Salvador (2002) e por Cruz et al. (2016), ligando estas variáveis diretamente ao potencial de compensação por espaço da planta de soja.

Os resultados de vagens sem grão, com 1, 2 e 3 grãos por planta (Figura 17) demonstram que as características da cultivar são determinantes nesse caso. Com exceção da porcentagem de sementes não fecundadas (sem grãos), que tem relação com a disponibilidade hídrica, já que apresentou ajuste estatístico maior na safra de 2015/16, do que em 2016/17 que choveu menos.

Figura 17 - Vagens sem grão (A), com 1 (B), 2 (C) e 3 (D) grãos por planta em 2015/16 (●) e 2016/17 (○) em relação às densidades de semeadura



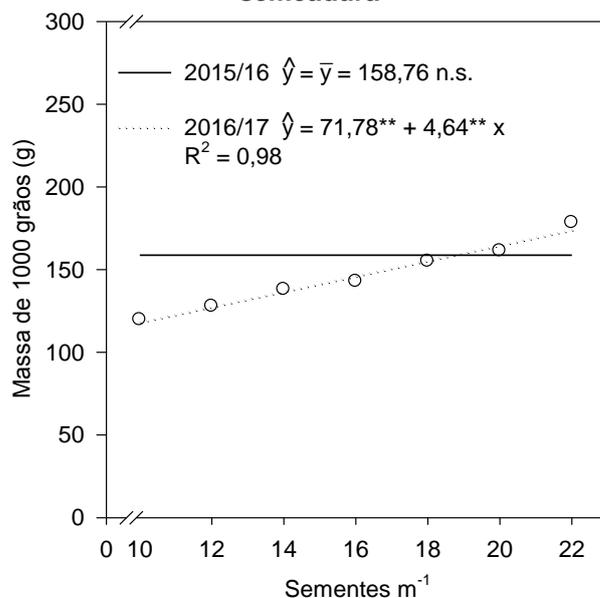
** significativo a 1% de probabilidade. n.s. não significativo. As barras indicam o erro padrão.

O desenvolvimento da planta de soja em relação ao número de ramificações, grãos por planta e vagens por planta são explicados pela compensação de desenvolvimento vegetativo na menor quantidade de indivíduos por área (ENDRES, 1996; MARTINS et al., 1999; GARCIA et al., 2007). Porém, a produção por planta não é obrigatoriamente maior com uma menor quantidade de indivíduos por área (BALBINOT JUNIOR et al., 2015a).

A massa de 1000 grãos (Figura 18) foi a única variável deste experimento que apresentou comportamento distinto nas duas safras de condução, com ajuste linear crescente apenas na safra 2016/17. Tourino, Rezende e Salvador (2002) e Cruz et

al. (2016) relataram que a massa de 1000 grãos aumenta em relação a densidade de semeadura porque o número de vagens por plantas diminui (Figura 18 A), havendo assim menor competição por fotoassimilados que são concentrados em um menor número de grãos.

Figura 18 – Massa de 1000 grãos (g) em 2015/16 e 2016/17 (o) em relação às densidades de semeadura



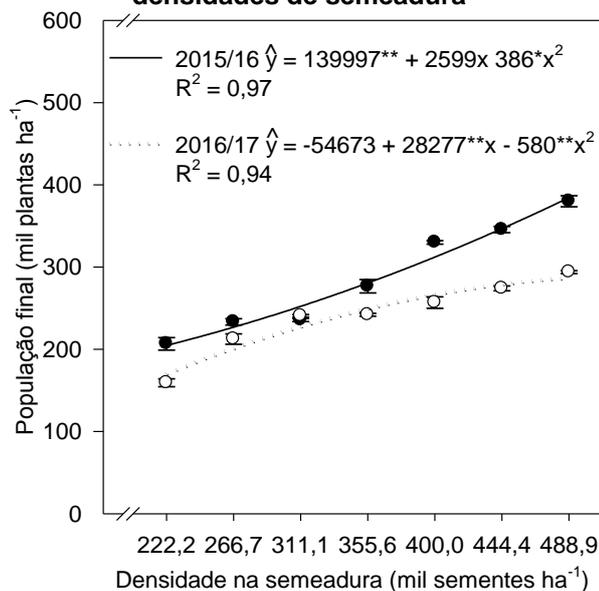
** significativo a 1% de probabilidade. n.s. não significativo. As barras indicam o erro padrão.

A ausência de resposta significativa da safra 2015/16 pode ter ocorrido devido a maior oferta de água nessa safra, mas até então quando houve um acúmulo de 1405 mm de precipitação as plantas de soja se desenvolveram menos do que com 988 mm de precipitação na safra de 2016/17.

Os valores das características da semente apresentaram maior influência nessa safra, já que a massa dos grãos é uma característica inerente a cultivar e tende a ser um caractere com alta estabilidade (PANDEY; TORRIE, 1973; DAWO; SANDERS; PILBEAM, 2007; COELHO et al., 2007; SOUZA et al., 2010).

A população final de plantas (Figura 19) demonstrou alta correlação com os tratamentos, como já era o previsto. Na safra 2015/16 a população final foi maior do que em 2016/17, indicando assim maior sobrevivência das plantas.

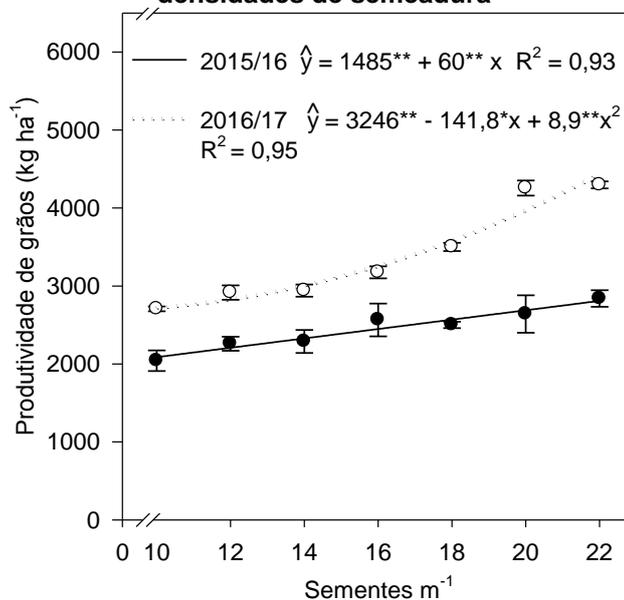
Figura 19 – População final (mil plantas ha⁻¹) em 2015/16 (●) e 2016/17 (○) em relação às densidades de semeadura



** significativo a 1% de probabilidade. As barras indicam o erro padrão.

A produtividade de grãos é, na maioria dos casos, o resultado de maior interesse de resposta e o aumento da população final foi correspondente ao acréscimo desta variável, como pode ser visto nas Figuras 19 e 20.

Figura 20 – Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) em 2015/16 (●) e 2016/17 (○) em relação às densidades de semeadura



** , * significativo a 1 e 5% de probabilidade. As barras indicam o erro padrão.

As condições de campo em que os experimentos foram instalados levaram aos resultados finais de população de plantas e produtividade de grãos que são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores médios dos resultados finais de população de plantas (ha^{-1}), sementes (m^{-1}) e produtividade de grãos (kg ha^{-1}) em relação as densidades de semeadura. Botucatu, safras de 2015/16 e 2016/17

Densidade de semeadura	2015/16			2016/17		
	População final	Sementes m^{-1}	Produtividade kg ha^{-1}	População final	Sementes m^{-1}	Produtividade kg ha^{-1}
10	206666,5	9	2041	159259,2	7	2706
12	233333,5	11	2260	212345,5	10	2915
14	235555,8	11	2288	240740,4	11	2940
16	276667,0	12	2565	241975,2	11	3175
18	329999,8	15	2501	256790,1	12	3500
20	345555,8	16	2640	274074,0	12	4256
22	379999,8	17	2839	293827,1	13	4296

A partir desses dados é possível concluir que a expressão do potencial da cultura foi mais bem representada na densidade de semeadura de 22 sementes m^{-1} , que ao fim do ciclo foram de 379.999 e 293.827 plantas por hectare, não obrigatoriamente sendo essas populações as melhores para todas as situações de cultivo, sendo que este fator depende da região, da época de semeadura e da cultivar (GAUDÊNCIO et al., 1990). De acordo com os resultados apresentados nesta pesquisa é possível afirmar que o aumento da densidade de semeadura resulte em ganhos na produtividade, se as condições climáticas forem favoráveis. Já, em condições climáticas desfavoráveis é essencial seguir as recomendações de densidade de semeadura da cultivar para evitar prejuízos.

Levando em consideração a época de semeadura de 2015/16 que foi em novembro, apesar das condições climáticas favoráveis, esta influenciou na queda de 35% da produção. Amorim et al. (2011) e Barbosa et al. (2013) também semearam soja nas épocas de outubro e novembro e a produtividade foi maior quando semeada em outubro, como os resultados desta pesquisa.

Independente da época de semeadura a redução na deposição de sementes de 16 para 14 sementes por metro, ou seja, 12,5% a menos do que o indicado para esta cultivar refletiu em 7 a 10% de diminuição da produtividade. Na semeadura de 12 sementes por metro, ou seja, 25% menos do que o indicado varia de 8 a 11% de perda em produtividade. Aumentando esse percentual de redução para 37,5% (10 sementes m^{-1}) a produtividade cai em 14 a 20%. Esses resultados não apresentam o potencial de compensação de produtividade de grãos quando se tem menos sementes por área, para este experimento.

De maneira linear a produtividade tem acréscimo quando a semeadura tem mais sementes por metro, como nos tratamentos de 18, 20 e 22 sementes m^{-1} , com variação de 10 a 35% para mais na produtividade. Por outro lado, a diminuição do número de sementes/plantas leva ao direcionamento dos recursos para os componentes vegetativos em detrimento da produção (NAVARRO JÚNIOR; COSTA, 2002).

Conjuntamente aos ganhos em rendimento, deve ser considerado o custo de produção, que aumentou nos últimos anos (THOMPSON et al., 2015). Em particular, as sementes tornaram-se mais caras após a introdução de cultivares geneticamente modificada, e as tentativas posteriores por empresas de sementes para proteger sua propriedade intelectual (EPLER; STAGGENBORG, 2008; RICH; RENNER, 2007; SHI; CHAVAS; STIEGERT, 2010).

No levantamento sistemático de produção agrícola o IBGE (2017) relatou que na safra 2015/16 a média nacional de produtividade da soja foi de 2894 $kg\ ha^{-1}$ (48 sacas ha^{-1}), semelhante ao encontrado neste trabalho com produtividade média em todos os tratamentos de 2500 $kg\ ha^{-1}$ (41 sacas ha^{-1}).

Já na safra 2016/17 a média foi de 3400 $kg\ ha^{-1}$ (56 sacas ha^{-1}) com aumento de 26% da safra anterior e concretizando as previsões realizadas pela Sociedade Nacional de Agricultura (2016) e Companhia Nacional de Abastecimento (2016) de recordes de produção de soja no Brasil para a safra 2016/17, caso não ocorressem problemas climáticos.

4.3 Experimento B - Profundidades de semeadura

O índice de velocidade de emergência (IVEm), diâmetro da haste, inserção da 1ª vagem, altura da planta, número de ramificações, nº total de grãos por planta, nº total de vagens por planta, % de vagens sem grãos, com 1, 2 e 3 grãos, massa de 1000 grãos, número de plantas e produtividade são apresentados a seguir nas Tabelas 3, 4 e 5.

O IVEm (Tabela 3) é contabilizado a partir da visualização das primeiras plântulas de soja que em 2015 iniciou-se aos 4 dias após a semeadura (DAS) e aos 8 DAS a emergência estava finalizada. Já em 2016 iniciou-se aos 6 DAS e a partir dos 12 DAS não houve mais emergências, tais fatos são visualizados no resultado do IVEm na Tabela 3 que apresentou maior índice no primeiro ano e menor em

2016. Costamilan e Carrão-Panizzi (2016) relatam que a emergência da soja pode ser menor quando semeada em outubro quando as temperaturas são mais baixas do que em novembro.

Tabela 3 – Valores médios do índice de velocidade de emergência, diâmetro da haste, inserção da 1ª vagem, altura da planta e número de ramificações em relação às profundidades de deposição das sementes. Botucatu, safras de 2015/16 e 2016/17

	Profundidade das sementes	IVEm	Diâmetro da haste	Inserção da 1ª vagem	Altura da planta	Ramificações
	cm	...	mm	-----cm-----		por planta
2015/16	2	49,1 ab	6,5	14,5 ab	63,7	4,2
	2 e 5	53,2 a	6,4	11,1 c	57,1	4,0
	2 e 8	44,2 ab	6,0	12,7 bc	54,4	3,6
	5	49,5 ab	6,2	10,8 c	54,8	3,5
	5 e 8	45,2 ab	6,3	13,9 ab	58,2	4,6
	8	42,1 b	6,3	15,5 a	57,7	4,5
ANOVA						
	Teste F	4,1*	0,3 n.s.	17,9**	1,4 n.s.	3,3 n.s.
	D.M.S.	9,1	1,2	2	12,8	1,1
	C.V.	8,4	8,7	6,8	9,7	11,7
	Profundidade das sementes	IVEm	Diâmetro da haste	Inserção da 1ª vagem	Altura da planta	Ramificações
	cm	...	mm	-----cm-----		por planta
2016/17	2	32 a	8,8 a	14,6 ab	102,3	4,7 a
	2 e 5	31,6 a	8,0 a	16,5 ab	104,8	3,3 b
	2 e 8	32,7 a	5,7 b	16,7 ab	104,2	3,3 b
	5	30,2 a	8,0 a	16,4 ab	108,2	4,3 a
	5 e 8	31,1 a	9,3 a	14,1 b	97,8	4,4 a
	8	25,8 b	9,5 a	17,1 a	105,9	3,9 ab
ANOVA						
	Teste F	8,8**	12,1**	4,2*	1,9 n.s.	8,8**
	D.M.S.	3,8	1,8	2,7	11,5	0,9
	C.V.	5,4	9,8	7,3	4,8	10,2

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < .01$). * significativo a 5% de probabilidade ($p < .05$). n.s. não significativo ($p \geq .05$). D.M.S. diferença mínima significativa. C.V. (%) coeficiente de variação em porcentagem.

Nas duas safras é na profundidade de 8 cm de deposição que se observa o menor IVEm que pode ser decorrente do aumento da barreira física imposta pela camada de solo diminuindo a expressão do vigor, já que é ele que determina o potencial para emergência rápida e uniforme em conjunto com as condições ambientais no campo e podem afetar, em maior ou menor escala, o estabelecimento

inicial da cultura (MCDONALD, 1980; SCHUAB et al., 2006; PESKE; VILLELA; MENEGHELLO, 2012).

Em contrapartida, a semeadura quando realizada mais próxima da superfície do solo, predispõem as sementes ao déficit hídrico ou térmico, estresses que podem refletir na formação de plântulas pequenas e frágeis, como na profundidade intercalada de 2 e 8 cm com diâmetro da haste de 5,7 mm em 2016/17 (ALVES et al., 2014; MARCOS FILHO, 2015). Zhang et al. (2013) em estudo das profundidades de 1 a 5 cm para semeadura de soja, descreveram que a emergência das plântulas é significativamente afetada com o aumento da profundidade de deposição, semelhante a esta pesquisa.

O diâmetro da haste da planta apresentou diferença significativa apenas na safra de 2016/17, com plantas mais suscetíveis à chuva e vento quando existe a diferença de 6 cm na profundidade entre uma semente e outra. Apesar de não apresentar diferença significativa na safra 2015/16 o diâmetro da haste, no geral, foi menor do que na safra de 2016/17.

As profundidades de semeadura interferiram significativamente na altura de inserção da 1ª vagem, de 10 a 15 cm em 2015/16 e de 14 a 17 em 2016/17, sendo essa uma das medidas para definir se a planta é apta para a colheita mecanizada. Conforme o descrito por Cruz et al. (2016) e Sedyama, Teixeira e Reis (2005) a altura ideal para a inserção da primeira vagem é entre 10 e 12 cm para que não haja perda na colheita em solos planos, e no mínimo 15 cm para solos de topografia inclinada. No presente estudo, todas as profundidades, mesmo intercaladas, apresentaram altura de plantas e de inserção da 1ª vagem satisfatórios à colheita mecanizada.

As variações nas profundidades de semeadura não afetaram a altura das plantas e também não foram observadas alturas inferiores a 50 cm, que possam resultar em perdas durante a colheita mecanizada (PELÚZIO et al., 2006). Porém é visível que as plantas com 54 a 63 cm foram mais baixas na safra 2015/16 quando as temperaturas foram mais elevadas (22°C em novembro e 23°C em dezembro) do que na safra 2016/17 com 97 a 108 cm (21°C para outubro e novembro), tal observação também foi constatada pela Embrapa (2010) que indicou que o crescimento deficiente das plantas está relacionado ao aumento das temperaturas na fase inicial da cultura.

Em relação ao número de ramificações das plantas apenas na safra 2016/17 houve diferença significativa, com menor resultado nas profundidades intercaladas de 2 e 5 e de 2 e 8 cm, ou seja, com 3 e 6 cm de diferença tem 3 ramificações, enquanto nas demais profundidades não apresentaram diferença entre si com 4 ramificações. A época de semeadura dos dois anos de cultivo pode ter influenciado o número de ramificações, como descrito por Setiyono et al. (2011) e Zanon et al. (2015) ao pesquisarem a contribuição das ramificações em cultivares modernas de soja.

Almeida, Peluzio e Afféri (2011) citam que usualmente buscam-se cultivares com menor altura de inserção de primeira vagem (até 10 cm) e maior altura de plantas, uma vez que existe uma tendência de plantas desse porte apresentarem um maior número de vagens, como pode ser visto nas Tabelas 3 e 4 na safra 2016/17.

Os maiores resultados de número de grãos, significativo na safra 2016/17 descritos na Tabela 4, são das plantas de 98 cm com 247 grãos e de 102 cm com 230 grãos das profundidades de deposição de 5 e 8 cm e de 2 cm, respectivamente. Autores como Almeida, Peluzio e Afféri (2010), Alcantara Neto et al. (2011) e Almeida Leite et al. (2015) indicaram em seus estudos que plantas mais altas exerceram maior influência sobre a produção final de grãos, explicando dessa forma a diferença estatística apresentada.

Na safra de 2015/16 não houve diferença significativa para as vagens e grãos, resultando em tolerância de todas as profundidades estudadas, diferente dos resultados da safra de 2016/17 que apresentaram diferença significativa. Observa-se na Tabela 4 que para o segundo ano experimental o número de vagens e grãos são maiores nas 3 profundidades em mesmo nível da semente no solo (2, 5 e 8 cm) e que apenas a profundidade intercala de 5 e 8 tem semelhança a esses resultados, demonstrando a tolerância de 3 cm para a deposição das sementes abaixo de 5 cm para essas variáveis.

O nivelamento da profundidade das sementes no solo é a situação ideal para o fornecimento de mesma quantidade de luz para plantas de soja possibilitando maior quantidade de vagens férteis (LIU et al., 2010), mas na safra 2016/17 tem-se uma exceção dessa regra no tratamento de 5 e 8 cm (intercalado).

Tabela 4 - Valores médios do número de grãos, número de vagens e vagens sem grãos, com 1, 2 e 3 grãos em relação às profundidades de deposição das sementes. Botucatu, safras de 2015/16 e 2016/17

	Profundidade das sementes	Nº de grãos	Nº de vagens	Vagem sem grãos	Vagens de 1 grão	Vagens de 2 grãos	Vagens de 3 grãos
	cm	-----por planta-----		-----% por planta-----			
2015/16	2	92,7	54,4	15,2	23,3	37,6	23,7 b
	2 e 5	102,6	57,6	14,8	21,2	35,4	28,4 a
	2 e 8	95	52,6	14	20,2	36,7	28,8 a
	5	98,2	55,9	14,8	22	35,6	27,3 ab
	5 e 8	91,5	53	16	22,7	33,6	27,5 ab
	8	102,9	59,6	14,9	21,5	35,2	25,4 ab
ANOVA							
	Teste F	1,5 n.s.	2,1 n.s.	0,5 n.s.	0,4 n.s.	1,3 n.s.	4,1*
	D.M.S.	17,8	8,6	3,9	7,3	5,4	4,4
	C.V.	7,9	6,7	11,4	14,5	6,6	7,1
2016/17	Profundidade das sementes	Nº de grãos	Nº de vagens	Vagem sem grãos	Vagens de 1 grão	Vagens de 2 grãos	Vagens de 3 grãos
	cm	-----por planta-----		-----% por planta-----			
	2	230,5 ab	111,2 ab	9,5 a	15,7 bc	32,4	42,2 ab
	2 e 5	155,9 c	76,7 e	9,1 ab	17,8 ab	33,5	39,3 b
	2 e 8	173,5 c	85,3 de	9,0 ab	18,7 a	32	40,1 b
	5	206,5 b	96,5 cd	5,7 c	16,8 abc	35,2	42,1 ab
5 e 8	247,3 a	115 a	7,4 bc	15 c	32,8	44,7 a	
8	214,2 b	100,4 bc	6,5 c	16,4 abc	32,3	42,7 ab	
ANOVA							
	Teste F	23,9**	26,2**	14,4**	4,9**	2,7 n.s.	5,2**
	D.M.S.	32,3	13,2	1,9	2,8	3,3	3,8
	C.V.	6,8	5,9	10,5	7,4	4,4	4

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < .01$). * significativo a 5% de probabilidade ($p < .05$). n.s. não significativo ($p \geq .05$). D.M.S. diferença mínima significativa. C.V. (%) coeficiente de variação em porcentagem.

De acordo com os resultados da Tabela 4 da safra 2016/17, são nas profundidades intercaladas de 2 e 5 cm e de 2 e 8 cm é que tem os menores resultados significativos de número total de vagens e de grãos deixando evidente que a intercalação de sementes de 3 e 6 cm entre elas é prejudicial a formação desses componentes de produção.

Na Tabela 5 são demonstrados os resultados de massa de 1000 grãos, que não diferiram estatisticamente na safra 2015/16, porém houve diferenças entre si na safra 2016/17 com menor massa aos 2 cm de profundidade e aos 2 e 8 cm, intercalados.

As variações na massa dos grãos podem ser influenciadas pelas condições de manejo da lavoura, neste caso o erro de deposição de 6 cm entre sementes e a deposição muito rasa das sementes no solo levaram a 121 g com 2 cm de profundidade e 142 g com 2 e 8 cm (intercalados), que são menores do que o encontrado por Silva (2015) entre 140 a 220g para e 153 g para Cruz et al. (2010).

Tabela 5 - Valores médios da massa de 1000 grãos, número de plantas e produtividade em relação às profundidades de deposição das sementes. Botucatu, safras de 2015/16 e 2016/17

	Profundidade das sementes	Massa de 1000 grãos	Nº de plantas	Produtividade kg
	cm	g	-----ha ⁻¹ -----	
2015/16	2	146	245.670	1.557 b
	2 e 5	162	282.407	1.971 ab
	2 e 8	160	249.074	1.600 b
	5	164	257.407	1.922 ab
	5 e 8	146	277.777	1.986 ab
	8	144	258.018	2.147 a
	ANOVA			
	Teste F	1,0 n.s.	0,8 n.s.	3,9*
	D.M.S.	40	73.639	541
	C.V.	11,4	12,2	12,6
2016/17	2	121 b	217.284 b	2.638 b
	2 e 5	168 a	237.037 ab	4.053 a
	2 e 8	142 ab	253.704 a	3.617 a
	5	168 a	240.740 ab	4.248 a
	5 e 8	167 a	261.111 a	4.129 a
	8	164 a	188.889 c	3.967 a
	ANOVA			
	Teste F	5,9**	21,3**	9,9**
	D.M.S.	37	26.234	868
	C.V.	10,3	4,9	10

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** significativo a 1% de probabilidade ($p < .01$). * significativo a 5% de probabilidade ($p < .05$). n.s. não significativo ($p \geq .05$). D.M.S. diferença mínima significativa. C.V. (%) coeficiente de variação em porcentagem.

O número de plantas diferiu estatisticamente apenas na safra 2016/17 com decréscimo de 12% em 2 cm e de 24% em 8 cm de profundidade das sementes. Krzyzanowski, França Neto e Costa (1991) descreveram que a semeadura é a etapa mais crítica no cultivo de soja. Garcia et al. (2007) indicaram a profundidade ideal

sendo de 3 a 5 cm, e com os resultados deste trabalho pode-se afirmar que é preferível depositar a semente mais profunda, que apesar de ter menor sobrevivência tem maior produtividade de grãos.

As produtividades nas duas safras de cultivo apresentaram diferença estatística, com menor potencial produtivo nos tratamentos de 2 cm e na safra 2015/16 também no tratamento de 2 e 8 cm (com diferença de 6 cm entre uma semente e outra). A diminuição da produtividade chegou a 22% na safra 2015/16 e a 34% em 2016/17 com a deposição das sementes mais rasas, este resultado reitera o descrito por Conte et al. (2009) que em condições adversas, como deficiência hídrica, a semente mais profunda é a mais recomendada.

Afirmações como as Glenn e Daynard (1974); Argenta, Silva e Sangoi (2001); Bergamaschi e Matzenauer (2014) de que para incrementar o potencial produtivo da lavoura é indispensável precisão na hora de colocar as sementes no solo em relação à profundidade continuam a ser a situação ideal de cultivo, porém os resultados apresentados na Tabela 5 apresentam uma margem aceitável de 3 cm acima e abaixo de erro quando a profundidade das sementes usual for de 5 cm.

5 CONCLUSÕES

Densidades de semeadura quando maiores do que a recomendada para a cultivar, neste caso de 16 sementes m^{-1} , apresentam ganhos de até 24%, enquanto que nas densidades menores existe a perda de até 17%, ou seja, falhas na semeadura são mais prejudiciais do que sementes a mais no solo.

Sementes depositadas na maior profundidade (8 cm) quando comparadas as de 5 cm da semente no solo, que são as mais produtivas, tem variação de apenas 2% a menos na produtividade, enquanto que as sementes depositadas a 2 cm do nível do solo tem decréscimo de até 12% na produtividade.

Podem ocorrer pequenas alterações na uniformidade das sementes na deposição em profundidade desde que se encontrem próximas, 2 cm acima ou 3 cm abaixo, dos 5 cm do nível do solo sem diminuição significativa na produtividade.

REFERÊNCIAS

ABIOVE - Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (São Paulo).

Brasil - Exportações do Complexo Soja. 2016. Disponível em:

<http://www.abiove.org.br/site/_FILES/Portugues/08082016-171320-exp_201607.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2016.

ALCANTARA NETO, Francisco de et al. Análise de trilha do rendimento de grãos de soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Comunicata Scientiae**, Teresina, v. 2, n. 2, p. 107-112, 2011.

ALLIPRANDINI, Luís Fernando et al. Understanding Soybean Maturity Groups in Brazil: Environment, Cultivar Classification, and Stability. **Crop Science**, v. 49, n. 3, p.801-808, 2009. Crop Science Society of America. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2008.07.0390>.

ALMEIDA, Leones Alves de et al. Melhoramento da soja para regiões de baixas latitudes. In: QUEIROZ, Manoel Abílio de; GOEDERT, Clara Oliveira; RAMOS, Rabelo R.. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido - Livros Científicos (ALICE), 1999. p. 129-143.

ALMEIDA, Ricardo Dias de; PELUZIO, Joênes Mucci; AFFÉRI, Flávio Sérgio. Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais em soja cultivada sob condições várzea irrigada, sul do Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 95-99, 2010.

ALMEIDA, Ricardo Dias de; PELUZIO, Joênes Mucci; AFFÉRI, Flávio Sérgio. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 108-115, 2011.

ALVES, Adriana Ursulino et al. Emergência de plântulas de fava em função de posições e profundidades de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 33-42, 2014.

AMADO, Marcelo; TOURN, Mario César; ROSATTO, Héctor Gustavo. Efecto de la velocidad de avance sobre la uniformidad de distribución y emergencia de maíz. In: BARBOSA, Osvaldo Andrés (Ed.). **Avances en ingeniería agrícola 2003-2005**. San Luis: Cadir, 2005. p. 77-81.

AMORIM, Flavia Aparecida et al. Época de semeadura no Potencial produtivo de Soja em Uberlândia-MG. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. p. 1793-1802, 2011. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32suplp1793>.

APROSOJA - Associação dos Produtores de Soja do Brasil (Brasília). **A História da Soja**. 2014. Disponível em: <<http://aprosojabrasil.com.br/2014/sobre-a-soja/a-historia-da-soja/>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

ARATANI, Ricardo G. et al. Desempenho de semeadoras-adubadoras de soja em Latossolo Vermelho muito argiloso com palha intacta de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 517-522, 2006.

ARGENTA, G; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas de milho: análise do estado da arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, jan. 2001. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/22384/000304769.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

BALBINOT JUNIOR, Alvadi Antonio et al. **Densidade de plantas na cultura da soja**. Londrina: Embrapa - CNPSo, 2015a. 38 p.

BALBINOT JUNIOR, Alvadi Antonio et al. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1215-1226, 2015. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n3p1215>.

BALBINOT JUNIOR, Alvadi Antonio et al. Semeadura cruzada, espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura influenciando o crescimento de duas cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 15, n. 2, p. 83-93, 2016. Universidade do Estado de Santa Catarina. <http://dx.doi.org/10.5965/223811711522016083>.

BARBOSA, Mauro Cezar et al. Desempenho agrônômico e componentes da produção de cultivares de soja em duas épocas de semeadura no arenito caiuí. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 945-960, 2013. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n3p945>.

BARNI, Nidio A.; GOMES, José E. S.; GONÇALVES, Joel C. Efeito da época de semeadura, espaçamento e população de plantas sobre o desempenho da soja [*Glycine max* (L.) Merrill], em solo hidromórfico. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 245-296, 1985.

BASOL, Terry; WRIGHT, David; LENSSEN, Andrew. **Understanding soybean plant population recommendations for Iowa**. Ames: Iowa State University Of Science And Technology, 2013. 3 p.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84 p.

BEWLEY, J. Derek; BLACK, Michael. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G.; SAXTON, A. M.. Narrow-row seed-yield enhancement in determinate soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 1, p. 64-68, 1990. American Society of Agronomy. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1990.00021962008200010014x>.

BOEREMA, Annelies et al. Soybean Trade: Balancing Environmental and Socio-Economic Impacts of an Intercontinental Market. **Plos One**, Iowa, v. 11, n. 5, p. 1-13, 2016. Public Library of Science (PLoS).
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0155222>.

BORÉM, Aluizio. **Melhoramento de plantas**. 20. ed. Viçosa: Editora UFV, 1997. 547 p.

BORÉM, Aluizio. Escape Gênico: Os riscos do escape gênico da soja no Brasil. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 10, n. 1, p. 101-107, 2000.

CELIK, A.; OZTURK, I.; WAY, T. R. **Effects of various planters on emergence and seed distribution uniformity of sunflower**. American Society of Agricultural and Biological Engineers. Maryland, Jan. 2007. p. 57-61. Disponível em:
<<http://handle.nal.usda.gov/10113/19264>>. Acesso em: 26 jan. 2015.

CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. **Clima dos Municípios Paulistas**. Disponível em:
<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_086.html>. Acesso em: 15 fev. 2017.

COELHO, Cileide Maria Medeiros et al. Diversidade genética em acessos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1241-1247, 2007.

COELHO, José Luiz Duarte. Ensaio & certificação das máquinas para a semeadura. In: MIALHE, Luiz Geraldo. **Máquinas agrícolas: ensaio & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. p. 551-569.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas de área plantada, produtividade e produção, relativas às safras 1976/77 a 2015/16**. 2016. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&ordem=produto&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 7 ago. 2016.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Com produção de grãos recorde, Brasil terá maior safra da história em 2017**. 2016. Disponível em:
<<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2016/11/com-producao-de-graos-recorde-Brasil-tera-maior-safra-da-historia-em-2017>>. Acesso em: 23 fev. 2017.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Pesquisa de safras e informações geográficas da agricultura brasileira**. 2017. Disponível em:
<<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1534&t=2>>. Acesso em: 29 mar. 2017.

CONTE, Osmar et al. Demanda de tração, mobilização de solo na linha de semeadura e rendimento da soja, em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p.1254-1261, out. 2009.

COPETTI, Eduardo. Plantadoras: Distribuição de sementes. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 18, p. 14-17, 2003.

COSTAMILAN, L. M.; CARRÃO-PANIZZI, M. C. (Ed.). **Soja: resultados de pesquisa 2015/2016**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2016. 55 p.

COSTA VAL, Warney Mauro et al. Efeito do espaçamento entre fileiras e da densidade na fileira sobre a produção de grãos e outras características agronômicas da soja. **Experimentae**, Viçosa, v. 12, n. 2, p. 431-475, 1971.

COX, William J.; CHERNEY, Jerome Henry. Inconsistent yield responses add complexity to identifying optimum soybean seeding depths. **Agronomy Journal**, Madison, v. 108, n. 4, p. 1479-1485, 2016. American Society of Agronomy. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2015.0404>.

CRUZ, Simério Carlos Silva et al. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016.

CRUZ, Thyane Viana da et al. Componentes de produção de soja em diferentes épocas de semeadura, no oeste da Bahia. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 709-716, 2010.

CUNHA, Antonio Ribeiro da; MARTINS, Dinival. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

DALL'AGNOL, Amélio. **A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições**. Brasília: Embrapa, 2016. 72 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142568/1/Livro-EmbrapaSoja-desenvolvimento-BR-OL.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2016.

DAWO, Mohamed I.; SANDERS, Francis E.; PILBEAM, David J.. Yield, yield components and plant architecture in the F3 generation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) derived from a cross between the determinate cultivar 'Prelude' and an indeterminate landrace. **Euphytica**, [s.l.], v. 156, n. 1-2, p. 77-87, 2007. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10681-007-9354-1>.

DECICINO, Thiago. **A importância do posicionamento de cultivares de soja para o sucesso da cultura**. São Paulo: Monsanto, 2016. 12 p.

DIAS, Vilnei de Oliveira et al. Distribuição de sementes de milho e soja em função da velocidade e densidade de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 1721-1728, 2009.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações técnicas da XI Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**. Londrina: Embrapa - CNPSo, 1988. 84 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A cultura da soja no Brasil**. Londrina: Embrapa - CNPSo, 2000. 179 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Melhoramento de plantas e a produção de alimentos**. Aracaju: Embrapa, 2003.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2003**. Londrina: Embrapa - CNPSo, 2003. 20 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Considerações sobre o florescimento precoce**. Londrina: Embrapa - CNPSo, 2010. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/alerta/ver_alerta.php?cod_pagina_sa=214&cultura=1>. Acesso em: 14 fev. 2017.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivares de Soja**: Regiões Norte e Nordeste do Brasil. Londrina: Embrapa - CNPSo, 2011. 50 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivares de Soja**: Macrorregiões 3, 4 e 5 Goiás e Região Central do Brasil. Londrina: Embrapa - CNPSo, 2012. 23 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Londrina). **Soja em números**. 2012. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/sojaemnumeros/home.html>>. Acesso em: 31 ago. 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A história da soja**. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/historia>>. Acesso em: 29 ago. 2016.

ENDRES, Valter Cauby. **Espaçamento, densidade e época de semeadura**. Dourados: Embrapa, 1996. 3 p.

EPLER, Michael; STAGGENBORG, Scott. Soybean yield and yield component response to plant density in narrow row systems. **Crop Manage**, Manhattan, v. 7, n. 1, p. 251-268, 2008. American Society of Agronomy. <http://dx.doi.org/10.1094/cm-2008-0925-01-rs>.

FARIAS, José Renato Bouças. Limitações climáticas à obtenção de rendimentos máximos de soja. In: Congresso de la Soja del Mercosur, 5., 2011, Rosario. **Workshops**. Rosario: Mercosoja, 2011. p. 1 - 4.

FLECK, Nilson Gilberto et al. Interferência de picão-preto e guaxuma com a soja: efeitos da densidade de plantas e época relativa de emergência. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 41-48, 2004.

FONSECA, Maria da Graça Derengowski. **Concorrência e progresso técnico na indústria de máquinas para a agricultura: um estudo sobre trajetórias tecnológicas**. 1990. 268 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

GARCIA, Antonio et al. **Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas**. Londrina: Embrapa, 2007. 12 p.

GARCIA, R. F. et al. Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão no Norte Fluminense. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 3, p.417-422, 22 jun. 2011. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v33i3.6085>.

GASPAR, Adam P.; CONLEY, Shawn P.. Responses of canopy reflectance, light interception, and soybean seed yield to replanting suboptimal stands. **Crop Science**, v. 55, n. 1, p. 377-385, 2015. Crop Science Society of America. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2014.03.0200>.

GAUDÊNCIO, Celso et al. **População de plantas de soja no sistema de semeadura direta para o Centro-Sul do Estado do Paraná**. Londrina: Embrapa, 1990. 4 p.

GLENN, F. B.; DAYNARD, T. B. Effects of genotype planting pattern, and planting density on plant-to-plant variability and grain yield of corn. **Canadian Journal Plant Science**, Quebec, v. 54, p. 323-330, 1974.

HARTMANN, Hudson T.; KESTER, Dale E.. **Plant propagation principles and practices**. Englewood Cliffs, New Jersey: Pearson, 1979. 925 p.

HARTWIG, Edgar E.; KIIHL, Romeu A. S.. Identification and utilization of a delayed flowering character in soybeans for short-day conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 2, p.145-151, 1979. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0378-4290\(79\)90017-0](http://dx.doi.org/10.1016/0378-4290(79)90017-0).

HEIFFIG, Lília Sichmann et al. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052006000200010>.

HINSON, Kuell. Use of a long juvenile trait in cultivar development. In: Conferencia Mundial de Investigacion en Soja, 4., 1989, Buenos Aires. **Actas**. Buenos Aires: AASOJA, 1989. p. 983 - 987.

HOPPER, N. W.; OVERHOLT, J. R. Annual meeting Am. Soc. of Agron., 67., 1975, Knoxville. **Effect of size and temperature on the germination and emergence of soybeans**. Knoxville: American Society of Agronomy, 1975. 93 p.

HUMMEL, J. W.; GRAY, L. E.; NAVE, W. R. Soybean Emergence from Field Seedbed Environments. **Transactions of the Asae**, Saint Joseph, v. 24, n. 4, p. 872-878, 1981. American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE). <http://dx.doi.org/10.13031/2013.34355>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/188>>. Acesso em: 23 fev. 2017.

JASPER, Roberto et al. Velocidade de semeadura da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, p. 102-110, 2011.

KANTOLIC, Adriana G.; PERALTA, Guillermo E.; SLAFER, Gustavo A.. Seed number responses to extended photoperiod and shading during reproductive stages in indeterminate soybean. **European Journal of Agronomy**, [s.l.], v. 51, n. 1, p. 91-100, 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2013.07.006>.

KIIHL, Romeu Afonso de Souza; ALMEIDA, Leones Alves de; DALL'AGNOL, Amélio. Strategies for cultivar development in the tropics. In: World Soybean Research Conference, 3., 1984, Ames. **Proceedings...** . Ames, IL, USA: Westview, 1985. p. 301 - 304.

KIIHL, Romeu Afonso de Souza; GARCIA, Antônio. The use of the long-juvenile trait in breeding soybean cultivars. In: Conferencia Mundial de Investigacion en Soja, 4., 1989, Buenos Aires. **Actas**. Buenos Aires: AASOJA, 1989. p. 994 - 1000.

KOHLHEPP, Gerd. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 223-253, 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142010000100017>.

KOLLING, Daniel Fernando. **Estratégias de manejo para mitigar os prejuízos ocasionados ao milho pela variação espacial e temporal na distribuição das plantas na linha de semeadura**. 2015. 142 f. Tese (Doutorado) - Curso de Produção Vegetal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015.

KOMORI, Edson et al. Influência da época de semeadura e população de plantas sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 3, p.13-19, 2004.

KRZYZANOWSKI, Francisco C.; FRANÇA NETO, José de B.; COSTA, Nilton P.. Efeito da classificação de sementes de soja por tamanho sobre sua qualidade e a precisão de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 13, n. 1, p. 59-68, 1991.

KRZYZANOWSKI, Francisco; FRANÇA NETO, José de Barros; RUFINO, Ronaldo Ronan. **Soja - A produção de sementes no Brasil**. Londrina: Studio 407, 2012. 172 p.

LEE, T. S. et al. **Major factors affecting global soybean and products trade projections**. Washington: USDA, 2016. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/amber-waves/2016-may/major-factors-affecting-global-soybean-and-products-trade-projections.aspx#.V6eZU9IrLDc>>. Acesso em: 7 ago. 2016.

LEITE, Wallace de Sousa et al. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres agronômicos em genótipos de soja. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 4, p. 241-245, 2015. Revista Nativa. <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v03n04a03>.

LIU, Bing et al. Responses of soybean yield and yield components to light enrichment and planting density. **International Journal of Plant Production**, Gorgan, v. 4, n. 1, p.1-9, 2010.

LIU, Weidong et al. Impact of planter type, planting speed, and tillage on stand uniformity and yield of corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, n. 6, p. 1668-1672, 2004.

LUDWIG, Marcos Paulo et al. Populações de plantas na cultura da soja em cultivares convencionais e Roundup Ready™. **Revista Ceres (impresso)**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 305-313, 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-737x2011000300010>.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **RAS: Regras para análise de sementes**. Brasília: Biblioteca Nacional de Agricultura, 2009. 399 p.

MARCHIORI, Luis Fernando Sanglade et al. Desempenho vegetativo de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] em épocas normal e safrinha. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 2, p. 383-390, 1999. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-90161999000200018>.

MARTINS, Mônica Cagnin et al. Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p.851-858, 1999. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-90161999000400012>.

MAUAD, Munir et al. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 9, n. 3, p. 175-181, 2010.

MCDONALD, Miller B.. Vigor test subcommittee report. **Association of Official Seed Analysts Newsletter**, Washington, v. 54, n. 1, p.37-40, 1980.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in relation evaluation for seedling emergence vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estatística e dados básicos de economia agrícola**. 2016. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/Pasta%20de%20Junho%20-%202016\(1\).pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/Pasta%20de%20Junho%20-%202016(1).pdf)>. Acesso em: 7 ago. 2016.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares**. 2016. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/registro/registro-nacional-cultivares>>. Acesso em: 19 dez. 2016.

MARCOS FILHO, Júlio. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015. 659 p.

MARONI, Jorge Raúl et al. Velocidad de emergencia del maíz: prestaciones de diferentes órganos para el contactado semilla-suelo durante la siembra. In: BARBOSA, Osvaldo Andrés (Ed.). **Avances en ingeniería agrícola 2003-2005**. San Luis: Cadir, 2005. p. 9-1.

MILAN, Marcos; ROSA, João Henrique Mantellatto. **Planejamento e dimensionamento de sistemas mecanizados**. 2014. Disponível em: <[https://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/1576442/mod_resource/content/1/PLANEJAMENTO E DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS MECANIZADOS.pdf](https://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/1576442/mod_resource/content/1/PLANEJAMENTO_E_DIMENSIONAMENTO_DE_SISTEMAS_MECANIZADOS.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2016.

MIRANDA FILHO, Jose Branco de. **Melhoramento genético vegetal: princípios e métodos; melhoramento genético e melhoramento ambiental**. Piracicaba: ESALQ/Departamento de Genética, 1994. 6 p.

MUNDSTOCK, Claudio Mário; THOMAS, André Luís. **Soja: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2005. 31 p.

NAKAGAWA, João. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, Roberval Daiton; CARVALHO, Nelson Moreira. (Ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994, P. 48-85.

NAVARRO JÚNIOR, Hugo Motta; COSTA, José Antonio. Contribuição relativa dos componentes de rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 269-274, 2002.

NEPOMUCENO, Alexandre Lima; FARIAS, José Renato Bouças; NEUMAIER, Norman. **Características da soja**. 2008. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_24_271020069131.html>. Acesso em: 29 ago. 2016.

PANDEY, J. P.; TORRIE, J. H.. Path coefficient analysis of seed yield components in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). **Crop Science**, Madison, v. 13, n. 5, p. 505-507, 1973. Crop Science Society of America. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183x001300050004x>.

PEIXOTO, Clovis Pereira et al. 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. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-90162000000100015>.

PELÚZIO, Joenes Mucci et al. Desempenho de cultivares de soja, em duas épocas de semeadura, no sul do estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 22, n. 2, p. 69-74, 2006.

- PERKINS, Edward G. Composition of soybeans and soybeans products. In: ERICKSON, David R. (Ed.). **Practical handbook of soybean processing and utilization**. Champaign: AOCS Press, 1995. p. 9-28.
- PESKE, Silmar Teichert. Comprando além da semente. **Seednews**, Pelotas, v. 13, n. 2, p.22-27, 2009.
- PESKE, Silmar Teichert; VILLELA, Francisco Amaral; MENEGHELLO, Geri Eduardo. **Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos**. 3. ed. Pelotas: Editora Universitária/UFPEL, 2012. 573 p.
- PETTER, Fabiano André et al. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 2, p. 173-183, 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.447>.
- PORTELLA, J. A. **Plantio de precisão: o desafio para o século XXI**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 5 p.
- PROCÓPIO, Sergio de Oliveira et al. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal Of Agricultural And Environmental Sciences**, Belém, v. 56, n. 4, p. 319-325, 2013. Editora Cubo Multimedia. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.048>
- QUEIROZ, Emilson França de. **Efeito de épocas de plantio e de população de sobre o rendimento e outras características agrônômicas de quatro cultivares de soja**. 1975. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1975.
- RAMBO, Lisandro et al. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 405-411, 2003.
- REIS, A. V.; FORCELLINI, F. A. **Análise da precisão funcional da semeadora**. 2002. Disponível em: <<http://wp.ufpel.edu.br/nimeq/files/2011/04/Tecno-Lógica-v-6-n2-p-91-104.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2015.
- RICH, Adrienne M.; RENNER, Karen A.. Row spacing and seeding rate effects on eastern black nightshade (*Solanum Ptycanthum*) and Soybean. **Weed Technology**, Fayetteville, v. 21, n. 1, p. 124-130, jan. 2007. Weed Science Society. <http://dx.doi.org/10.1614/wt-04-220.1>.
- ROBINSON, Andrew P.; CONLEY, Shawn P.. **Plant populations and seeding rates for soybeans**. West Lafayette: Purdue University, 2007. 3 p.
- ROCHA, Renato Santos et al. Desempenho agrônômico de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 154-162, 2012.

SCHUAB, Sandra Regina Pelegrinello et al. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 553-561, 2006.

SCHUCH, Luis Osmar Braga; PESKE, Silmar Teichert. Falhas e duplos na produtividade. **Seed News**, Pelotas, v. 8, n. 6, p.1-4, 2012.

SEDIYAMA, Tuneo; TEIXEIRA, Rita de Cássia; REIS, Múcio Silva. Melhoramento de espécies cultivadas. In: BORÉM, Aluizio. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 2005. p. 533-603.

SETIYONO, T. D. et al. Nodal leaf area distribution in soybean plants grown in high yield environments. **Agronomy Journal**, Madison, v. 103, n. 4, p. 1198-1205, 2011. American Society of Agronomy. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2011.0051>.

SHI, Guanming; CHAVAS, Jean-paul; STIEGERT, Kyle W.. Pricing of herbicide-tolerant soybean seeds: A market-structure approach. **Agbioforum**, Columbia, v. 3, n. 12, p. 326-333, 2010.

SILVA, Éder David Borges da. **Estimando a produtividade na cultura da soja**. Guarapuava: Dupont Pioneer, 2015.

SIQUEIRA, Rubens; CASÃO JUNIOR, Ruy. **Trabalhador no cultivo de grãos e oleaginosas: Máquinas para manejo de coberturas e semeadura no sistema de plantio direto**. Curitiba: SENAR-PR, 2004. 88 p.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. **Safra Brasil 2016/17: soja deve registrar recorde**. 2016. Disponível em: <<http://sna.agr.br/safra-brasil-201617-soja-deve-registrar-recorde-area-de-milho-tera-crescimento-maior/>>. Acesso em: 23 fev. 2017.

SOUZA, Clóvis A. et al. Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja roundup readyTM. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 887-896, 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582010000400022>.

SOUZA, Raniele et al. Soybean morphophysiology and yield response to seeding systems and plant populations. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán, v. 76, n. 1, p. 3-8. 2016. SciELO Comisión Nacional de Investigación Científica Y Tecnológica (CONICYT). <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-58392016000100001>.

STATON, Mike. **Soybean planting depth matters**. 2016. Disponível em: <http://msue.anr.msu.edu/news/soybean_planting_depth_matters>. Acesso em: 27 abr. 2016.

STIVERS, R. K.; SWEARINGIN, M. L.. Soybean yield compensation with different populations and missing plant patterns. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 1, p. 98-102, 1980. American Society of Agronomy. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1980.00021962007200010019x>.

SUZUKI, Sérgio; YUYAMA, Márcia; CAMACHO, Silvia Aguiar. **Boletim de Pesquisa de Soja**. Rondonópolis: Fundação MT, 2005. 230 p.

THOMAS, André Luís; COSTA, José Antonio. **Soja: manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2010. 248 p.

THOMPSON, Nathanael M. et al. Mid-South soybean yield and net return as affected by plant population and row spacing. **Agronomy Journal**, Madison, v. 107, n. 3, p. 979-989, 2015. American Society of Agronomy. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj14.0453>.

TOURINO, Maria Cristina Cavalheiro; REZENDE, Pedro Milanez de; SALVADOR, Nilson. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.

VAZ BISNETA, Mariana. **Influência do tipo de crescimento, época e densidade de semeadura em caracteres morfoagronômicos de cultivares de soja**. 2015. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

VIEIRA, Elisa Serra Negra et al. Variabilidade genética em cultivares de soja determinada com marcadores microssatélites em gel de agarose. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 44, n. 11, p.1460-1466, nov. 2009.

WEBER, C. R.; SHIBLES, R. M.; BYTH, D. E.. Effect of plant population and row spacing on soybean development and production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 58, n. 1, p. 99-102, 1966. American Society of Agronomy. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1966.00021962005800010034x>.

WEIRICH NETO, Pedro H. et al. Qualidade na semeadura do milho. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 171-179, 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v35n1p171-179/2015>.

ZANON, Alencar Junior et al. Contribuição das ramificações e a evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 3, p. 279-290, 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0463>.

ZHANG, Yaping Q. et al. Different responses of preemergence and early seedling growth to planting depth between vegetable soybean and grain soybeans. **Legume Research**, Indian, v. 36, n. 6, p. 515-521, 2013.