

**MARIANA VAZ BISNETA**

**INFLUÊNCIA DO TIPO DE CRESCIMENTO, ÉPOCA E DENSIDADE DE  
SEMEADURA EM CARACTERES MORFOAGRONÔMICOS DE  
CULTIVARES DE SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.

Orientador:  
**Prof. Dr. João Batista Duarte**

Co-orientadores:  
**Dr. Odilon Lemos de Mello Filho**

Goiânia, GO – Brasil

2015

**À Minha mãe e minha avó Ana, grandes exemplos.**

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida, pela força, proteção e bênçãos alcançadas.

À minha família: mãe, pai, avó, tite, tia(o)s e prima(o)s, que apoiaram, incentivaram o meu desenvolvimento e a busca por minhas conquistas.

Ao meu noivo Wellington, que compreendeu, colaborou e me deu forças.

Ao professor orientador Dr. João Batista, pelos grandes ensinamentos, correções, reuniões de aprendizado, não somente didáticos, mas para a vida.

À Universidade Federal de Goiás, a todos professores, grandes mestres que foram fundamentais na minha formação; aos funcionários, especialmente a Jéssica, que sempre esteve pronta a ajudar.

Aos colegas de mestrado e doutorado, pelos dias e experiências compartilhadas: Gabriella, Saulo, Miriam, Andréia, Polianas, Ivone, Lênio, Odilon, Jordene, Paulo, Rodrigo, Stelas, Rhewter e outros. Aos estudantes José e Elias, que se dedicaram na condução dos experimentos.

Ao co-orientador Odilon Lemos de Mello Filho, pela atenção, confiança, dedicação, ensinamentos e amizade, não somente no mestrado, mas também em todos os anos de estágio na graduação.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. À unidade Embrapa Arroz e Feijão, pela estrutura disponibilizada para a realização deste trabalho. À Embrapa Soja, especialmente aos pesquisadores Roberto Zito, Maurício, Edson, Mônica, pelos dias de aprendizado e pela amizade. A toda equipe do Convênio de Melhoramento de Soja / Embrapa – CTPA (Centro Tecnológico para Pesquisas Agropecuárias), Carlos, Hudson, Leonardo, Orion, Fábio, Márcio e aos estagiários da Embrapa Soja, obrigado pela contribuição nos trabalhos e pela convivência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que contribuíram para a concretização deste trabalho, meu reconhecimento e gratidão.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>7</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>11</b>
2.1 IMPORTÂNCIA DA SOJA NO BRASIL.....	11
2.2 FOTOPERÍODO E ÉPOCA DE SEMEADURA EM SOJA.....	12
2.3 IMPORTÂNCIA DA DENSIDADE DE SEMEADURA EM SOJA.....	14
2.4 HÁBITO E TIPO DE CRESCIMENTO EM SOJA.....	15
2.4.1 Crescimento determinado.....	16
2.4.2 Crescimento semideterminado.....	18
2.4.3 Crescimento indeterminado.....	18
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
3.1 CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS.....	20
3.2 COLETA DE DADOS.....	22
3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	23
3.3.1 Abordagem univariada.....	23
3.3.2 Abordagem multivariada.....	25
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>27</b>
VARIAÇÃO EM CARACTERES MORFOAGRONÔMICOS DE SOJA	
4.1 EM FUNÇÃO DO TIPO DE CRESCIMENTO, ÉPOCA E DENSIDADE DE SEMEADURA .....	27
4.1.1 Interação “tipo de crescimento x época de semeadura”.....	27
4.1.2 Interação “tipo de crescimento x densidade de semeadura” .....	45
4.2 CORRELAÇÃO ENTRE CARACTERES PARA DIFERENTES TIPOS DE CRESCIMENTO EM SOJA.....	54
4.2.1 Associação entre produtividade e caracteres morfoagronômicos em função de tipo de crescimento e época de semeadura .....	54
4.2.2 Associação entre componentes de produção em função de tipo de crescimento e densidade de plantas.....	58
4.3 DIVERGÊNCIA ENTRE TIPOS DE CRESCIMENTO EM SOJA.....	62
4.3.1 Discriminação multivariada de tipos de crescimento.....	62
4.3.1 Validação da classificação dos tipos de crescimento.....	64
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>70</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>71</b>

## RESUMO

VAZ BISNETA, M. **Influência do tipo de crescimento em caracteres morfoagronômicos de cultivares de soja.** 2015. 76 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)–Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015<sup>1</sup>.

No Brasil tradicionalmente são 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 (safrinha). Quando cultivada em diferentes densidades populacionais, as plantas de soja apresentam mecanismos de compensação, por exemplo, na altura, no número de ramificações e de vagens por planta. Assim, os objetivos deste trabalho foram: *i*) avaliar o efeito da época e densidade de semeadura em caracteres morfoagronômicos de plantas de soja com diferentes tipos de crescimento; *ii*) correlacionar a produtividade de grãos com caracteres morfoagronômicos, em cada tipo de crescimento e época de semeadura, assim como os componentes de produção entre si, em cada tipo de crescimento e densidade de plantas, buscando-se identificar mudanças nas associações, decorrentes do efeito da densidade de plantas; *iii*) discriminar os tipos de crescimento em cultivares de soja, identificando condições de semeadura que provoquem mudanças na resposta de caracteres morfoagronômicos, implicando em ambiguidade na expressão fenotípica dos tipos de crescimento. Foram instalados três experimentos em diferentes épocas de semeadura: início de outubro (02/10/13), meados de novembro (18/11/13) e início de janeiro (08/01/14), em área experimental da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás ( $16^{\circ}29'S$ ,  $49^{\circ}17'W$ ), na safra 2013/2014. Os ensaios foram realizados em delineamento de blocos completos casualizados, com três repetições. Os tratamentos incluíram dois fatores, tipos de crescimento e densidades de semeadura. Foram utilizadas quatro cultivares para cada tipo de crescimento; determinado, semideterminado e indeterminado. As densidades de plantas corresponderam a 50%, 100% e 150% da população recomendada comercialmente para cada cultivar. Foram avaliados o número de dias para florescimento, número de dias para maturação, altura da planta na floração, altura de inserção da primeira vagem, altura de planta na maturação, porcentagem de crescimento após a floração, número de nós na haste principal, número de ramificações na haste principal, número de vagens por nó, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por planta, peso de cem grãos e produtividade. Para a maioria dos caracteres estudados, as plantas de cada tipo de crescimento responderam diferentemente às variações de época e densidade de semeadura. Apenas na semeadura de novembro o tipo de crescimento determinado resultou em menor produtividade que os outros tipos. O aumento da densidade de plantas provocou maior altura de plantas, tanto na floração como na maturação; assim como menor número de nós e de ramificações na haste principal e menor média dos componentes de produção. A menor densidade de plantas resultou em menor produtividade de grãos. Independentemente do tipo de crescimento, na primeira época de semeadura a produtividade mostrou-se correlacionada positivamente e em maior intensidade com o número de grãos por vagem; já nas outras épocas, a correlação foi maior com peso de cem grãos. A densidade influencia mais a associação entre os componentes de produção no tipo de crescimento determinado, no tipo indeterminado também ocorrem

<sup>1</sup>Orientador: Prof. Dr. João Batista Duarte. EA-UFG.

Co-orientador: Dr. Odilon Lemos de Mello Filho. Embrapa Soja.

algumas alterações em função da densidade, entretanto no tipo semideterminado a densidade não influencia a associação entre os componentes de produção. A maior variação nos caracteres morfoagrônicos, entre os tipos de crescimento, ocorreu entre o tipo determinado e os outros tipos. A plasticidade de tipos de crescimento (ambiguidade) ocorre, principalmente, na semeadura tardia e sob alta densidade de plantas. A porcentagem de crescimento após a floração, número de ramificações e de nós na haste principal são as variáveis mais importantes na discriminação dos tipos de crescimento.

*Palavras-chave:* tipo de crescimento em soja, época de semeadura, densidade de plantas, correlação entre caracteres, análise discriminante.

## ABSTRACT

VAZ BISNETA, M. **Influence of stem termination on soybeans morphological characteristics.** 2015. 76 f. Dissertation (Master in Genetics and Plant Breeding)–Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015<sup>1</sup>.

In Brazil determinate stem termination soybean plants with long juvenile period are traditionally grown. In the last five years, indeterminate and semideterminate soybean plants, especially early maturity varieties in early sowing dates, were adopted in different latitudes, aiming to cultivate a second crop. When grown on different densities, soybean plants have compensation mechanisms on stem height, number of branches and pods per plant. The objectives of this study were: *i*) evaluate the effect of sowing date and plant density on soybean morphoagronomic traits of soybean cultivars with different stem termination; *ii*) correlate grain yield with morphoagronomic traits in each type of growth and sowing date, and yield components with each other in each type of growth and density; *iii*) perform discrimination among types of growth in soybean cultivars, identifying sowing conditions that cause changes in the response of morphological traits with ambiguity in the phenotypic expression of growth types. Three experiments were: early October (10.02.13), mid November (11.18.13) and early January (08.01.14) in the experimental area of Embrapa Arroz e Feijão in Santo Antonio de Goiás, Brazil (16°29'S, 49°17'W), at 2013/2014 season. Trials were performed in a randomized complete block design with three replications. Treatments included two factors, stem termination and plant population density. Four cultivars were used for each stem termination; determined, semideterminate and indeterminate. The plant densities corresponded to 50%, 100% and 150% of commercial recommendation to each variety. The traits assessed were number of days to flowering, number of days to maturity, plant height at flowering, height of first pod, plant height at maturity, growth percentage after flowering, number of nodes on main stem, number of branches on main stem, number of pods per node, number of pods per plant, number of grains per pod, number of grains per plant, one hundred grain weight and yield. For most assessed traits, soybean plants of each type of growth respond differently to changes on sowing date and plant density. Only in November sowing, the determinate type of growth showed lower yield comparing to the others types. The increase in plant density causes higher plants on flowering and maturity, less number of nodes and branches in the main stem, and lower average on yield components. The lower plant density resulted in lower grain yield. Regardless of the type of growth, in the first sowing date yield showed greater correlation, positive, with number of seeds per pod; however, in other sowing dates this correlation occurred with one hundred grain weight. Plant density influence the associations between yield components more in the determinate type of growth. Indeterminate type also had some changes on the associations depending on the density, however in the semideterminate type, the plant density didn't change the associations between yield components. The greatest variation in morphoagronomic traits, among the types of growth, occurs between determinate stem termination and the other types of growth. Most change on classification of type of growth (ambiguity) occurs in late sowing and high plant density. The percentages of growth after flowering and main stem node and branches numbers are the most important traits on type of growth discrimination.

**Keywords:** Soybeans stem termination, sowing date, plant density, correlation among traits, discriminant analysis.

<sup>1</sup> Adviser: Prof. Dr. João Batista Duarte. EA-UFG.

Co-adviser: Dr. Odilon Lemos de Mello Filho. Embrapa Soja

## **1 INTRODUÇÃO**

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill, é uma espécie exótica. Tem como centro de origem a região leste da China, país de clima temperado, onde sofreu domesticação por volta do século XI a.C. A partir daí, foi introduzida em outras regiões e países do oriente como Manchuria, Coréia, Japão, União Soviética e sudeste da Ásia (Embrapa, 2013).

No Brasil a área plantada com soja safra 2013/14 correspondeu a 70% da área cultivada com grãos na safra de verão. A cultura apresentou produtividade média de 2.865 kg ha<sup>-1</sup>(Conab, 2014a). A produção brasileira totalizou nessa safra 86 milhões de toneladas de grãos de soja, valor que garante o Brasil na segunda posição na produção mundial de soja, sendo precedido pelos Estados Unidos, que produziu 91 milhões de toneladas (USDA, 2014).

O trabalho de melhoramento da soja iniciou-se buscando selecionar ou desenvolver cultivares com elevada produtividade e com altura de planta e altura de inserção das primeiras vagens adequadas à mecanização da lavoura. A isto acrescentam-se a resistência ao acamamento e a deiscênci a natural das vagens, além de resistência a doenças, boa qualidade de semente e alto rendimento em óleo e proteína (Sediyama et al., 1999). Uma cultivar ideal contempla tais características e, ainda, é adaptada à região de cultivo para qual foi indicada.

A soja apresenta ampla diversidade genética quanto à sua área de adaptação. Esta característica se deve, principalmente, à sensibilidade dessa leguminosa ao fotoperíodo e à temperatura (Sediyama et al., 1999). Devido à sensibilidade ao fotoperíodo, a cultura exige um período mínimo de ausência de luz para indução da floração. A duração desse período é variável e própria de cada cultivar em cada zona específica de latitude. Assim, a adaptabilidade de uma cultivar de soja varia à medida que se desloca o seu cultivo em direção ao Sul ou ao Norte, em função da latitude.

O comprimento do dia altera-se à medida que se modifica a posição da Terra em relação ao Sol. Em 22 de setembro, a duração do dia em todas as latitudes é de doze horas (equinócio de primavera). A partir dessa data, no hemisfério Sul,

o comprimento do dia continua a aumentar, atingindo o máximo em 21 de dezembro (solstício de verão), e, então, começa a diminuir. Plantas de soja são induzidas à floração precoce quando semeadas em menores fotoperíodos. Assim, a semeadura da soja deve ser realizada sob condições fotoperióticas que permitam o crescimento adequado das plantas antes do florescimento, principalmente em cultivares do tipo determinado; ou seja, com número de horas de luz que não induza as plantas ao florescimento precoce. Como resultado, a época de semeadura é um dos fatores mais importantes na cultura da soja.

As cultivares de soja possuem três tipos de crescimento: determinado, semideterminado e indeterminado. Estes se diferenciam principalmente pelo crescimento da haste principal, isto é, o quanto a planta pode crescer após a floração. Outros descritores são utilizados para identificar o tipo de crescimento em soja, como: presença de vagem na região terminal do caule, padrão de ramificação, tamanho de folha no terço superior e diâmetro do caule. Entretanto, em algumas condições de campo os crescimentos semideterminado e indeterminado apresentam comportamentos muito semelhantes, o que provoca ambiguidade na identificação do tipo de crescimento.

O início da época de semeadura pode, ainda, não apresentar as condições climáticas ideais, devido ao fotoperíodo e, principalmente, devido à irregularidade das chuvas. Plantas com tipo de crescimento indeterminado continuam o seu crescimento vegetativo após a floração, praticamente duplicando a sua altura. Também plantas de crescimento semideterminado, após a floração, crescem aproximadamente 30% de sua altura. Assim, sob condições adversas, essas cultivares são menos prejudicadas do que plantas com tipo de crescimento determinado. Após o período de adversidade, plantas de crescimento determinado que já foram induzidas à floração não podem mais crescer, e, então, poderão ter seu potencial produtivo reduzido, devido ao menor número de gemas na haste principal (Sediyama et al., 1996).

As primeiras cultivares de soja eram de tipo de crescimento determinado e com grupos de maturidade específico para as zonas de latitude. Atualmente, estudos de adaptabilidade são realizados buscando cultivares com diferentes tipos de crescimento e adaptadas a diferentes zonas de latitude. Além disso, como já salientado, são desejadas outras características como: altura de planta adequada à colheita, porte que facilite o manejo de pragas e doenças, menor sensibilidade às adversidades climáticas e principalmente, alta produtividade.

A soja é uma espécie que também apresenta grande plasticidade quanto à resposta ao arranjo espacial de plantas. Assim, altera o número de ramificações, de vagens e de grãos por planta, bem como o diâmetro do caule, de forma inversamente proporcional à variação na população de plantas (Embrapa Soja, 2011). Sob condições de menor densidade de plantas estas variáveis são potencializadas, isto é, elevam suas médias de modo a compensar a produtividade de grãos. Esta compensação, entretanto, deve ocorrer de maneira diferenciada entre os tipos de crescimento, pois, naturalmente existem diferenças entre essas variáveis nos diferentes tipos de crescimento.

Em suma, fatores como escolha de cultivares adaptadas à região de produção e da época adequada de semeadura, proporcionando melhores condições ambientais, associados à população adequada de plantas, têm-se constituído em estratégias de manejo para a obtenção de elevadas produtividades em soja (Martins et al., 1999). Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo gerar informações que possam melhorar o entendimento das relações entre esses fatores, com ênfase na época e densidade de semeadura, em cultivares com tipo de crescimento determinado, semideterminado e indeterminado.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 IMPORTÂNCIA DA SOJA NO BRASIL**

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

A partir da década de 1970, a soja brasileira tem apresentado grande expansão de área de cultivo e, também, aumentos significativos em produtividade. Na safra de 1976/77, a área plantada com soja era de 6.949 mil hectares, comparada aos 30,1 milhões de hectares atuais. Isto significa um aumento de quase 434% na área plantada, ou seja, 23,2 milhões de hectares. Já a produtividade, em 1976/77 era de  $1,748 \text{ kg ha}^{-1}$ , o que pouco se compara aos  $2.854 \text{ kg ha}^{-1}$  atuais, que representa 163% de incremento, isto é,  $1.106 \text{ kg ha}^{-1}$  a mais (Conab, 2014b). A produção de soja na última safra, 2013/14, atingiu 86,27 milhões de toneladas de grãos. Hoje o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, precedido pelos Estados Unidos e seguido pela Argentina. Os Estados brasileiros que mais produzem soja são Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul (Moreira, 2012; Conab, 2014a).

Vários fatores viabilizaram esse avanço da soja no Brasil, ao longo dos anos. Campos (2010) cita: criação de variedades mais produtivas, estáveis e mais adaptadas às condições brasileiras; modernização da agricultura a partir de 1964, com a utilização de equipamentos que otimizaram o sistema de produção; demanda internacional e nacional por seus produtos, sobretudo o óleo de soja; práticas agrícolas que facilitam a produção, com destaque para a calagem e correção da fertilidade dos solos; aumento dos preços das “commodities”; e políticas públicas, como o crédito rural, que incentivaram sua produção.

A planta de soja pode ser utilizada como adubo verde, forragem, silagem, feno, e pastagem. Já o grão é processado produzindo óleo e farelo. O óleo é fornecido para alimentação humana, produção de biodiesel, desinfetantes, lubrificantes, sabões. A principal utilização da soja é como farelo, na alimentação animal; mas o farelo também é utilizado na alimentação humana e na manufatura de produtos processados (Sediyama, 2009).

## 2.2 FOTOPERÍODO E ÉPOCA DE SEMEADURA EM SOJA

A soja é uma planta de dias curtos e, portanto, sensível ao fotoperíodo (comprimento do dia). Em outras palavras, é sensível ao número de horas de ausência de luz no período de 24 horas. Quanto menor o comprimento do dia, mais rápido ocorre a indução à floração. Como a duração do período escuro é função da latitude, cada variedade tem sua melhor adaptação em uma faixa de latitude.

O fotoperiodismo, como controlador do florescimento em soja, foi descoberto por Garner e Allard, em 1920. Eles observaram que o comprimento da noite é o fator mais importante na determinação da proporção relativa entre os períodos vegetativo e reprodutivo da soja (Sediyama et al., 1996).

Nesse contexto, a época de semeadura, isolada das outras práticas culturais, é uma das variáveis que mais produz impacto sobre a produção da cultura. É definida por um conjunto de fatores ambientais que interagem entre si e com a planta, promovendo variações no rendimento e em outras características agronômicas (Peixoto et al., 2000). As cultivares de soja respondem diferentemente à época de semeadura, e isso pode ser função da duração do ciclo, da sensibilidade ao fotoperíodo, da duração do período juvenil (emergência à indução floral) e do tipo de crescimento da planta (Embrapa, 2011). Assim, a determinação da melhor época de semeadura para cada região de cultivo é definida pela interação complexa entre os fatores cultivar, fotoperíodo e temperatura. Outros fatores climáticos, como a disponibilidade hídrica, também são importantes na definição da época de semeadura.

A safra brasileira é semeada de outubro a dezembro. O mês de novembro proporciona os melhores resultados em produtividade de grãos (Nakagawa et al., 1983). Segundo Fietz & Rangel (2008), a semeadura deve ser feita antes do solstício de verão (21 de dezembro), dia este que, no período de um ano, apresenta o maior fotoperíodo no

hemisfério sul. A partir desta data o comprimento do dia começa a diminuir e, portanto, cultivares de soja semeadas nesse período são induzidas precocemente à floração.

Peixoto et al. (2000) observaram redução na duração do subperíodo “emergência - início do florescimento” (VE-R1), ao passarem da época de semeadura normal para uma época tardia (19 de novembro). Associaram isto à sensibilidade das cultivares às variações na duração do fotoperíodo. Assim, a semeadura anterior ao solstício de verão possibilita tempo suficiente para a planta desenvolver-se em altura, atingindo porte compatível com elevada produtividade e colheita mecânica eficiente. Acresce-se que a característica de período juvenil longo, além de possibilitar o desenvolvimento das plantas de soja em regiões de baixa latitude, possibilita maior flexibilidade de épocas de semeadura. Assim, é possível semeaduras em época mais tardia, mesmo quando o fotoperíodo já está em redução (Destro et al., 2001).

Os genes E1 e E2 controlam o florescimento e a maturidade em soja, sendo que seus alelos dominantes determinam ciclo mais longo (Vernetti & Vernetti Junior, 2009). Ademais, sob condições de dias e, ou, fotoperíodos longos, o florescimento tardio é dominante sobre o florescimento precoce. Logo, os genes que controlam a floração sob condições de dias curtos são diferentes dos que atuam sob condições de dias longos (Destro et al., 2001). Nestas condições os genes envolvidos são: E3, E4, E7; sendo que os respectivos alelos dominantes induzem ao florescimento tardio e determinam ciclo longo, ou seja, retardam o florescimento e a maturidade. Os alelos recessivos, em homozigose, antecipam o florescimento e provocam ciclo curto. O genótipo e3e3 é o principal causador da insensibilidade a dias longos (Vernetti & Vernetti Junior, 2009).

A sensibilidade fotoperiódica da soja varia com o genótipo, e sua resposta é quantitativa e não absoluta. A floração ocorrerá de qualquer modo (Rodrigues et al., 2001). Segundo Bonato & Vello (1999), o tipo de herança envolvida no controle do tempo para o florescimento em soja depende, fundamentalmente, dos genótipos considerados e não de uma faixa fotoperiódica específica. Os autores acrescentam que o principal componente da variação genética na determinação deste caráter é de natureza aditiva.

A resposta fotoperiódica ainda tem efeito pleitrópico sobre vários outros caracteres. Como exemplo de caracteres assim afetados podem-se citar: crescimento, maturação, altura de planta, peso de semente, número de vagens, número de ramos, número de nós, área foliar e acúmulo de matéria seca (Destro et al., 2001; Vernetti & Vernetti Junior, 2009; Rodrigues et al., 2006).

## 2.3 IMPORTÂNCIA DA DENSIDADE DE SEMEADURA EM SOJA

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

Martins et al. (1999) verificaram que em época de semeadura normal o aumento da densidade leva à maior altura de plantas. Tourino et al. (2002) observaram o mesmo em relação à altura, e, também, para acamamento. Quando semeadas em menores densidades, as plantas crescem menos e ficam menos sujeitas ao acamamento. Segundo Embrapa Soja (2011), o aumento da população causa efeito acentuado no acamamento das plantas, de modo que populações mais altas podem levar à redução no rendimento de grãos em decorrência do acamamento.

Martins et al. (1999) observaram que, com o aumento da densidade de plantas, diminuiu-se o número de ramos formados na haste principal. O fato foi explicado pela competição que ocorre entre as plantas por fatores ambientais relacionados ao crescimento, especialmente a luz. Assim, sob altas densidades ocorre menor disponibilidade de produtos da fotossíntese para o crescimento vegetativo, na forma de ramificações, sendo estes preferencialmente destinados ao crescimento em altura da haste principal.

Nos experimentos de Peixoto et al. (2000) e Tourino et al. (2002), a densidade de plantas apresentou efeito significativo sobre o número de vagens por planta. O aumento da densidade gerou decréscimo no número de vagens por planta. Em menores densidades, a produtividade por planta aumenta, haja vista a capacidade de a soja ajustar seus componentes de produção. Assim, em menores densidades as plantas produzem mais vagens, o que pode levar à maior produtividade. Peixoto et al. (2000) avaliaram o efeito da densidade de plantas em três épocas de semeadura, e em todas épocas observaram redução do número total de vagens com o aumento da densidade.

A redução da densidade de plantas também apresenta efeito significativo sobre a massa de cem grãos. Em menores densidades as plantas produzem mais grãos, mas pode

haver competição entre os grãos por fotoassimilados, levando à menor massa por grão; isto é, menor tamanho de semente. Em síntese, maior número de grãos por planta leva à menor massa do grão (Tourino et al., 2002; Nakagawa et al., 1986). Peixoto et al. (2000) também observaram este efeito, mas apenas na época de semeadura tardia. O número de grãos por vagem não apresentou variação em função da densidade de plantas (Tourino et al., 2002; Peixoto et al., 2000).

## 2.4 HÁBITO E TIPO DE CRESCIMENTO EM SOJA

Na literatura de soja podem-se encontrar as características de hábito de crescimento e tipo de crescimento sendo consideradas como o mesmo tema. Assim, apresentam-se como diferentes formas de expressar os conceitos de crescimento determinado, semideterminado e indeterminado. Mais precisamente, o hábito de crescimento refere-se à arquitetura da planta, enquanto o tipo de crescimento, à forma de crescimento da haste principal. Dada sua importância, essas duas características (hábito e tipo de crescimento) são consideradas descritores de soja, ou seja, caracteres morfológicos herdados geneticamente e utilizados na identificação de cultivares. Suas subdivisões estão disponíveis na tabela de descritores de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) (Brasil, 2009).

Em soja, o hábito de crescimento é caracterizado pela inclinação dos ramos laterais em relação à haste principal. Assim, é considerado ereto quando esta inclinação é menor que 30°; semiereto, com inclinação de 30° a 60°; e horizontal, quando a inclinação é maior que 60° (Sediyama et al., 2009).

O tipo de crescimento é caracterizado, principalmente, pelo crescimento da haste principal e pelo florescimento da planta. Em relação a este caráter, as plantas de soja são classificadas como de crescimento determinado, crescimento semideterminado e crescimento indeterminado.

Dois locos afetam o tipo de crescimento em soja, Dt1 e Dt2. Segundo estudos de Bernard (1972) e Thompson (1997), o primeiro loco apresenta os seguintes genótipos: DtDt para crescimento indeterminado, Dtdt para semideterminado, dtdt para determinado, além da variação dt1-t dt1-t para determinado alto. Este fenótipo (crescimento determinado alto) é causado pela presença do alelo dt1-t, que se assemelha ao alelo dt. Plantas com esse tipo de crescimento diferem daquelas com tipo determinado normal pela presença da inflorescência terminal e folhas do terço superior semelhantes às outras folhas da planta.

Em relação à altura final da planta, dias para maturação e número de nós na haste principal, assemelham-se a plantas de crescimento semideterminado (Thompson et al., 1997).

O segundo loco apresenta interação alélica do tipo dominância completa, com Dt2 \_ (dominante) expressando o fenótipo semideterminado e dt2 dt2 manifestando o tipo indeterminado. Ademais, a manifestação do caráter tipo de crescimento em soja é controlada por interação gênica do tipo epistasia recessiva para o primeiro loco, gerando a proporção 11:4:1, isto é, 14 semideterminado: 4 determinado: 1 indeterminadas.

Alguns fatores podem mesclar as características dos diferentes tipos de crescimento, como fotoperíodo baixo, grupo de maturidade diferente ao indicado naquela faixa de latitude e condições climáticas adversas ao cultivo. Sombreamento ou acamamento também podem atenuar o crescimento de plantas semideterminadas, confundindo-as morfologicamente com plantas indeterminadas. Além disso, ataque de insetos ou outras lesões na região superior da haste principal de plantas de crescimento determinado podem também simular plantas indeterminadas (Bernard, 1972).

#### **2.4.1 Crescimento determinado**

Plantas com tipo de crescimento determinado praticamente completam o ciclo vegetativo antes do início da floração. As plantas determinadas podem crescer aproximadamente 10% a 13% de sua altura após o florescimento. Com a paralização do crescimento em altura, ocorre o engrossamento da haste principal (Sediyama et al., 1996). Nessas plantas, a haste principal possui gema terminal com inflorescência racemosa, gerando vagens. Geralmente, em cada nó, existe uma ramificação de comprimento variável. (Sediyama et al., 1996, 2009).

A morfologia foliar de plantas com crescimento determinado permanece constante em toda extensão planta. Esse fato diferencia plantas determinadas de indeterminadas, pois estas apresentam folhas de tamanhos menores no terço superior da planta. O florescimento de plantas determinadas se inicia no terço médio da planta e progride para os terços superior e inferior. Consequentemente, o desenvolvimento das vagens e sementes segue esse padrão (Sediyama et al., 1996, 1999).

Como já mencionado, o genótipo do tipo de crescimento determinado é caracterizado por epistasia recessiva para o primeiro loco (Dt1). A presença de homozigose

recessiva no primeiro loco (*dt1dt1\_*) impede a manifestação do segundo loco, gerando apenas fenótipo de tipo de crescimento determinado. O efeito do alelo *dt* (no primeiro dois locos) é acelerar o término do crescimento apical da haste principal (Bernard, 1972). Assim, próximo à floração o gene se manifesta, induzindo à paralisação do crescimento em altura.

O tipo de crescimento determinado foi encontrado inicialmente no sul da China, no Japão e na Coréia. Até os últimos cinco anos, este foi o tipo predominantemente cultivado no Brasil e no Sul dos EUA. Suas cultivares, geralmente, pertencem aos grupos de maturação 5.0 a 10, dispondo de períodos de crescimento maiores nas latitudes em que estão mais bem adaptadas. Como consequência, iniciam a floração com o crescimento adiantado em altura. Assim, se o crescimento do caule principal continuasse depois da floração, aumentaria o risco de acamamento das plantas. Portanto, estas plantas são mais bem adaptadas em solos de melhor fertilidade, por apresentarem mais resistência ao acamamento que as cultivares indeterminadas (Sediyama et al., 1999, 1996).

A época de semeadura de plantas com tipo de crescimento determinado é limitada. Não é aconselhável, por exemplo, o seu cultivo durante o período do inverno; pois, o comprimento do dia é menor que os períodos críticos das variedades comumente cultivadas. Esse fator e as baixas temperaturas que ocorrem nessa época do ano fazem com que o desenvolvimento vegetativo e a produção de grãos dessas variedades sejam bastante reduzidos (Sediayama et al., 1996). Semeaduras realizadas em época tardia (ex. mês de dezembro) – períodos em que o fotoperíodo começa a reduzir, induzem o florescimento mais precoce. Portanto, plantas de soja com tipo de crescimento determinado, que crescem apenas até o florescimento, quando semeadas em épocas inadequadas terão menor crescimento vegetativo, resultando em perda de rendimento de grãos (Bonato et al., 1998, citado por Rodrigues et al., 2006). Para amenizar este problema, devem-se usar cultivares com período juvenil longo, o que estende a sua fase vegetativa e, com isso, resultam em plantas com porte mais elevado (Sediyama et al., 1996).

Estudos que relacionam produtividade e tipo de crescimento determinado indicam tendência de as cultivares determinadas, sob época de semeadura antecipada e com irrigação, produzirem mais do que cultivares indeterminadas (Kilgore-Norquest & Sneller, 2000). Segundo Perini et al. (2012), o número total de vagens e o número de vagens nos ramos foram os caracteres agronômicos que apresentaram maior importância para a seleção indireta de cultivares mais produtivas e de crescimento determinado.

#### **2.4.2 Crescimento semideterminado**

Plantas de soja com tipo de crescimento semideterminado continuam o seu crescimento vegetativo mesmo após o florescimento. Geralmente crescem ainda cerca de 30% de sua altura final, após o início da floração. Em geral, atingem cerca de 80% da altura das plantas indeterminadas pertencentes ao mesmo grupo de maturação.

Assim como as plantas determinadas, as semideterminadas cessam o seu crescimento com uma inflorescência racemosa terminal. Elas apresentam diversas vagens em cada nó, desde a base até a extremidade superior da planta. Apresenta caule mais longo e fino que plantas determinadas, e menor número de nós no ápice do que plantas de crescimento indeterminado (Sediyama et al., 1996, 2009; Bernard, 1972).

Os genótipos que manifestam o crescimento semideterminado são:  $Dt1Dt1Dt2Dt2$ ,  $Dt1Dt1Dt2dt2$ ,  $Dt1dt1Dt2Dt2$ ,  $Dt1dt1Dt2dt2$  e  $Dt1dt1dt2dt2$  (Bernard 1972). A soja apresenta fenótipo semideterminado quando possui apenas um alelo  $dt1$  no primeiro destes locos. O alelo  $dt1$  induz aceleração do término do crescimento; assim, estando em heterozigose essa aceleração será menor, manifestando o fenótipo semideterminado. Também manifestam o fenótipo semideterminado plantas em homozigose dominante para o primeiro loco e com pelo menos um alelo  $Dt2$  no segundo loco. O alelo  $Dt2$  também induz a aceleração do término do crescimento do caule; porém, com menos intensidade que o alelo  $dt1$ . E, por apresentar dominância completa, a manifestação do caráter não difere se em homozigose dominante ou heterozigose.

#### **2.4.3 Crescimento indeterminado**

As cultivares com tipo de crescimento indeterminado desenvolvem simultaneamente as suas fases vegetativa (crescimento) e reprodutiva (florescimento). Ou seja, continuam a aumentar sua altura por período relativamente longo após ter iniciado o florescimento. Geralmente duplicam a sua altura em relação àquela manifestada no aparecimento da primeira flor (Sediyama et al., 1996).

Plantas indeterminadas não apresentam inflorescência terminal, apenas inflorescências axilares. Também apresentam haste afunilada, com pouco ou nenhum crescimento lateral secundário (ramificações) perto do topo da haste principal. Os genes dessa característica foram identificados por Nelson (1996), sendo o genótipo  $br1br1$

br2br2, com alelos recessivos em homozigose, responsável por ramificações apenas nos nós inferiores (Verntti & Vernetti Junior, 2009).

O início da floração se dá no terço inferior da planta, seguindo-se em direção ao terço superior, e, consequentemente, o mesmo ocorre com a maturação das vagens. As plantas possuem diversas vagens em cada nó das partes basal e central da planta. Entretanto, nos nós superiores existem tipicamente apenas uma ou duas vagens por nó. Na extremidade superior da planta as folhas são menores do que as outras folhas da planta (Sediyama et al., 1996).

O tipo de crescimento indeterminado tem sua origem na região nordeste da China (Manchuria). É o tipo de planta mais cultivado no Norte dos EUA, pertencendo, principalmente, aos grupos de maturação 0.0 a 6.0. Esses ambientes são caracterizados por latitudes maiores, curto período de verão e maior risco de geada no final do ciclo, o que demanda cultivares de ciclo curto. Cultivares do tipo indeterminado, por sobrepor os estágios vegetativos e reprodutivos, são mais recomendadas nessas condições, pois, continuam a crescer mesmo se induzidas a floração precoce (Sediyama et al., 1996; Bernard, 1972).

O genótipo de plantas de crescimento indeterminado é caracterizado por homozigose dominante no primeiro loco e homozigose recessiva no segundo, ou seja, DT1Dt1dt2dt2 (Bernard 1972). Este genótipo não apresenta os alelos dt1 e Dt2, que aceleram o término do crescimento da haste principal, e, portanto, o crescimento da haste principal não é paralisado próximo à floração.

Em geral, plantas indeterminadas adquirem porte mais elevado que as de crescimento determinado e semideterminado. Além disso, apresentam menor resistência ao acamamento (Sediyama et al., 2009). Este fato está relacionado à ausência do alelo dt1 em seu genótipo, pois, segundo Bernard (1972), este alelo é responsável também pela resistência ao acamamento.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS**

Neste estudo foram avaliados os efeitos de época e de densidade de semeadura, bem como suas interações com tipo de crescimento, sobre a expressão de caracteres morfoagronômicos na soja. Para isso, foram conduzidos três experimentos em condições de campo, na área experimental pertencente à Embrapa Arroz e Feijão, no município de Santo Antônio de Goiás, GO ( $16^{\circ}29' S$ ,  $49^{\circ}17' W$  e 795 m de altitude), na safra 2013/2014. Cada experimento foi instalado em época de semeadura diferente; início de outubro (02/10/13), meados de novembro (18/11/13) e início de janeiro (08/01/14).

Os ensaios foram realizados no delineamento em blocos completos casualizados com três repetições. Os tratamentos incluíram dois fatores, cultivares e densidades de semeadura, os quais se relacionaram numa estrutura fatorial mista – classificações hierárquica e cruzada, resultando em 36 tratamentos (Tabela 1). As cultivares contemplam os tipos de crescimento determinado, semideterminado e indeterminado. Estas foram escolhidas de modo a cobrir cultivares com os três principais grupos de maturidade utilizados na região (superprecoce, precoce e médio – de 6,4 a 8,5). As densidades de plantas adotadas correspondem a 50%, 100% e 150% da população recomendada pelos obtentores das cultivares. Cada parcela experimental foi constituída de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,50 m, com área útil de  $4,0\text{ m}^2$ .

A implantação da cultura e condução dos ensaios foi realizada seguindo as técnicas recomendadas para instalação e manejo da cultura da soja (Embrapa Soja, 2011). As semeaduras, incluindo a adubação (4-28-16), foram realizadas com semeadora de parcela, em densidade superior ao exigido pela análise de germinação. Quinze dias após a emergência foram realizados os desbastes para as populações desejadas. O controle de plantas daninhas, pragas e doenças foram realizados conforme necessidade e, também, de acordo com as recomendações técnicas para a cultura. As condições ambientais de fotoperíodo, precipitação pluviométrica, temperaturas máxima e mínima, observadas durante a condução dos experimentos são representadas na Figura 1. Ao atingir o estágio

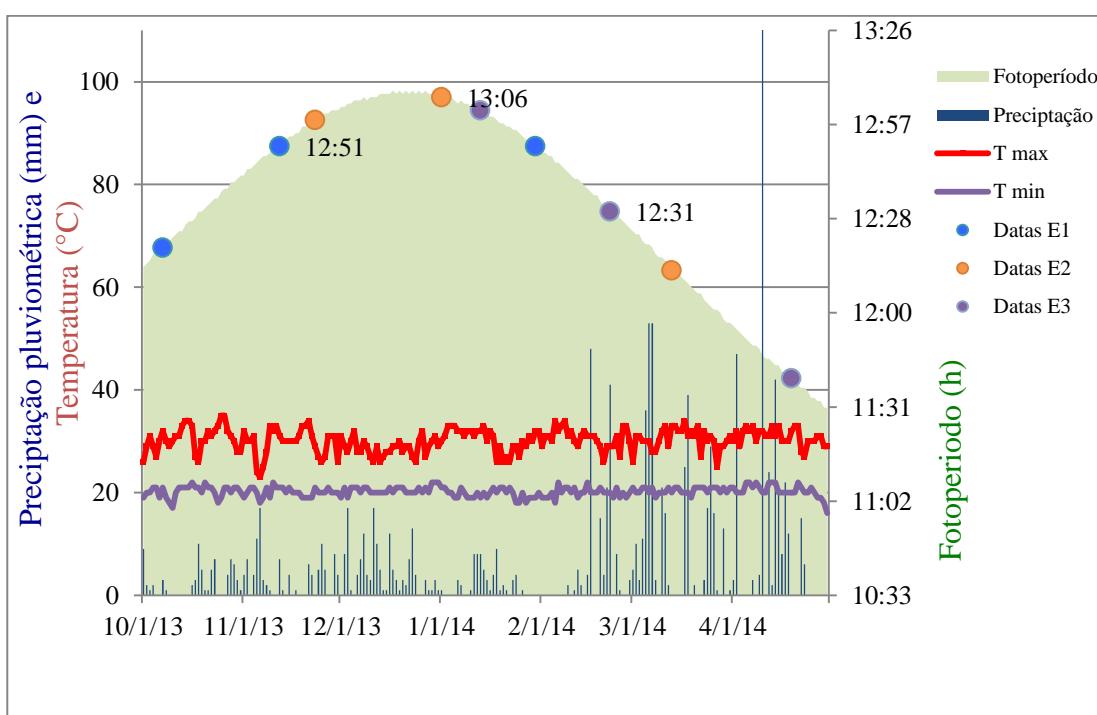
de maturação, cada parcela foi colhida manualmente e trilhada com uso de trilhadora de parcela.

**Tabela 1.** Lista de cultivares com suas características de tipo de crescimento, grupo de maturidade e populações de plantas (densidades de semeadura) avaliadas.

Cultivar	Tipos de crescimento	Grupos de maturidade	População <sup>1</sup>		
			50%	100%	150%
NA 5909 RR	Indeterminado	7.1	9	18	27
BMX Potência RR	Indeterminado	7.3	9	18	27
BRSGO 7760 RR	Indeterminado	7.7	8	15	23
BRSGO 8360	Indeterminado	8.1	6	12	18
BRS 284	Semideterminado <sup>2</sup>	6.4	9	18	27
Anta 82 RR	Semideterminado	7.4	9	18	27
NA 7337RR	Semideterminado	7.7	8	15	23
AN 8500	Semideterminado	8.5	6	12	18
BRSGO 6959 RR	Determinado	6.9	9	18	27
BRSGO 7460 RR	Determinado	7.4	9	18	27
BRSGO 7950 RR	Determinado	7.9	8	15	23
BRS 8160 RR	Determinado	8.1	6	12	18

<sup>1</sup> População: quantidade de plantas por metro, nas proporções 50%, 100% e 150%, em relação à recomendação técnica para a cultivar.

<sup>2</sup> A cultivar BRS 284 foi lançada como de crescimento indeterminado, embora tenha apresentado comportamento semelhante às de crescimento semideterminado, por isso, foi assim considerada.



**Figura 1.** Distribuição da precipitação pluviométrica, temperaturas máxima (T max) e mínima (T min) e fotoperíodo, com indicação das datas de sementeira, floração e maturação associada a cada época de sementeira (E1, E2 e E3) no período de experimentação.

### 3.2 COLETA DE DADOS

Foram realizadas avaliações em estádios fenológicos específicos, segundo a descrição de Fehr & Caviness (1977), considerando-se os seguintes caracteres:

- a) Ciclo vegetativo: número de dias entre a emergência – VE (cotilédones acima da superfície do solo) e a floração – R2 (floração plena: maioria dos rácemos com flores abertas);
- b) Ciclo total: número de dias entre VE e a maturação – R8 (95% das vagens com coloração de madura);
- c) Altura da planta: altura (cm) compreendida do solo até o último nó da haste principal da planta, tomando-se a média de cinco plantas por parcela, aleatoriamente e avaliadas em R2 e em R8;
- d) Altura de inserção da primeira vagem: altura (cm) compreendida do solo até a primeira vagem na haste principal, tomando-se a média de cinco plantas por parcela, aleatoriamente, em estádio R8;
- e) Porcentagem de crescimento após a floração: quociente da diferença entre as alturas na maturação e na floração, pela altura na maturação.
- f) Número de nós na haste principal: contagem direta dos nós na haste principal, tomando-se a média de cinco plantas por parcela, aleatoriamente e em R8;
- g) Número de ramificações: contagem direta de ramos na haste principal de cada planta, tomando-se a média de cinco plantas por parcela, aleatoriamente e em R8;
- h) Número de vagens por nó: média do número de vagens por nó entre os diversos nós da planta, tomando-se a média de cinco plantas de cada parcela, aleatoriamente e em R8;
- i) Número de vagens por planta: contagem direta das vagens de cada planta, tomando-se a média de cinco plantas de cada parcela, aleatoriamente e em R8;
- j) Número de grãos por vagem: média do número de grãos por vagem nas diversas vagens da planta, tomando-se a média de cinco plantas de cada parcela, aleatoriamente e em R8;
- k) Número de grãos por planta: contagem direta dos grãos de cada planta, tomando-se a média de cinco plantas de cada parcela, aleatoriamente e em R8;
- l) Peso de cem grãos: massa (g) de cem grãos de cada parcela, corrigida para umidade de 13%, tomando-se a média de duas amostras por parcela.

m) Produtividade de grãos: massa de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) extrapolados com base na produção da área útil da parcela (4 m das duas fileiras centrais) de cada parcela, corrigida para 13% de umidade;

### 3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

#### 3.3.1 Abordagem univariada

No enfoque univariado os efeitos de tipos de crescimento, época e densidade de semeadura sobre a expressão fenotípica dos caracteres, além das interações e desdobramentos dos efeitos de genótipos, foram analisados a partir do seguinte modelo estatístico, assumido como fixo:

$$Y_{ijklm} = \mu + b_{j(m)} + a_m + t_k + d_l + g_{i(k)} + (ta)_{km} + (td)_{kl} + (ad)_{ml} + (ag)_{mi(k)} + (dg)_{li(k)} + (tad)_{kml} + e_{ijklm}$$

em que:

$Y_{ijkl}$  : é a observação na parcela que recebeu o genótipo  $i$  dentro do tipo de crescimento  $k$  ( $i_{(k)} = 1, 2, \dots, I_k$ ;  $k = 1, 2, \dots, K$ ), na época de semeadura  $m$  ( $m = 1, 2, \dots, M$ ), na densidade de semeadura  $l$  ( $l = 1, 2, \dots, L$ ), no bloco  $j$  dentro da época de semeadura  $m$  ( $j_{(m)} = 1, 2, \dots, J_m$ );

$\mu$  : é a média geral do caráter (constante inerente a todas as observações);

$b_j$  : é o efeito do bloco  $j$  dentro das épocas;

$a_m$  : é o efeito da época de semeadura  $m$ ;

$t_k$  : é o efeito do tipo  $k$  de crescimento da planta (determinado, semideterminado e indeterminado);

$d_l$  : é o efeito da densidade  $l$  de plantas;

$g_{i(k)}$  : é o efeito do genótipo ou cultivar  $i$  dentro do tipo de crescimento  $k$ ;

$(ta)_{km}$  : é o efeito da interação do tipo  $k$  de crescimento da cultivar com a época de semeadura  $m$ ;

$(td)_{kl}$  : é o efeito da interação do tipo  $k$  de crescimento da cultivar com a densidade de semeadura  $l$ ;

$(ad)_{ml}$  : é o efeito da interação da época  $m$  de semeadura com a densidade de semeadura  $l$ ;

$(ag)_{mi(k)}$  : é o efeito da interação da época  $m$  de semeadura com o genótipo  $i$  dentro do tipo  $k$  de crescimento;

$(dg)_{li(k)}$ : é o efeito da interação da densidade  $l$  de semeadura com o genótipo  $i$  dentro do tipo  $k$  de crescimento;

$(tad)_{kml}$ : é o efeito da interação do tipo  $k$  de crescimento com a época  $m$  de semeadura e com a densidade  $l$  de semeadura;

$e_{ijklm}$ : é o erro experimental aleatório, assumido como i.i.d.  $\sim N(0, \sigma^2_e)$ ;

O ajuste do modelo resulta no quadro de análise de variância (ANOVA) apresentado na Tabela 2. Neste quadro são de interesse maior, em relação às hipóteses propostas, os testes relacionados às fontes de variação associadas às interações “Tc x Época” e “Tc x Dens”. O primeiro avalia se os diferentes tipos de crescimento implicam em respostas fenotípicas distintas conforme a época de semeadura; ou seja, se a reação das plantas à alteração da data de semeadura depende do tipo de crescimento da cultivar (determinado, semideterminado ou indeterminado). O segundo avalia se os diferentes tipos de crescimento implicam em respostas fenotípicas distintas conforme a densidade de plantas no campo; ou seja, se a reação das plantas à alteração na densidade de semeadura depende do tipo de crescimento da cultivar.

Conforme as hipóteses científicas formuladas, esperavam-se efeitos significativos ( $p<0,05$ ) nessas fontes de variação. Quando significativas, as interações foram desdobradas nos efeitos de um fator dentro do outro. Os tipos de crescimento foram comparados entre si, ora dentro de cada época de semeadura, ora dentro de cada densidade, pelo teste de Tukey, em nível de significância de 5% de probabilidade. Os efeitos de época e densidade de plantas dentro de cada tipo de crescimento foram avaliados por análise de regressão linear simples. Desdobramentos de genótipos dentro de tipos de crescimento, nos diversos níveis, não foram realizados, em razão de não se relacionar ao interesse principal do estudo.

As análises foram realizadas no *software* estatístico R (2013), utilizando-se, sobretudo, o procedimento “lm” (modelo linear) para ajuste de modelos lineares. Também foram utilizadas as suas bibliotecas específicas ou pacotes: “agricolae”, “lattice”, além dos procedimentos ou funções “HSD.test” (teste Tukey) e “xyplot” (gráficos e regressão).

**Tabela 2.** Análise de variância conjunta para avaliação dos efeitos de tipos de crescimento época, densidade de semeadura e interações destes fatores, incluindo genótipos dentro dos tipos de crescimento, em soja.

Fontes de Variação	GL	QM
Bloco/Época	M (J-1) = 6	Q <sub>1</sub>
Época	M-1 = 2	Q <sub>2</sub>
Tipos de crescimento (Tc)	K-1 = 2	Q <sub>3</sub>
Densidades (Dens)	L-1 = 2	Q <sub>4</sub>
Genótipos / Tc	K (I <sub>k</sub> -1) = 9	Q <sub>5</sub>
Tc x Época	(K-1)(M-1)= 4	Q <sub>6</sub>
Época x Genótipos / Tc	(M-1)(K)(I <sub>k</sub> -1) = 18	Q <sub>7</sub>
Tc x Dens	(K-1)(L-1)= 4	Q <sub>8</sub>
Dens x Genótipos / Tc	(L-1)(K)(I <sub>k</sub> -1) = 18	Q <sub>9</sub>
Época x Dens	(M-1)(L-1)=4	Q <sub>10</sub>
Tc x Época x Dens	(K-1)(M-1)(L-1)=8	Q <sub>11</sub>
Resíduo	Diferença =246	Q <sub>12</sub>
Total (T)	(MKLI <sub>k</sub> J )-1= 323	-

### 3.3..2 Abordagem multivariada

No enfoque multivariado, primeiramente realizaram-se dois tipos de análises de correlação. Calcularam-se as correlações entre a produtividade de grãos e os demais caracteres morfoagronômicos, em cada tipo de crescimento e época de semeadura. Buscou-se, assim, identificar as variáveis que mais se relacionam positivamente ou negativamente com a produtividade, para cada tipo de crescimento, em cada época de semeadura. Estimaram-se também as correlações entre os componentes de produção para cada tipo de crescimento, em todas densidades de semeadura avaliadas. Com isso, procurou-se inferir sobre mecanismos de compensação nos componentes de produção, em função da densidade de semeadura, nos diferentes tipos de crescimento. As análises de correlação foram realizadas no *software R*, usando-se o procedimento “cor.test”.

Num segundo momento foram realizadas análises discriminantes, também segundo dois procedimentos. No primeiro a análise foi aplicada buscando-se avaliar o quanto é possível separar grupos de indivíduos (no caso, os tipos de crescimento) usando medidas destes indivíduos em diversas variáveis. Foram estimadas duas combinações discriminantes lineares, por se tratar do mínimo entre o número de grupos (linhas da matriz de dados) menos um (Tc-1 = 3-1) e o número de variáveis (colunas) menos um (v=14).

Para a análise foi utilizado o *software R*, via pacotes “MASS” e “subselect”, além do procedimento “lda”. Essa discriminação dos tipos de crescimento também foi realizada segundo a análise de variáveis canônicas (AVC). Ela se diferencia da análise discriminante por utilizar uma matriz de dados (indivíduos x variáveis) com repetições nas caselas, e não somente dados médios por casela. Neste caso utilizou-se o pacote e o procedimento “candisc”, também do *software R*.

Numa outra abordagem, a análise discriminante foi realizada para classificar as cultivares em relação aos grupos, aqui representados pelos tipos de crescimento, que melhor se ajustavam ao padrão revelado na função discriminante construída para classificar estes grupos. A análise permite avaliar probabilisticamente a classificação prévia das cultivares nos tipos de crescimento, bem como reclassificá-las conforme o padrão inerente aos dados. Com isso, foi possível identificar certas condições de ambiente que levaram a alterações nas classificações dos tipos de crescimentos; ou seja, condições que alteram a resposta fenotípica dos tipos de crescimento, em algumas variáveis, ocasionando confundimento na classificação.

Para cada cultivar que, na análise discriminante apresentou classificação diferente da original (Tabela 1), estimou-se, pela estatística “t-Student”, o intervalo de confiança (95%) univariada das médias de cada tipo de crescimento para cada variável avaliada. Os cálculos foram implementados também no *software R*, via procedimento “t.test”. Observou-se, então, se a média da parcela que foi classificada com tipo de crescimento diferente encontrava-se ou não dentro do intervalo de confiança do tipo original. Em caso afirmativo a classificação estatística foi desconsiderada na discussão dos resultados. Assim, foi possível identificar as variáveis que mais influenciaram na inconsistência da expressão fenotípica dos tipos de crescimento, em cada condição de semeadura.

Por último, com o intuito de identificar as variáveis mais importantes (determinantes) na discriminação morfoagronômica dos tipos de crescimento realizou-se ainda uma análise da importância relativa dos caracteres. A análise foi implementada também no R, mediante uso do pacote “subselect” procedimento “improve” e critério “Tau2”, que são equivalentes ao critério lambda de Wilk’s no contexto da análise de variância multivariada.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 VARIAÇÃO EM CARACTERES MORFOAGRONÔMICOS DE SOJA EM FUNÇÃO DE TIPO DE CRESCIMENTO, ÉPOCA E DENSIDADE DE SEMEADURA**

Na análise de variância dos caracteres avaliados (Tabela 3) observa-se, em geral, que os efeitos principais de tipo de crescimento, época e densidade de semeadura foram altamente significativos ( $p<0,01$ ). Considerando que esta pesquisa buscou avaliar os efeitos de época e densidade de semeadura nos diferentes tipos de crescimento, as interações destes fatores são de interesse maior, sobretudo porque tais efeitos são predominantemente significativos. Na maioria dos caracteres, a interação entre tipo de crescimento e época de semeadura também foi altamente significativa ( $p<0,01$ ). Já a interação entre tipo de crescimento e densidade de semeadura foi significativa ( $p<0,05$ ) apenas em alguns caracteres. A seguir serão discutidos em maior detalhe os efeitos destas duas interações.

#### **4.1.1 Interação “tipo de crescimento x época de semeadura”**

Apenas a variável número de grãos por vagem não apresentou interação significativa entre os fatores tipo de crescimento e época de semeadura. Portanto, para este caráter podem-se analisar os efeitos principais isoladamente. Quanto ao tipo de crescimento, o teste de comparação de médias (Tukey a 5% de probabilidade) indicou resultado ligeiramente superior nas plantas de crescimento indeterminado, em relação aos outros tipos, que não diferiram entre si (Tabela 4). Observa-se que o teste de comparação de médias alcançou elevado poder estatístico, detectou diferença de apenas 0,10 grãos por vagem como significativa.

**Tabela 3.** Resumo das análises de variância com os valores de graus de liberdade (GL), quadrados médio (QM) e significância<sup>1</sup> para caracteres morfoagronômicos<sup>2</sup> avaliados em soja, relacionados a efeitos dos fatores época, tipo de crescimento e densidade de semeadura e as respectivas interações (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

FV	GL	QM																														
		Dpf (dias)	Dpm (dias)	AtF (cm)	AtI (cm)	Cres (%)	AtM (cm)	Nós (nº)	Rmf (nº)	VgNo (nº)	VgPl (nº)	GrVg (nº)	GrPl (nº)	Pcg (g)	Prod (kg/ha)																	
Bloco/Época	6	8	***	51	***	9	ns	10	*	324	***	368	***	5	***	0	ns	203	.	0	*	1369	.	1	*	1767120	***					
Época	2	557	***	10669	***	662	***	715	***	1639	***	2545	***	4	*	29	***	11	***	14526	***	8	***	147017	***	732	***	149700375	***			
Tipo de Crescimento (Tc)	2	1351	***	314	***	1807	***	335	***	16584	***	4044	***	266	***	78	***	4	***	872	***	0	*	729	ns	24	***	2484060	***			
Densidade	2	6	**	75	***	429	***	509	***	30	ns	1800	***	116	***	124	***	2	***	20257	***	0	**	88653	***	2	*	1683111	***			
Genótipo/Tc	9	1568	***	2908	***	1474	***	381	***	998	***	3953	***	107	***	5	***	1	***	2163	***	2	***	15852	***	41	***	1605594	***			
Genótipo/Tc-D	3	1458	***	3372	***	1424	***	246	***	902	***	1886	***	14	***	10	*	1	*	605	ns	1	***	18160	**	2	ns	1176799	ns			
Genótipo/Tc-S	3	1685	***	2624	***	1727	***	432	***	1669	***	1704	***	52	***	3	ns	1	**	2961	***	2	***	14101	***	85	***	1978728	ns			
Genótipo/Tc-I	3	1562	***	2877	***	1270	***	464	***	416	*	8392	***	250	***	3	ns	1	***	2998	***	1	***	16422	***	32	**	2689770	.			
Tc*Época	4	5	**	37	***	90	***	65	***	394	***	1362	***	49	***	5	***	0	*	363	***	0	ns	4196	***	3	***	594907	**			
Tc/Ep-1	2	544	***	64	ns	381	***	46	.	9117	***	4536	***	296	***	55	***	3	***	840	ns	-	ns	6734.6	ns	14	**	451683	ns			
Tc/Ep-2	2	419	***	170	ns	362	***	49	.	4416	***	2250	***	70	***	22	***	1	***	528	ns	-	ns	1817.1	ns	13	**	3140626	***			
Tc/Ep-3	2	398	***	188	*	1245	***	373	***	3846	***	120	ns	7	ns	11	***	1	*	235	ns	-	ns	89.35	ns	3	*	115272	ns			
Ep/Tc-D	2	136	*	3328	***	486	***	477	***	237	ns	1015	***	50	***	19	**	3	***	3992	***	-	ns	72306	***	286	***	44607080	***			
Ep/Tc-S	2	234	*	4329	***	133	ns	177	***	798	***	2260	***	7	ns	7	**	5	***	5202	***	-	ns	38220	***	213	***	56151377	***			
Ep/Tc-I	2	197	*	3141	***	223	*	195	***	1306	***	2059	**	54	**	12	**	3	***	6112	***	-	ns	44595	***	235	***	49704477	***			
Tc*Densidade	4	2	.	9	.	23	**	20	**	242	***	320	***	8	***	1	ns	0	ns	44	ns	0	ns	832	0	0	ns	147024	ns			
Tc/Densidade-1	2	-	-	-	-	445	***	63	*	8315	***	2867	***	150	***	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	
Tc/Densidade-2	2	-	-	-	-	526	***	113	**	5008	***	1423	***	86	***	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	
Tc/Densidade-3	2	-	-	-	-	881	***	193	**	3856	***	390	ns	48	***	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	
Densidade/Tc-d	2	-	-	-	-	287	*	313	***	415	*	1846	***	10	*	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	
Densidade/Tc-s	2	-	-	-	-	85	ns	130	**	4	ns	424	.	52	***	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	
Densidade/Tc-i	2	-	-	-	-	103	ns	110	**	115	ns	99	nb	69	**	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	
Época*Densidade	4	0	ns	17	**	22	*	3	ns	72	*	54	ns	2	.	0	ns	0	.	804	***	0	*	6397	***	1	ns	216001	ns			
Densidade/Época-1	2	-	ns	2	ns	58	ns	-	ns	122	ns	-	ns	-	-	ns	-	-	ns	-	10262	***	0	ns	55504	***	-	ns	-	ns	-	ns
Densidade/Época-2	2	-	ns	81	ns	278	***	-	ns	36	ns	-	ns	-	-	ns	-	-	ns	-	9518	***	0	ns	41134	***	-	ns	-	ns	-	ns
Densidade/Época-3	2	-	ns	23	ns	139	ns	-	ns	17	ns	-	ns	-	-	ns	-	-	ns	-	2267	***	0	ns	5776	***	-	ns	-	ns	-	ns
Época/Densidade-1	2	-	ns	3508	***	120	ns	-	ns	327	ns	-	ns	-	-	ns	-	-	ns	-	9720	***	3	***	94730	***	-	ns	-	ns	-	ns
Época/Densidade-2	2	-	ns	3593	***	244	*	-	ns	746	*	-	ns	-	-	ns	-	-	ns	-	4441	***	3	***	40548	***	-	ns	-	ns	-	ns
Época/Densidade-3	2	-	ns	3612	***	342	*	-	ns	709	*	-	ns	-	-	ns	-	-	ns	-	1768	***	2	***	23140	***	-	ns	-	ns	-	ns
Época*Genótipo/Tc	18	9	***	97	***	152	***	15	***	443	***	148	***	3	***	7	***	0	***	567	***	0	***	9060	***	4	***	2112326	***			
Densidade*Genótipo/Tc	18	2	.	6	.	10	ns	8	*	22	ns	41	ns	2	*	2	**	0	ns	309	***	0	ns	1703	***	1	.	133248	ns			
Época*Tc*Densidade	8	0	ns	2	ns	6	ns	2	ns	20	ns	35	ns	1	ns	1	.	0	ns	18	ns	0	ns	857	ns	1	ns	74422	ns			
Resíduo	246	1	4	7	5	28		30	1	1	0	103	0	676	1	1	0	1	0	25.66	9.02	31.97	6.75	20.46								
CV			2.64		1.93		9.26		15.48		10.32		9.36		7.81		25.81		13.20		25.66		9.02		31.97		6.75		20.46			

<sup>1</sup> Níveis de significância: \*\*\* 0,001; \*\* 0,01; \* 0,05; . > 0,1; ns > 0,1.

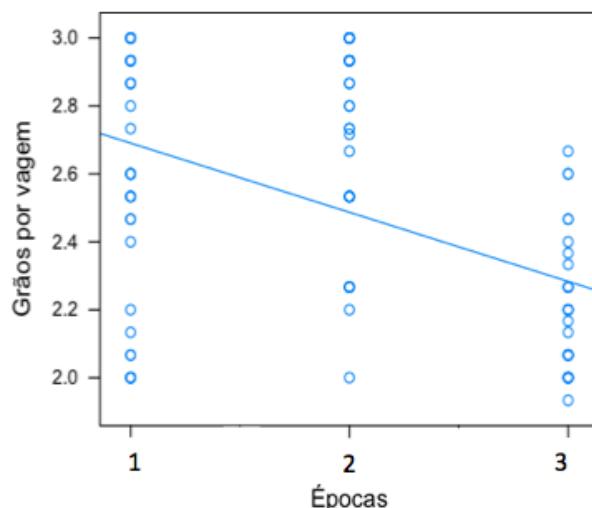
<sup>2</sup> Dpf: número de dias para florescimento; Dpm: número de dias para maturação; AtF: altura da planta na floração; AtI: altura de inserção da primeira vagem; Cres: porcentagem de crescimento após a floração; AtM: altura de planta na maturação; Nos: número de nós na haste principal; Rmf: número de ramificações na haste principal; VgNo: número de vagens por nó; VgPl: número de vagens por planta; GrVg: número de grãos por vagem; GrPl: número de grãos por planta; Pcg: peso de cem grãos; Prod: produtividade.

**Tabela 4.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento (Tc) em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), para número de grãos por vagem (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Tc	Médias
D	2,45 b
S	2,46 b
I	2,55 a

<sup>1</sup> Médias seguidas de letra comum na coluna, dentro de cada fator, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O número de grãos por vagem reduziu com o atraso da época de semeadura (Figura 2). Esperava-se que número de grãos por vagem não fosse afetado significativamente por efeitos ambientais, como de época de semeadura. Entretanto observa-se na Figura 2 que a redução do número de grãos por vagem entre as épocas de semeadura foi pequena; menos de um grão por vagem. A menor média dessa variável, na terceira época, talvez possa ser explicada pela alta incidência de ferrugem asiática, que impedi o desenvolvimento de alguns grãos, tornando-os chochos.

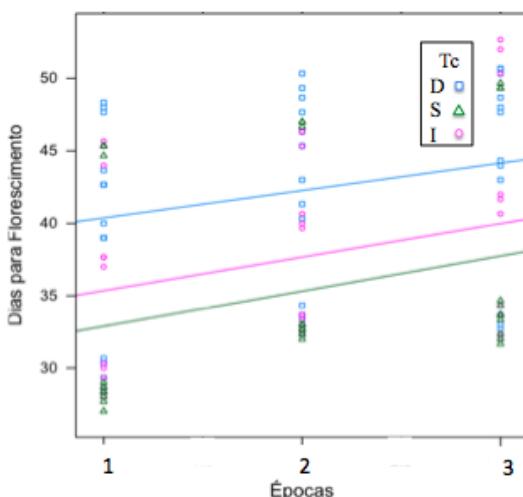


**Figura 2.** Regressão do efeito de época de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3) para a variável número de grãos por vagem (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Nos demais caracteres observou-se interação significativa ( $p<0,05$ ) entre tipo de crescimento e época de semeadura. Logo, a discussão destes caracteres nesta seção será apresentada pela comparação de médias entre tipos de crescimento dentro das épocas avaliadas, e via regressão para os efeitos de época de semeadura em cada tipo de crescimento.

No caráter número de dias para o florescimento, embora houve efeito significativo dessa interação ( $Tc \times$  Época), conforme Tabela 3, não se observaram diferenças no ordenamento dos tipos de crescimento dentro das épocas de semeadura. As plantas com crescimento determinado apresentaram-se mais tardias ao florescimento, seguidas dos tipos indeterminado e semideterminado (Tabela 5). Analisando-se a Figura 3 observa-se que a variável número de dias para florescimento apresentou comportamento crescente à medida que se atrasou a época de semeadura, em todos os tipos de crescimento. Entretanto, a diferença entre o tipo determinado e os outros tipos, na terceira época de semeadura, parece ser menor do que a observada na primeira época, caracterizando uma interação simples.

O comportamento crescente da variável número de dias para florescimento, com o atraso da época de semeadura (Figura 3), não era esperado. A expectativa era de que o número de dias para a floração acompanhasse o fotoperíodo, ou seja, menor número de horas de luz, decorrente de atraso na semeadura, levasse ao florescimento mais precoce. Assim, na terceira época de semeadura as plantas floresceriam mais rapidamente do que na primeira e segunda épocas, as quais tiveram maior fotoperíodo e tempo para o florescimento. Possivelmente, neste estudo, outros fatores ambientais sobrepujaram os efeitos do fotoperíodo na indução à floração. Na Figura 1 observa-se que o índice pluviométrico próximo ao início do florescimento apresentou-se menor nas duas primeiras épocas do que na terceira época, o que pode ter induzido ao florescimento precoce.



**Figura 3.** Regressão do efeito de época de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), em cada tipo de crescimento determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), para a variável número de dias para florescimento (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Rodrigues et al. (2001) e Oliveira (2010) também estudaram o efeito da época de semeadura em soja. Observaram que o fotoperíodo exerceu o principal efeito na duração do ciclo vegetativo. Em condições de plantios antecipados ou tardios, sob menores fotoperíodos, observaram redução no ciclo vegetativo, diferentemente do observado no presente estudo. Meotti et al. (2012) também observaram florescimento precoce em semeaduras tardias, e o atribuíram à menor quantidade de radiação solar, às temperaturas mais amenas e à luminosidade insuficiente nessas condições.

**Tabela 5.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento (Tc) em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), dentro de épocas de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), concernente ao caráter número de dias para florescimento (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

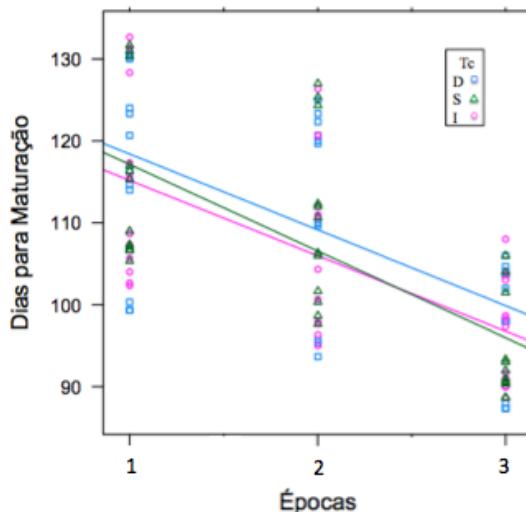
Tc	Época 1	Época 2	Época 3
D	40 a	43 a	44 a
S	32 c	36 c	37 c
I	35 b	38 b	40 b

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O caráter número de dias para maturação apresentou interação complexa entre tipo de crescimento e época de semeadura (Figura 4). Nas três épocas avaliadas as plantas do crescimento determinado apresentaram-se mais tardias na maturação que as de outros tipos (Tabela 6). Na primeira época os tipos de crescimento semideterminado e indeterminado não diferiram entre si ( $p>0,05$ ). Na segunda, o tipo semideterminado foi mais tardio que o indeterminado, e na terceira época houve inversão. Kilgore-Norquest & Sneller (2000) compararam linhagens com crescimentos determinado e indeterminado, em dois locais e dois anos, no sul dos Estados Unidos. Observaram, diferentemente do presente estudo, menor ciclo no tipo determinado. Foley et al. (1986) compararam linhagens com crescimentos determinado e indeterminado no norte dos Estados Unidos, tendo observado ciclo mais precoce (três dias) em plantas de crescimento determinado, em relação às de crescimento indeterminado.

Esperava-se que a variável número de dias para a maturação não apresentasse diferença significativa entre os tipos de crescimento; pois, na escolha das cultivares de cada tipo, buscou-se representar os mesmos ciclos em todos os tipos. Entretanto, dado o elevado poder estatístico alcançado pelo teste de médias, associado ao baixo coeficiente de variação nas análises desta variável (Tabela 3), foram detectadas diferenças significativas em intervalos muito pequenos, por exemplo, de apenas dois dias (Tabela 6).

Na Figura 4 observa-se que o atraso da semeadura ocasionou encurtamento do ciclo total da planta, em todos os tipos de crescimento. O menor número de dias para maturação associado às épocas mais tardias, sobretudo na terceira época, deve-se, portanto, à redução do fotoperíodo e à alta severidade de ferrugem asiática ocorrida nessa época. Meotti et al. (2012) também observaram redução do ciclo de plantas de soja com o atraso da semeadura. Cruz et al. (2010) reportam apenas tendência desse efeito, pois, em suas avaliações, a última época não apresentou o menor ciclo. Então, atribuíram o fato à ocorrência de precipitação pluvial próximo à maturação (mês de abril, no oeste da Bahia).



**Figura 4.** Regressão do efeito de época de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), em cada tipo de crescimento, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), para a variável número de dias para maturação (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

A variável altura na floração apresentou interação simples entre tipo de crescimento e época de semeadura (Figura 5). Em todas as épocas, plantas com tipo de crescimento determinado apresentaram maior altura na floração que as de outros tipos (Tabela 7). Tal fato deve-se ao florescimento mais tardio daquelas de crescimento determinado, em relação aos outros tipos, e à menor porcentagem de crescimento após a floração. Assim, para uma melhor resposta produtiva estas plantas necessitam alcançar maior altura na floração. Na primeira época não houve diferença de altura entre plantas de crescimento semideterminado e indeterminado, e estas foram mais baixas que as de crescimento determinado. Já nas outras épocas o tipo de crescimento indeterminado resultou em maior altura na floração do que o tipo semideterminado.

**Tabela 6.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento (Tc) em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), dentro de épocas de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), concernente ao caráter número de dias para maturação (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Tc	Época 1	Época 2	Época 3
D	117 a	112 a	98 a
S	115 b	110 b	94 c
I	114 b	108 c	96 b

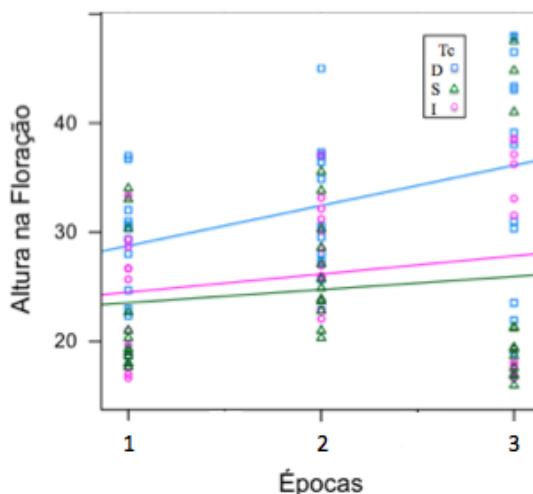
<sup>1</sup> Médias seguidas de letras comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Analizando-se o efeito da época de semeadura, observa-se que, na primeira época, a altura de planta na floração foi menor do que nas outras épocas, provavelmente pelo florescimento precoce não esperado na primeira época, induzido pelo baixo índice pluviométrico (Figura 5). No tipo de crescimento determinado, o atraso da semeadura levou à floração com maior altura de planta, o que corrobora o efeito de época sobre a variável número de dias para floração, que resultou também em floração mais tardia. Nos tipos semideterminado e indeterminado, observou-se a mesma tendência, porém, menos acentuada.

Cruz et al. (2010) e Komori (2004), avaliando o efeito de época semeadura na Bahia e Minas Gerais, respectivamente, também observaram menor altura de planta nos plantios tardios. Oliveira (2010) observou maior altura de planta na semeadura de novembro (época normal), tendo atribuído isto ao maior fotoperíodo nesta época. Meotti et al. (2012) avaliaram o efeito de quatro épocas de semeadura, em Santa Catarina, e relataram menor estatura de plantas nos plantios mais tardios, de meados de dezembro e janeiro, diferentemente do observado no presente estudo.

A altura de inserção da primeira vagem apresentou interação significativa entre tipo de crescimento e época de semeadura (Figura 6). Note-se que plantas de crescimento determinado têm maior resposta na altura de inserção de vagem com o atraso na semeadura do que os outros tipos. Na primeira e segunda épocas não houve diferença da altura de inserção de vagem entre os tipos determinado e indeterminado, sendo elas superiores à do tipo semideterminado (Tabela 8). Já na terceira época, as plantas de crescimento determinado apresentaram maior altura de inserção da primeira vagem, seguidas daquelas com tipo indeterminado e, posteriormente, das de tipo semideterminado. Ablett et al. (1989), nos Estados Unidos, compararam linhagens indeterminadas e determinadas. Porém, diferentemente do observado no presente estudo, em que o tipo determinado não

diferiu ou apresentou maior altura de inserção da primeira vagem que o tipo indeterminado, esses autores observaram maior média do caráter em plantas com tipo de crescimento indeterminado. A maior altura de inserção da primeira vagem encontrada neste estudo, no tipo de crescimento determinado, pode ser causado pela própria seleção, no cerrado brasileiro; região de menor latitude, de cultivares com tipo de crescimento determinado com altura de inserção da primeira vagem adequada as condições de plantio direto e colheita mecanizada, garantindo assim, produtividade.



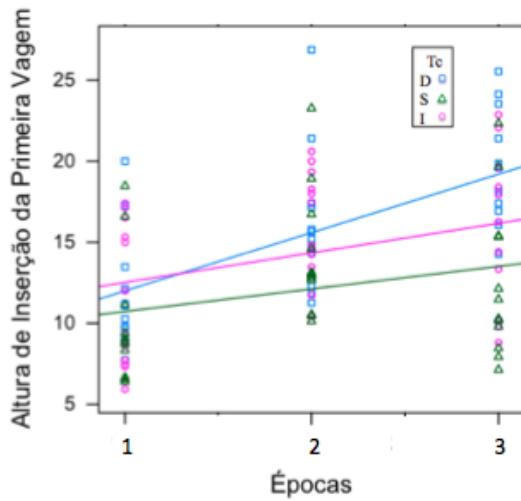
**Figura 5.** Regressão do efeito de época de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), em cada tipo de crescimento, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), para a variável altura de planta na floração (cm) (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

**Tabela 7.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento (Tc) em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), dentro de épocas de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), relativamente ao caráter altura de planta na floração (cm) (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Tc	Época 1	Época 2	Época 3
D	28,64 a	32,63 a	35,98 a
S	22,67 b	26,46 c	25,06 c
I	23,42 b	28,29 b	26,73 b

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 6 observa-se maior inserção da primeira vagem com o atraso da semeadura, em todos tipos de crescimento, sobretudo no tipo determinado. Já Rosolem et al. (1983) não observaram diferença na altura de inserção da primeira vagem entre as plantas semeadas em novembro e dezembro.



**Figura 6.** Regressão do efeito de época de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), em cada tipo de crescimento determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), para a variável altura de inserção da primeira vagem (cm) (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

A variável porcentagem de crescimento após a floração revelou interação entre tipo de crescimento e época de semeadura (Figura 7). O atraso da época de semeadura tende a não apresentar efeito na porcentagem de crescimento após a floração, nas plantas com tipo de crescimento determinado; já nos outros tipos esse atraso tende a reduzir a porcentagem de crescimento após a floração. Isto pode ser decorrente do menor fotoperíodo nos plantios tardios.

**Tabela 8.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento (Tc) em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), dentro de épocas de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), para altura de inserção da primeira vagem (cm) (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

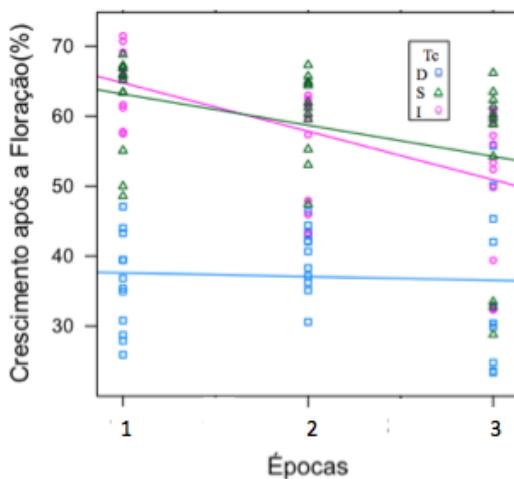
Tc	Época 1	Época 2	Época 3
D	11,71 a	16,17 a	18,92 a
S	09,73 b	14,10 b	12,51 c
I	11,65 a	16,08 a	15,15 b

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Na primeira época, a maior média dessa variável é do tipo de crescimento indeterminado, já na terceira época é a do tipo semideterminado (Tabela 9). Na comparação de médias, esses tipos não apresentaram diferença significativa ( $p>0,05$ ). Na primeira e terceira épocas de semeadura as plantas de crescimento indeterminado e semideterminado apresentaram maior média, em relação as de crescimento determinado. Na segunda época, as plantas do tipo semideterminado cresceram mais após o florescimento, seguidas das indeterminadas e determinadas, respectivamente. Esperava-se

que o tipo indeterminado apresentasse maior porcentual de crescimento após a floração, o que não ocorreu. Este fato pode não ter sido observado apenas por efeito de escala, pois este caráter considera a diferença da altura de planta entre a floração e a maturação, em relação à altura de planta na maturação. Analisando-se, porém, a média do crescimento da haste após a floração (Tabela 10), observa-se que as plantas do tipo indeterminado cresceram, após a floração, significativamente mais que as semideterminadas e determinadas, o que corrobora a expectativa inicial.

Sediyama et al. (2009) descrevem o tipo de crescimento com base na porcentagem de crescimento após a floração como: plantas determinadas podem crescer aproximadamente 10% a 13% de sua altura após o florescimento; semideterminadas crescem 30% de sua altura após a floração; e indeterminadas crescem cerca de 50%. Como comentado anteriormente, no presente trabalho isto se confirmou apenas parcialmente; pois, as plantas de crescimento determinado cresceram proporcionalmente menos do que as de outros tipos. Ademais, todos os tipos, após o florescimento, cresceram porcentagens maiores do que os valores reportados na literatura. Plantas com tipo de crescimento determinado, em média, cresceram quase 40% após a floração, e os outros dois tipos, quase 60% de sua altura final após o florescimento.



**Figura 7.** Regressão do efeito de época de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), em cada tipo de crescimento determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), para a variável porcentagem de crescimento após a floração (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

A altura na maturação e o número de nós na haste principal apresentaram comportamento similar quanto à interação entre tipo de crescimento e época de semeadura. Na Figura 8, relativa ao segundo caráter, observa-se que com o atraso da semeadura, houve redução do número médio de nós na haste principal nos tipos de crescimento

indeterminado e semideterminado; porém, efeito contrário no tipo determinado (interação predominantemente simples, com poucas inversões de posição), o que também ocorreu com a altura na maturação. Nos dois primeiros tipos, isso provavelmente se deve à menor porcentagem de crescimento após a floração, ocorrida com o atraso da semeadura; e como as plantas desses tipos crescem mais após o florescimento, consequentemente apresentam menor altura na maturação e número de nós (Tabelas 11 e 12). Tal como ocorreu no presente estudo com as plantas de crescimento indeterminado e semideterminado, Stulp et al. (2009) observaram menor altura de planta nos plantios mais tardios. O comportamento distinto no tipo de crescimento determinado deve-se ao mesmo efeito da época de semeadura sobre a altura na floração; e, como estas plantas crescem principalmente antes da floração, resultaram em maiores altura na maturação e número de nós, com o atraso da semeadura.

**Tabela 9.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento (Tc) em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), dentro de épocas de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), para porcentagem de crescimento após a floração (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Tc	Época 1	Época 2	Época 3
D	36,16 b	39,97 c	35,09 b
S	62,28 a	60,49 a	53,38 a
I	64,97 a	57,44 b	52,82 a

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey com nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 10.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), para crescimento da haste principal após a floração (Caf), em centímetros (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Tc	Caf
D	19,51 c
S	35,15 b
I	38,16 a

<sup>1</sup> Médias seguidas de letra comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Analizando-se as médias desses caracteres (Tabela 11 e 12), tal como esperado, na primeira época de semeadura as plantas do tipo determinado apresentaram menores médias, seguidas dos tipos semideterminado e indeterminado, respectivamente. Na segunda época, os tipos semideterminado e indeterminado não diferiram entre si; mas, suas plantas apresentaram maiores altura na maturação e número de nós na haste principal que as plantas determinadas. E na terceira época, a altura na maturação das plantas de crescimento indeterminado não diferiu daquela dos outros tipos, mas as plantas do tipo

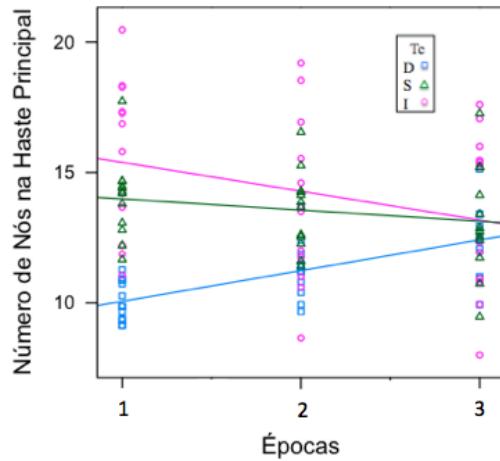
determinado apresentaram maior altura que as semideterminadas (Tabela 11). Já o número de nós na haste principal, nesta época, não diferiu entre os tipos indeterminado e semideterminado, tendo sido maior que no tipo determinado (Tabela 12).

Foley et al. (1986), Ablett et al. (1989) e Perini et al. (2012) também observaram maior altura de planta na maturação em plantas de crescimento indeterminado, relativamente ao tipo determinado; o que corrobora as observações do presente estudo. Ademais, tal como se constatou na primeira época desta pesquisa, Hartung et al. (1981) observaram menor número de nós e altura nas plantas de crescimento semideterminado, em relação às de crescimento indeterminado. Observaram, ainda, menores alturas e número de nós nas plantas de crescimento determinado; o que também confirma os resultados aqui obtidos.

Kilgore-Norquest & Sneller (2000) compararam linhagens de crescimento determinado e indeterminado, em dois locais, por dois anos, no sul dos Estados Unidos. E, assim como se observou nas primeiras épocas do presente estudo, constataram menor altura em plantas de crescimento determinado. Estudo semelhante foi desenvolvido por Wilcox & Frankenberger (1987), em várias épocas de semeadura, por três anos no norte do mesmo país, tendo resultado nas mesmas conclusões.

Com respeito ao tipo de resposta, conforme já mencionado, nas plantas de crescimento indeterminado observou-se que o atraso da semeadura levou à menor altura e menor número de nós. Já nas plantas de crescimento determinado, isto implicou, ou em maior altura, ou nenhuma alteração significativa nos dois caracteres (Figura 8) Weaver et al. (1991) também observaram maior redução de altura com o atraso da semeadura em plantas do tipo indeterminado, relativamente a plantas do determinado; mas, em todas as condições, as plantas indeterminadas apresentaram maior altura e número de nós, assim como no presente estudo.

O caráter número de ramificações na haste principal apresentou interação simples entre tipo de crescimento e época de semeadura (Figura 9). Observa-se nitidamente maior efeito de época nas plantas de crescimento determinado, nas quais o atraso na semeadura reduz o número de ramificações da planta. Hinson & Hanson (1962), citados por Rosolem et al. (1983), explicam o menor número de ramificações com o atraso da semeadura pela redução do fotoperíodo, pois este diminui a atividade da gema apical, a qual regula a atividade das gemas auxiliares, produzindo as ramificações. Já os outros tipos tendem a não apresentar esse efeito, principalmente no tipo semideterminado.



**Figura 8.** Regressão do efeito de época de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), em cada tipo de crescimento, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), do caractere número de nós na haste principal (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

**Tabela 11.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento (Tc) em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), dentro de épocas de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), para a altura na maturação (cm) (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Tc	Época 1	Época 2	Época 3
D	45,81 c	54,63 b	55,33 a
S	59,85 b	67,81 a	51,97 b
I	67,99 a	68,79 a	54,92 ab

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

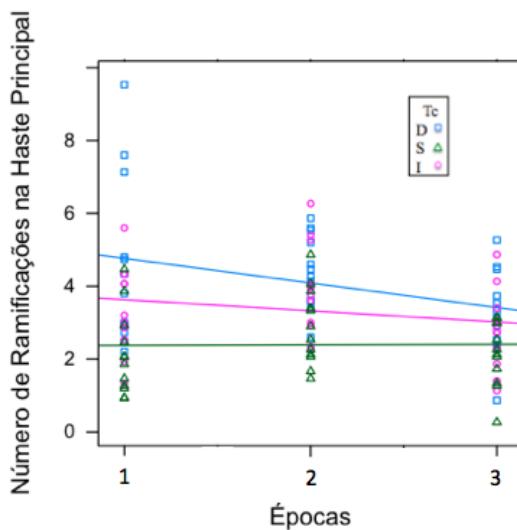
**Tabela 12.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento (Tc) em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), dentro de épocas de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), para o caractere número de nós na haste principal (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Tc	Época 1	Época 2	Época 3
D	10,04 c	11,28 b	12,39 b
S	13,99 b	13,54 a	13,14 a
I	15,61 a	13,83 a	13,22 a

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Em todas as épocas de semeadura, as plantas com crescimento determinado apresentaram mais ramificações na haste principal, como esperado, do que plantas indeterminadas e, posteriormente, as semideterminadas (Tabela 13). A expectativa do tipo semideterminado apresentar fenótipo intermediário aos outros tipos de crescimento não foi observada para o número de ramificações. Tal fato só foi observado para altura de planta na maturação e número de nós na haste principal, quando semeadas na primeira época.

Esses resultados ressaltam a importância do estudo do tipo de crescimento semideterminado, que começou a ser melhor empregado recentemente.



**Figura 9.** Regressão do efeito de época de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), em cada tipo de crescimento determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), para a variável número de ramificações na haste principal (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

**Tabela 13.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento (Tc) em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), dentro de épocas de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), para o número de ramificações na haste principal (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Tc	Época 1	Época 2	Época 3
D	4,61 a	4,41 a	3,26 a
S	2,13 c	2,88 c	2,16 c
I	3,34 b	3,90 b	2,70 b

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O número de vagens, seja por nó ou por planta, apresentou tendência de interação simples entre os fatores tipo de crescimento e época de semeadura (Tabelas 14 e 15). Na Figura 10 ilustra essa tendência para o caráter número de vagens por nó. Com o atraso de semeadura ocorre redução dessa variável, o que é mais pronunciado no tipo semideterminado. O número de vagens por planta também foi reduzido com o atraso da semeadura, fato que, provavelmente, ocorreu devido à maior pressão de ferrugem asiática incidente nos plantios tardios, com reflexo prejudicial no desenvolvimento de grãos. Stulp et al. (2009), diferentemente deste trabalho, observaram menor número de vagens por planta em semeadura antecipadas. Tal fato pode ser atribuído a diferença fotoperiódica nas épocas de semeadura entre os dois estudos. Stulp et al. (2009) analisaram épocas de

semeadura mais precoces, a primeira época estudada por esses autores trata-se de meados de setembro e a última, meados de novembro. Assim, observaram menor fotoperíodo apenas nas primeiras semeaduras, e não nas semeaduras tardias, como neste estudo.

Em todas as épocas de semeadura, o tipo semideterminado apresentou mais vagens por nó do que os outros tipos, os quais não diferenciaram entre si (Tabela 14). Essa resposta pode decorrer da própria seleção praticada pelos melhoristas no tipo semideterminado, buscando-se plantas com mais vagens por nó. Já a variável número de vagens por planta tendeu a não manifestar diferença entre os tipos de crescimento (Tabela 15). Na primeira época, o tipo determinado resultou em menos vagens por planta que os outros tipos, possivelmente por ter apresentado menor número de nós na haste principal. Na segunda época, o crescimento semideterminado apresentou mais vagens do que o indeterminado, e o tipo determinado, de comportamento intermediário, não se diferenciou de ambas. Já na terceira época não houve diferenciação entre os tipos de crescimento, quanto ao número de vagens por planta, embora as médias da variável foram muito baixas. Ademais, tal como em número de vagens por nó, o tipo semideterminado, em todas as épocas, apresentou as maiores médias de vagens por planta, embora, em algumas épocas, não se diferenciou de outro tipo.

**Tabela 14.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento (Tc) em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), dentro de épocas de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), para número de vagens por nó (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Tc	Época 1	Época 2	Época 3
D	2,39 b	2,32 b	1,88 b
S	2,88 a	2,53 a	2,12 a
I	2,46 b	2,15 b	1,84 b

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

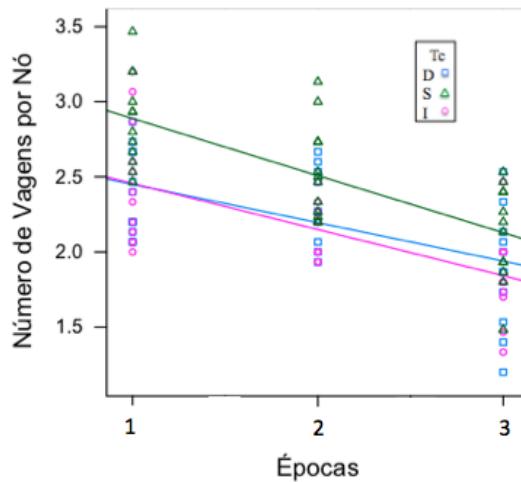
O número de grãos por planta também apresentou interação simples entre tipo de crescimento e época de semeadura. Na primeira época, o tipo determinado resultou em maior número de grãos por planta do que os outros tipos de crescimento (Tabela 16). Isto, provavelmente, deve-se ao maior número de ramificações. Na segunda e terceira épocas não houve diferença entre os tipos de crescimento. Tal fato pode ser explicado pelo maior efeito da época de semeadura sobre o tipo determinado, pois a redução do número de ramificações e do número de vagens por planta nesse tipo foi maior que nos outros. Em geral, o atraso da semeadura resultou em menor número de grãos por planta, possivelmente

pelo menor fotoperíodo, encurtamento do ciclo total da planta e maior incidência de doenças. Perini et al. (2012), em estudo com apenas uma época, também não encontraram diferenças nos componentes de produção entre cultivares de crescimento determinado e indeterminado.

**Tabela 15.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento (Tc) em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), dentro de épocas de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), para número de vagens por planta (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Tc	Época 1	Época 2	Época 3
D	43,58 b	43,58 ab	25,34 a
S	52,59 a	46,19 a	29,32 a
I	51,11 a	38,64 b	24,47 a

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.



**Figura 10.** Regressão do efeito de época de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), em cada tipo de crescimento determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), para a variável número vagens por planta (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

**Tabela 16.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento (Tc) em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), dentro de épocas de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), para número de grãos por planta (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Tc	Época 1	Época 2	Época 3
D	129,14 a	83,53 a	39,51 a
S	101,94 b	95,73 a	42,66 a
I	113,01 b	83,32 a	41,24 a

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O peso de cem grãos também apresentou interação entre tipo de crescimento e época de semeadura. Nas plantas com tipo de crescimento determinado e indeterminado

não se diferenciou na primeira e terceira épocas, embora suas médias foram maiores que no tipo semideterminado (Tabela 17). Na semeadura de novembro (segunda época), o tipo indeterminado resultou em maior peso de cem grãos, seguido do tipo determinado e, posteriormente, do semideterminado. Como observado, o tipo semideterminado resultou menores médias de peso de cem grãos do que os outros tipos de crescimento, em todas as épocas de semeadura. Ao analisar esta resposta juntamente com os resultados do número de vagens, em que o tipo semideterminado resultou em maiores médias, observa-se a compensação da produção de soja, pelos componentes de produção. A capacidade de compensação de soja foi observada por muitos autores, principalmente para o efeito de densidade de plantas (Tourino et al. 2002; Embrapa Soja 2011). Ademais, o atraso na semeadura levou à redução do peso médio de cem grãos em todos os tipos de crescimento. Novamente isto deve ter sido ocasionado pelo efeito do menor fotoperíodo, além do encurtamento do ciclo total da planta e da maior incidência de doenças nos plantios mais tardios.

**Tabela 17.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento (Tc) em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), dentro de épocas de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), para peso de cem grãos (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Tc	Época 1	Época 2	Época 3
D	13,72 a	10,23 b	8,14 a
S	12,53 b	9,65 c	7,7 b
I	13,47 a	10,84 a	8,24 a

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Ablett et al. (1989) e Wilcox & Frankenberger (1987) estudaram linhagens de crescimento indeterminado e determinado no norte dos Estados Unidos. Os primeiros autores observaram, na maioria das condições, maior produtividade nas plantas do tipo indeterminado, que é o tipo comumente semeado na região. Os outros autores observaram, no tipo indeterminado, maiores produtividades em semeaduras antecipadas, e no tipo determinado em semeadura tardia. No sul dos Estados Unidos, Weaver et al. (1991), Starling et al. (1998) e Kilgore-Norquest & Sneller (2000) compararam cultivares com crescimento determinado e indeterminado. Os primeiros autores observaram maior produtividade em cultivares do tipo determinado, mas em semeaduras tardias não observaram diferença de produtividade entre os tipos de crescimento, sendo que as plantas indeterminadas apresentaram menor redução de produtividade com o atraso da semeadura. Starling et al. (1998), além de efeito de tipo de crescimento estudaram o efeito de adubação

nitrogenada. Assim em semeadura tardia, observou maior produtividade em plantas com crescimento indeterminado com adubação nitrogenada no plantio. Kilgore-Norquest & Sneller (2000) observaram tendência de plantas com crescimento determinado produzirem mais em plantios antecipados sob irrigação, mas, constataram que as indeterminadas poderiam apresentar vantagem de produtividade em ambientes de potencial limitado. Assim houveram divergências nas respostas de produtividade entre os tipos de crescimento. Observa-se também que os fatores ambientais, local e época de semeadura, presença de irrigação ou adubação, influenciaram esses resultados.

No presente estudo, a produtividade de grãos nas plantas de crescimento determinado apresentou-se menor, em relação aos outros tipos, apenas na semeadura de novembro (Tabela 18). Plantas semeadas nessa época passaram pelo período de enchimento de grãos sob menor índice pluviométrico (Figura 1). Portanto, sob tais condições, é possível que o tipo determinado de crescimento afete mais fortemente o potencial produtivo das plantas do que os outros tipos. Nas outras épocas não houve diferença significativa de produtividade entre os tipos de crescimento. Hartung et al. (1981) e Folet et al. (1986), assim como na maioria das condições de semeadura no presente estudo, não observaram diferenças de produtividade entre plantas dos tipos semideterminado e indeterminado. Robinson & Wilcox (1998) também compararam linhagens de diferentes tipos de crescimento e observaram que os tipos de crescimento respondem de forma diferente a fatores ambientais que determinam a produtividade de grãos, mas, ambos os tipos podem resultar em rendimentos elevados.

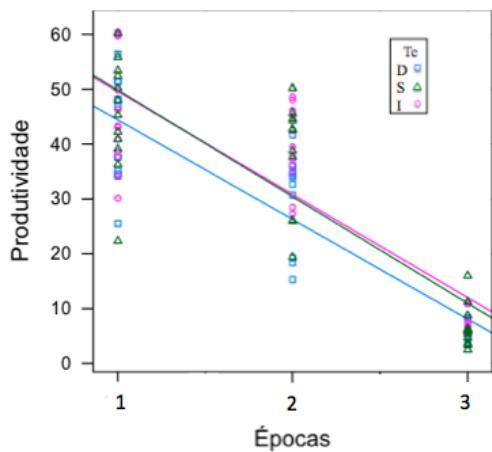
**Tabela 18.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento (Tc) em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), dentro de épocas de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), para produtividade (kg/ha) (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Tc	Época 1	Época 2	Época 3
D	2532,39 a	1837,44 b	353,24 a
S	2731,21 a	2340,61 a	399,36 a
I	2721,19 a	2357,05 a	468,47 a

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

O atraso na semeadura levou à redução da produtividade de grãos nas cultivares dos três tipos de crescimento (Figura 11). Desse modo, a significância estatística detectada para a interação “Tc x Época” (Tabela 3) não se manifesta nesta representação gráfica; pois, o efeito de época nos diferentes tipos é praticamente o mesmo, assim como os efeitos dos tipos de crescimento em cada época. Provavelmente, a redução na

produtividade também se explica devido ao menor fotoperíodo, encurtamento do ciclo total da planta e maior incidência de doenças nos plantios mais tardios. Oliveira (2010), Meotti et al. (2012), Cruz et al. (2010) e Komori et al. (2004) também observaram maiores produtividades em plantios antecipados. Barros et al. (2003) observaram menor produtividade nos plantios realizados em outubro e janeiro, em relação as outras épocas avaliadas (cinco épocas); então, atribuíram tal fato à distribuição irregular das chuvas durante o desenvolvimento das plantas, quando semeadas nestas épocas. Stulp et al. (2009) também observaram redução da produtividade com o atraso da semeadura, em um ano de estudo. No segundo ano de estudo, constataram menor produtividade na semeadura antecipada, e decréscimo de produtividade a partir da semeadura em meados de outubro. Atribuíram este decréscimo aos estresses hídricos e altas temperaturas ocorridas nessas épocas, o que reduziu a produtividade.



**Figura 11.** Regressão do efeito de época de semeadura, 02/10/13 (1), 18/11/13 (2) e 08/01/14 (3), em cada tipo de crescimento determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), para a variável produtividade de grãos (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

#### 4.1.3.1 Interação “tipo de crescimento x densidade de semeadura”

As variáveis que não apresentaram efeito significativo ( $p>0,05$ ) da interação entre tipo de crescimento e densidade de semeadura (Tabela 3) terão os efeitos principais discutidos isoladamente (Tabela 19). Analisando-se os efeitos de tipo de crescimento, observa-se menor ciclo vegetativo nas plantas semideterminadas, seguindo-se as indeterminadas e determinadas. O maior ciclo vegetativo do tipo determinado garante maior altura de planta, já que após o florescimento seu crescimento é reduzido. Já na maturação, o tipo indeterminado foi mais precoce, seguido do semideterminado e, por

último, o tipo determinado. Como já comentado, esta diferença entre os tipos de crescimento não era esperada, e pode ter ocorrido por diferenças no ciclo de cultivares que foram consideradas do mesmo grupo de maturação entre os tipos de crescimento.

O tipo de crescimento determinado apresenta maior número de ramificações na haste principal, seguido dos tipos indeterminado e semideterminado (Tabela 19). O tipo semideterminado apresentou maior número de vagens por nó e por planta que os outros tipos, os quais não diferiram entre si. O tipo indeterminado foi o que apresentou maior número de grãos por vagem; contudo, também nesse caractere não se esperava diferença significativa, assim como ocorrido com o número de grãos por planta. O tipo indeterminado apresentou maior peso de cem grãos, seguido do determinado e, posteriormente, do semideterminado. Observa-se, ainda, que cada tipo tendeu a apresentar a maior média de um dos componentes de produção. Logo, não se espera grandes diferenças de produtividade entre os tipos de crescimento, embora o tipo determinado tenha apresentado menor média que os outros.

**Tabela 19.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre os tipos de crescimento (Tc) em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), relativamente a nove caracteres morfoagronômicos<sup>2</sup> (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Tc	Dpf (dias)	Dpm (dias)	Rmf (nº)	VgNo (nº)	VgPl (nº)	GrVg (nº)	GrPl (nº)	Pcg (g)	Prod (kg/ha)									
D	42	a	109	a	4,09	a	2,19	b	37,50	b	2,45	b	84,06	a	10,70	b	1574	b
S	35	c	107	b	2,39	c	2,51	a	42,70	a	2,46	b	80,11	a	9,96	c	1824	a
I	38	b	106	c	3,33	b	2,16	b	38,46	b	2,55	a	80,28	a	10,93	a	1888	a

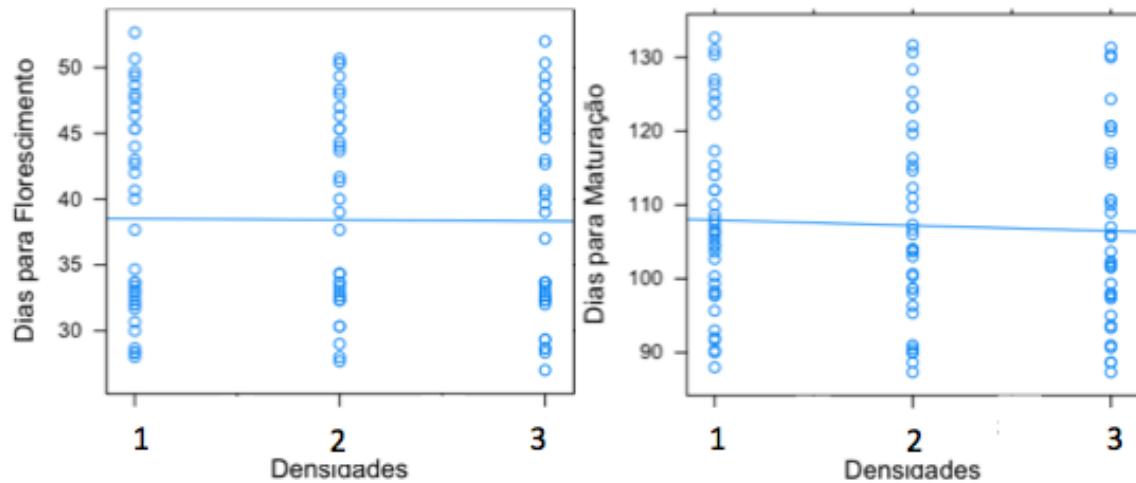
<sup>1</sup> Médias seguidas de letra comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> Dpf: número de dias para florescimento; Dpm: número de dias para maturação; Rmf: número de ramificações na haste principal; VgNo: número de vagens por nó; VgPl: número de vagens por planta; GrVg: número de grãos por vagem; GrPl: número de grãos por planta; Pcg: peso de cem grãos; Prod: produtividade.

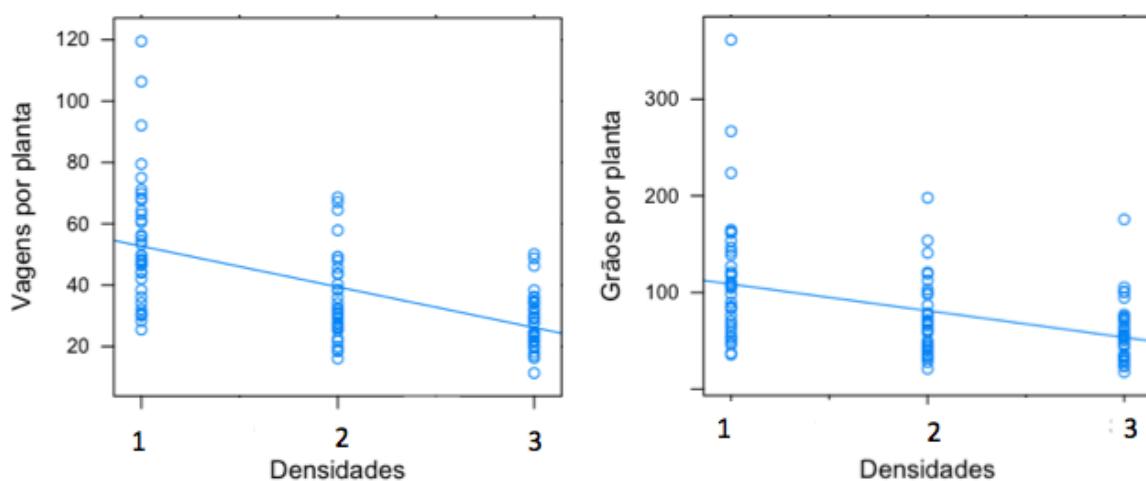
Analizando-se os efeitos principais de densidade de semeadura, observa-se que o ciclo vegetativo e total de plantas de soja permaneceram constantes com o aumento da densidade (Figura12). O número de dias para a maturação parece ligeiramente menor na alta densidade de plantas, isto pode ser ocasionado pela competição entre plantas que ocorre em altas densidades, levando assim a tendência de finalização do ciclo total da planta.

Os caracteres número de ramificações na haste principal, número de vagens por nó, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e por planta apresentaram o mesmo tipo de resposta, ou seja, o aumento da densidade de plantas levou às menores médias dessas variáveis. Isto pode ser visualizado na Figura 13, nas variáveis, número de

vagens e grãos por planta. Marchiori et al. (1999) e Rosolem et al. (1983) também constataram redução do número de ramificações nas maiores densidades de plantas. Além disso, Rosolem et al. (1983) também observaram menor número de vagens por nó e menor número de grãos por planta. Entretanto, não observaram diferença do número de grãos por vagem e da produtividade de grãos em função da densidade (Tabela 19). Costa (2013), ao estudar o efeito de densidade de plantas em soja, também observou redução do número de ramificações nas plantas, assim como do número de vagens e de grãos por planta, sob aumento da densidade.



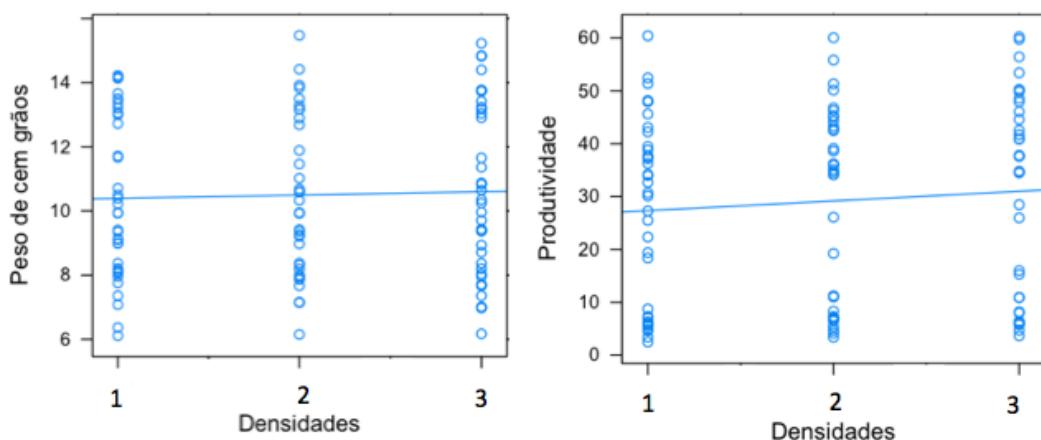
**Figura 12.** Regressão do efeito de densidade de semeadura em soja, 50% da recomendação (1), 100% da recomendação (2) e 150% da recomendação (3), relativamente ao número de dias para florescimento e maturação (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).



**Figura 13.** Regressão do efeito de densidade de semeadura em soja, 50% da recomendação (1), 100% da recomendação (2) e 150% da recomendação (3), no número de vagens e grãos por planta (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

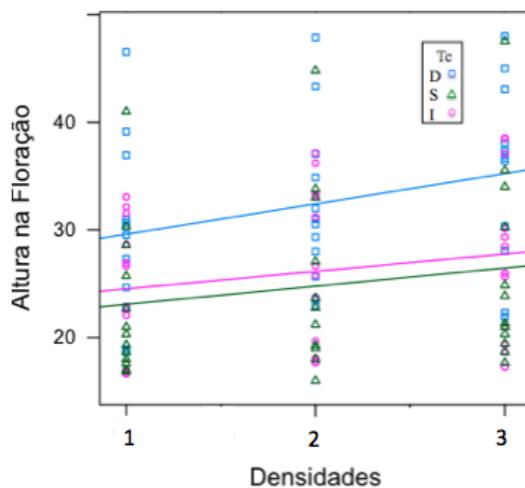
O peso de cem grãos mostrou tendência de ser maior nos plantios com maior densidade (Figura 14) . Costa (2013) também observou maior massa de cem grãos com aumento da densidade de plantas. O caráter produtividade de grãos apresentou uma tendência mais acentuada, que o peso de cem grãos, de maiores médias em maiores densidades de plantas (Figura 14). Ablett et al. (2013) avaliaram o efeito de espaçamento e densidade de plantas, no norte dos Estados Unidos. Eles também não observaram efeito da densidade de semeadura na produtividade das plantas de tipo de crescimento indeterminado. Em dois anos de estudo, também não observaram efeito da densidade na produtividade das plantas de crescimento tipo semideterminado; mas, em um ano, o aumento da densidade levou à menores produtividades. No tipo determinado de crescimentos, esses autores observaram maior produtividade em plantios sob densidade intermediária. Komori et al. (2004), observando plantas de soja em geral, também não observaram efeito de população no rendimento de grãos. Estas divergências de resultados, do efeito de densidade de semeadura na produtividade de grãos, indicam que outros fatores influenciam nesta resposta.

As variáveis, altura na floração, altura de inserção da primeira vagem, altura na maturação, número de nós na haste principal e porcentagem de crescimento após a floração apresentaram interação significativa ( $p>0,05$ ) entre tipo de crescimento x densidade de semeadura. As diferenças entre os tipos de crescimento, para cada densidade de semeadura, foram, então, analisadas via comparação de médias (teste Tukey, em nível de significância de 5% de probabilidade). Já as diferenças de densidade dentro de cada tipo de crescimento foram analisadas via regressão.



**Figura 14.** Regressão do efeito de densidade de semeadura em soja, 50% da recomendação (1), 100% da recomendação (2) e 150% da recomendação (3), para os caracteres peso de cem grãos e produtividade de grãos (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

A altura na floração apresentou interação simples entre tipo de crescimento e densidade de semeadura (Figura 15). O aumento da densidade levou também ao aumento da altura de planta na floração, principalmente no tipo determinado. Nos tipos semideterminado e indeterminado, observa-se tendência de maior altura em plantios com maior densidade; entretanto, menos acentuada que no tipo determinado. Assim como no presente trabalho, Martins et al. (1999), Tourino et al. (2002) e Costa (2013) observaram maiores alturas de planta em semeadura com maiores densidades. A maior altura de planta observada em semeadura com alta densidade é provavelmente resultante da competição entre plantas, neste caso, por luz.



**Figura 15.** Regressão do efeito de densidade de semeadura, 50% da recomendação (1), 100% da recomendação (2) e 150% da recomendação (3), em cada tipo de crescimento, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), para a variável altura na floração (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

O tipo determinado apresentou maior altura na floração, em todas as densidades avaliadas (Tabela 20). Reitera-se que a maior altura na floração, entre os tipos de crescimento, ocorre no tipo determinado devido ao menor crescimento de plantas desse tipo, após o florescimento. Nas densidades baixa e alta não houve diferença significativa da altura de planta na floração entre os tipos de crescimento indeterminado e semideterminado, os quais resultam em médias menores em relação a plantas determinadas. Na densidade adequada o tipo determinado apresentou maior altura na floração, seguido do indeterminado e, posteriormente, do semideterminado.

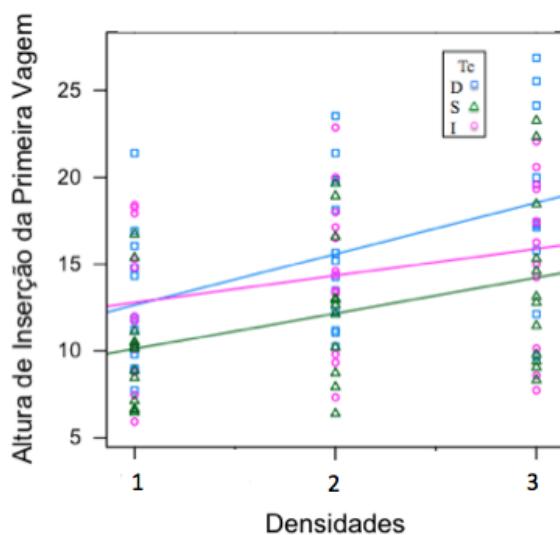
O caráter altura de inserção da primeira vagem também apresentou interação com tendência simples entre tipo de crescimento e densidade de semeadura (Figura 16). O aumento da densidade levou a maiores alturas de inserção da primeira vagem, porém, no

tipo indeterminado houve menor resposta a este efeito. Costa (2013) também observaram maiores alturas de inserção da primeira vagem com o aumento da densidade de plantas. Já Rosolem et al. (1983) não constataram diferenças na altura de inserção da primeira vagem com o aumento da densidade de plantas.

**Tabela 20.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), dentro de densidades de semeadura, 50% da recomendação (1), 100% da recomendação (2) e 150% da recomendação (3), para a variável altura de planta na floração (cm) (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Tc	Dens 1	Dens 2	Dens 3
D	29,72 a	32,18 a	35,35 a
S	23,15 b	24,83 c	26,21 b
I	24,25 b	26,70 b	27,49 b

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.



**Figura 16.** Regressão do efeito de densidade de semeadura, 50% da recomendação (1), 100% da recomendação (2) e 150% da recomendação (3) em cada tipo de crescimento determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), para a variável altura de inserção da primeira vagem (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

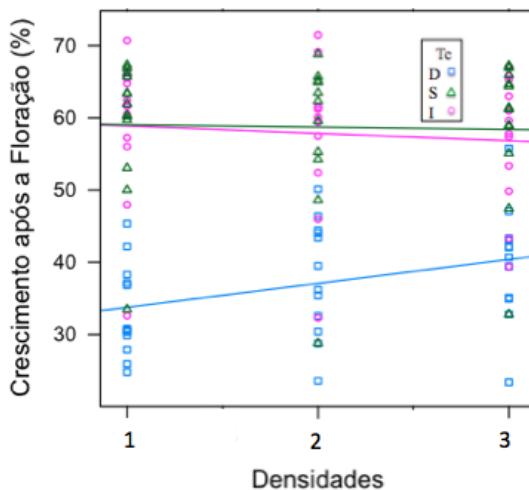
Nas densidades baixa e adequada, as plantas com crescimento determinado e indeterminado não diferenciaram entre si, apresentando maior inserção da primeira vagem em relação às de crescimento semideterminado. Na densidade alta, o tipo determinado apresentou maior altura de inserção da primeira vagem, seguido dos tipos indeterminado e semideterminado, respectivamente.

**Tabela 21.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), dentro de densidades de semeadura, 50% da recomendação (1), 100% da recomendação (2) e 150% da recomendação (3), para o caráter altura de inserção da primeira vagem (cm) (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Tc	Dens 1	Dens 2	Dens 3
D	12,68 a	15,53 a	18,58 a
S	10,20 b	12,14 b	14,00 c
I	12,26 a	14,74 a	15,71 b

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

A porcentagem de crescimento após a floração também revelou interação simples de tipo de crescimento com época de semeadura. Na Figura 17 observa-se que o aumento da densidade de plantas, no tipo determinado, aumenta a porcentagem de crescimento após a floração. Já nos outros tipos, semideterminado e indeterminado, a densidade de plantas parece não afetar a porcentagem de crescimento após a floração. Em todas as densidades, as plantas com crescimento indeterminado e semideterminado não diferem entre si ( $p>0,05$ ) na variável porcentagem de crescimento após a floração; mas, apresentam maior crescimento que as plantas do tipo determinado (Tabela 22).



**Figura 17.** Regressão do efeito da densidade de semeadura, 50% da recomendação (1), 100% da recomendação (2) e 150% da recomendação (3), em cada tipo de crescimento, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), para a variável porcentagem de crescimento após a floração (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

A altura de plantas na maturação apresentou tipicamente interação simples de tipo de crescimento com densidade de plantas; isto, é respostas genotípicas sem qualquer inversão de posicionamento (Figura 18). Assim como a altura na floração, o caráter revelou efeito mais pronunciado da densidade de plantas no tipo de crescimento

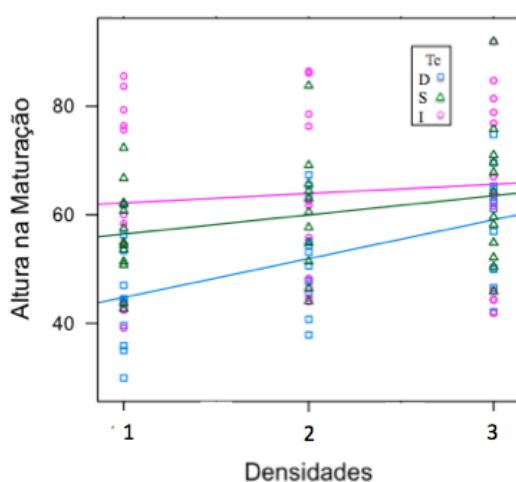
determinado. Neste tipo, o aumento da densidade levou à maior altura de plantas. No tipo semideterminado também houve essa tendência, entretanto, menos acentuada. Já o tipo indeterminado praticamente não respondeu, em altura de planta, à variação na densidade de semeadura. Rosolem et al. (1983) e Marchiori et al. (1999) também observaram maior altura de plantas de soja em semeadura sob maior densidade.

O número de nós na haste principal também apresentou interação simples entre tipo de crescimento e densidade de plantas (Figura 19). O aumento da densidade levou à redução do número de nós, sendo menos acentuada no tipo determinado, que apresentou menor número de nós. A resposta foi mais acentuada no tipo de crescimento indeterminado, que apresentou maior número de nós em todas as densidades. Em geral, observa-se, em cada tipo de crescimento, que na densidade alta, as plantas apresentaram maior altura (Figura 18) e menor número de nós na haste principal (Figura 19). Portanto, em todos os tipos, na alta densidade de plantas ocorre maior comprimento de entrenó.

**Tabela 22.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), dentro de densidades de semeadura, 50% da recomendação (1), 100% da recomendação (2) e 150% da recomendação (3), para a variável porcentagem de crescimento após a floração (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

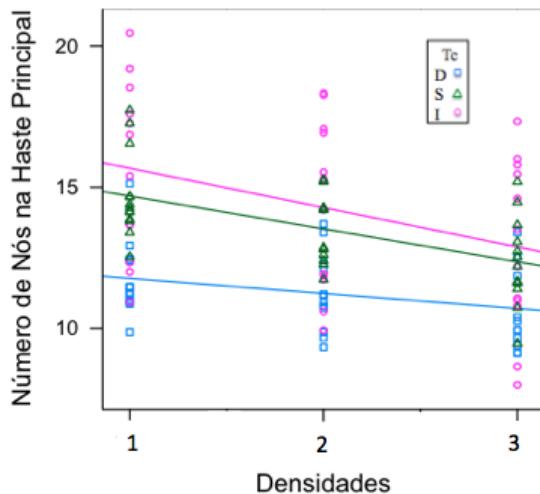
Tc	Dens 1	Dens 2	Dens 3
D	33,34 b	37,90 b	39,97 b
S	59,03 a	58,36 a	58,75 a
I	60,52 a	58,39 a	56,90 a

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.



**Figura 18.** Regressão do efeito de densidade de semeadura, 50% da recomendação (1), 100% da recomendação (2) e 150% da recomendação (3), em cada tipo de crescimento, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), para a variável altura de planta na maturação (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

As plantas de crescimento indeterminado tendem a apresentar maior altura na maturação e maior número de nós na haste principal, seguidas daquelas de crescimento semideterminado e, depois, das de crescimento determinado (Tabelas 23 e 24). Este resultado é concordante com a descrição de Sedyama (2009), plantas indeterminadas possuem maior altura e determinadas menor altura. Entretanto, na densidade mais alta não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) nas médias desses caracteres, entre plantas indeterminadas e semideterminadas, as quais superaram as respectivas médias das plantas de crescimento determinado.



**Figura 19.** Regressão do efeito de densidade de semeadura, 50% da recomendação (1), 100% da recomendação (2) e 150% da recomendação (3), em cada tipo de crescimento, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), para a variável número de nós na haste principal (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

**Tabela 23.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), dentro de densidades de semeadura, 50% da recomendação (1), 100% da recomendação (2) e 150% da recomendação (3), para altura na maturação (cm) (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Tc	Dens 1	Dens 2	Dens 3
D	44,54 c	52,39 c	58,84 b
S	56,62 b	59,55 b	63,46 a
I	62,18 a	65,01 a	65,21 a

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

De modo geral, no tipo de crescimento determinado observam-se, com o aumento da densidade de semeadura, maiores médias em altura de planta na floração, altura de inserção da primeira vagem, porcentagem de crescimento após a floração e altura

de planta na maturação, relativamente aos outros tipos (Figuras 15, 16, 17 e 18). Como as plantas desse tipo crescem principalmente antes da floração, a competição inicial por luz altera a resposta da altura da planta na floração e esse padrão tende a permanecer até a maturação. Sob aumento da densidade de semeadura, as plantas de crescimento semideterminado também compartilham as maiores médias em altura na floração e altura de inserção da primeira vagem (Figuras 15 e 16). Já a porcentagem de crescimento após a floração, nesse tipo, não apresenta resposta em função da densidade de semeadura (Figura 17). Assim, a altura na maturação de plantas semideterminadas apresenta-se levemente maior em semeaduras com alta densidade de plantas (Figura 18). Já as plantas do tipo indeterminado manifestam menor efeito da densidade de plantas em caracteres relacionados ao crescimento. Nota-se que o aumento da densidade elevou a média dos caracteres altura de planta na floração e altura de inserção da primeira vagem (Figuras 15 e 16). Mas, a porcentagem de crescimento após a floração não acompanhou esse efeito, tendendo a não apresentar resposta à densidade de plantas (Figura 17). Como tais plantas crescem principalmente após a floração, elas não apresentaram variação significativa de altura na maturação, em função da densidade de semeadura (Figura 18).

**Tabela 24.** Comparação de médias<sup>1</sup> entre tipos de crescimento em soja, determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I), dentro de densidades de semeadura, 50% da recomendação (1), 100% da recomendação (2) e 150% da recomendação (3), para número de nós na haste principal (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Tc	Dens 1	Dens 2	Dens 3
D	11,75 c	11,28 c	10,68 b
S	14,80 b	13,47 b	12,39 a
I	15,68 a	14,28 a	12,87 a

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras comum na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

## 4.2 CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES PARA DIFERENTES TIPOS DE CRESCIMENTO EM SOJA

### 4.2.1 Associação entre produtividade e caracteres morfoagronômicos em função de tipo de crescimento e época de semeadura

Buscando- se conhecer os caracteres mais relacionados com a produtividade de grãos, em cada tipo de crescimento, foram calculadas correlações fenotípicas entre a

produtividade e os demais caracteres morfoagronômicos avaliados. Também avaliou-se os efeitos do fator época de semeadura em cada associação entre esses caracteres, em cada tipo de crescimento (Tabela 25). Observa-se variação nos coeficientes de correlação, indicando que os fatores avaliados, tipo de crescimento e época, alteraram a associação das variáveis com a produtividade.

No tipo de crescimento determinado, observa-se, na primeira época de semeadura, correlação da produtividade com a maioria dos caracteres estudados (Tabela 25). O ciclo vegetativo e total, e a altura da planta na floração e na maturação apresentaram correlações altamente significativas ( $>0,65$ ) com a produtividade. Ou seja, maiores ciclos e altura levaram a maiores produtividades, portanto, florescimento e maturação precoces, com baixa altura de planta prejudicam a produção de plantas com tipo determinado. A altura de inserção da primeira vagem também apresentou correlação positiva com a produtividade (0,45). A magnitude desse resultado não era esperada, pois plantas determinadas são naturalmente mais baixas. Alta inserção da primeira vagem pode resultar em menor comprimento de haste principal com nós viáveis que garantem boa produção, ou seja, necessitando de entrenós curtos. Os números de ramificações e de vagens por nó também apresentaram correlação significativa com a produtividade, entretanto, de menor magnitude. Em relação aos componentes de produção, o número de grãos por vagem apresentou maior correlação com a produtividade (0,74), mas o número de grãos por planta foi negativamente correlacionado com a produtividade.

Na segunda época (semeadura de novembro), as condições fotoperiônicas permitiam o crescimento adequado das plantas, antes e após a floração. Assim, o tipo de crescimento determinado resultou em correlação da produtividade com a porcentagem de crescimento após a floração (0,49) e com número de dias para o florescimento, sendo este negativo (-0,41) (Tabela 25). Infere-se, portanto, nesta época que o menor ciclo vegetativo com maior crescimento após a floração levam a maiores produtividades. O componente de produção que apresentou maior correlação com a produtividade, nas plantas de crescimento determinado semeadas em novembro, foi o peso de cem grãos (0,70). Na terceira época, a altura na maturação (0,59) correlacionou-se significativamente com a produtividade; assim como os componentes do rendimento número de grãos por planta (0,38) e peso de cem grãos (0,36); embora em menor magnitude.

**Tabela 25.** Correlações e significância<sup>1</sup> de produtividade de grãos com caracteres morfoagronômicos<sup>2</sup> em soja de tipo de crescimento determinado (D), semideterminado (S) e indeterminado (I) em três épocas de semeadura; 02/10/13 (Época 1), 18/11/13 (Época 2) e 08/01/14 (Época 3)(Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Caráter	D	S	I
----- Época 1 -----			
Dpf	0,67 ***	0,39 *	0,67 ***
Dpm	0,69 ***	0,32 .	0,73 ***
AtF	0,67 ***	0,57 ***	0,36 *
AtI	0,45 **	0,68 ***	0,30 .
AtM	0,65 ***	0,77 ***	0,59 **
Cres	0,04 ns	-0,18 ns	0,45 **
Nos	0,19 ns	-0,04 ns	0,43 **
Rmf	0,38 *	-0,12 ns	-0,19 Ns
VgNo	0,33 *	0,23 ns	0,55 ***
VgPl	0,24 ns	0,04 ns	0,34 *
GrVg	0,74 ***	0,65 ***	0,40 *
GrPl	-0,46 **	0,14 ns	0,39 *
Pcg	0,31 .	-0,23 ns	-0,36 *
----- Época 2 -----			
Dpf	-0,41 **	-0,71 ***	-0,42 **
Dpm	-0,31 .	-0,64 ***	-0,28 .
AtF	0,02 ns	-0,33 *	-0,45 **
AtI	-0,37 *	-0,53 ***	-0,44 **
AtM	0,30 .	-0,34 *	-0,44 **
Cres	0,49 ***	0,01 ns	-0,17 ns
Nos	0,10 ns	-0,30 .	-0,46 **
Rmf	-0,10 ns	-0,18 ns	-0,34 *
VgNo	0,32 .	-0,01 ns	-0,23 ns
VgPl	-0,07 ns	-0,37 *	-0,27 ns
GrVg	0,23 ns	0,00 ns	0,34 *
GrPl	0,13 ns	-0,35 *	-0,05 ns
Pcg	0,70 ***	0,79 ***	0,57 ***
----- Época 3 -----			
Dpf	0,13 ns	-0,18 ns	-0,01 ns
Dpm	0,09 ns	0,13 ns	0,07 ns
AtF	0,23 ns	-0,06 ns	-0,09 ns
AtI	0,23 ns	-0,18 ns	-0,07 ns
AtM	0,59 ***	0,04 ns	-0,07 ns
Cres	0,31 .	0,08 ns	0,09 ns
Nos	0,26 ns	-0,19 ns	-0,21 ns
Rmf	-0,19 ns	-0,36 *	-0,47 **
VgNo	0,18 ns	0,36 *	0,14 ns
VgPl	0,26 ns	0,21 ns	-0,22 ns
GrVg	0,05 ns	0,22 ns	-0,16 ns
GrPl	0,38 *	0,29 .	0,05 ns
Pcg	0,36 *	0,49 ***	0,27 ns

<sup>1</sup> Níveis de significância: \*\*\* < 0,001; \*\* < 0,01; \* < 0,05; . > 0,1; ns > 0,1.

<sup>2</sup>Dpf: número de dias para florescimento; Dpm: número de dias para maturação; AtF: altura da planta na floração; AtI: altura de inserção da primeira vagem; AtM: altura de planta na maturação; Cres: porcentagem de crescimento após a floração; Nos: número de nós na haste principal; Rmf: número de ramificações na haste principal; VgNo: número de vagens por nó; VgPl: número de vagens por planta; GrVg: número de grãos por vagem; GrPl: número de grãos por planta; Pcg: peso de cem grãos; Prod: produtividade.

No tipo de crescimento semideterminado a produtividade correlacionou-se significativamente com o número de dias para florescimento e com as alturas na floração, maturação e de inserção da primeira vagem, sendo positiva na primeira época e negativa na segunda época (Tabela 25). Na primeira época, o número de grãos por vagem foi o componente de produção que se correlacionou mais fortemente com a produtividade (0,65). Na segunda época, o número de vagens e de grãos por planta apresentou correlação negativa com a produtividade (-0,30); mas, o peso de cem grãos correlacionou alta e positivamente com a produtividade (0,79). Assim, plantas semideterminadas semeadas em novembro e com maior peso de grãos são mais produtivas que plantas com grande quantidade de grãos leves. Na terceira época, o peso de grãos também foi o componente mais importante para obtenção de maiores produtividades, no tipo de crescimento semideterminado.

No tipo indeterminado, as maiores correlações com a produtividade de grãos, na primeira época, foram dos caracteres número de dias para floração e para maturação ( $>0,60$ ) (Tabela 25). As variáveis altura na maturação, crescimento após a floração e número de nós também se associaram positivamente a produtividade ( $>0,43$ ). Entre os componentes de produção, a maior correlação com a produtividade foi com o caráter número de vagens por nó (0,55). Na segunda época, o número de dias para floração, as alturas na floração, maturação e de inserção de vagem, além do número de nós e ramificações apresentaram correlação negativa com a produtividade (0,34-0,46); ou seja, muito crescimento vegetativo implica em produções mais reduzidas. Mas, maiores médias de grãos por vagem e de peso de grãos relacionaram-se com maiores produtividades (0,34 e 0,57 respectivamente). Na terceira época, a única correlação significativa com a produtividade foi do número de ramificações, sendo as plantas menos ramificadas mais produtivas (-0,47).

Carvalho et al. (2002) observaram as maiores correlações (aproximadamente 0,60) da produtividade com os caracteres altura de planta na floração e na maturação, dias para floração e para maturação e número de nós. Esses resultados corroboram o presente estudo, principalmente na primeira e segunda épocas de semeadura, nos diferentes tipos de crescimento. Lopes et al. (2002) também observaram maiores correlações de produtividade com o número de dias para a maturação (0.89), número de dias e altura na floração (acima de 0,80). Correlação positiva de produtividade com massa de mil grãos também foi constatada por Meotti et al. (2012), o que também corrobora as correlações entre peso de

cem grãos e produtividade observadas presente estudo. Meotti et al. (2012) detectaram, ainda, correlação negativa da produtividade com altura de plantas, como se observou na presente pesquisa, em cultivares semideterminadas e indeterminadas semeadas na segunda época. Observaram também efeitos negativos de semeaduras tardias sobre a produtividade e os componentes de produção, assim como observado nesta pesquisa, principalmente nos tipos semideterminado e indeterminado. No estudo de Dalchiavon & Carvalho (2012), as maiores correlações de produtividade foram com os caracteres número de vagens por planta e número de grãos por planta. Já no presente estudo, essas variáveis não apresentaram correlação com produtividade, e, nos casos significativos, foram de baixa magnitude.

A associação de caracteres morfoagronômicos com a produtividade de grãos também apresentou alta variação com a época de semeadura. Assim, dependendo da época de semeadura algumas variáveis são mais importantes na obtenção de maiores produtividades. Por exemplo, independentemente do tipo de crescimento, na primeira época, o número de grãos por vagem foi o componente com maior associação com a produtividade. Nas semeaduras de novembro e dezembro, a produtividade esteve bastante associada ao peso de grãos; ou seja, fatores ambientais que permitam enchimento de grãos (pluviosidade e controle de pragas e doenças) apresentam grande importância na obtenção de altas produtividades.

#### **4.2.2 Associação entre componentes de produção em função de tipo de crescimento e densidade de plantas**

As densidades de plantas influenciaram diferentemente a associação entre os componentes de produção (número de vagens e grãos por planta, e peso de cem grãos). No tipo de crescimento determinado as correlações entre esses componentes foram mais influenciadas pela densidade; já no semideterminado a densidade de plantas não afetou as associações. No tipo indeterminado, a densidade alterou algumas associações, como, por exemplo, diminuiu a correlação entre o número de vagens por planta e a produtividade.

Na literatura têm sido relatadas correlações de diferentes magnitudes entre esses caracteres. Em relação à produtividade de grãos, esses componentes geralmente apresentam correlação média a alta. Dalchiavon & Carvalho (2012) registraram correlações com produtividade de 0,65, com número de vagens por planta, de 0,57 com

número de grãos por planta e de 0,37 com massa de mil grãos. Peixoto et al. (2000) observaram correlação de produtividade com estes caracteres da ordem de 0,57, 0,50 e 0,53, respectivamente. Nogueira et al. (2012) observaram significância da correlação entre componentes de produção e produtividade, mas apenas com o número de vagens por planta (0,76). No presente trabalho, a produtividade também apresentou correlação média a alta com os componentes de produção. Em geral, estas correlações forem significativas e independentes do tipo de crescimento ou da densidade de semeadura (Tabela 26, 27 e 28).

Entre os números de vagens e de grãos por planta observou-se alta correlação nos tipos de crescimento semideterminado (aproximadamente 0,92) e indeterminado (0,77). Já no tipo determinado, embora positiva, essa correlação foi baixa (0,39) ou até mesmo não significativa, na densidade alta (Tabela 26, 27 e 28). Cecon et al. (1993), Dalchiavon & Carvalho (2012) e Nogueira et al. (2012) corroboram essa associação, tendo obtido correlações de 0,98, 0,88 e 0,76, respectivamente. Perini et al. (2012) estudaram as correlações entre os componentes de produção para o tipo de crescimento determinado e indeterminado, isoladamente. No tipo indeterminado obtiveram correlação entre estes caracteres de 0,96, e no tipo determinado de 0,83. Ou seja, todos autores observaram correlação relativamente alta entre o número de vagens e grãos por planta, embora, no presente estudo esperava-se maior correlação destes caracteres no tipo de crescimento determinado.

Nogueira et al. (2012) observaram correlação negativa entre número de vagens por planta e massa de mil grãos; fato que também foi observado na presente pesquisa, nas cultivares com tipo de crescimento semideterminado e indeterminado (Tabela 27 e 28). No tipo determinado essa correlação foi positiva e mediana (Tabela 26), assim como nos estudos de Dalchiavon & Carvalho (2012). Perini et al. (2012) também obteve correlação negativa do número de vagens e massa de mil grãos no tipo indeterminado, entretanto de maior magnitude (-0,71). No tipo determinado, obtiveram resultados semelhantes a este estudo (0,35).

A correlação entre número de grãos por planta e peso de cem grãos, no tipo de crescimento determinado, também foi alta; já no tipo semideterminado não foi significativa ( $p>0,05$ ); e no tipo indeterminado, apresentou-se baixa, porém significativa (Tabela 26, 27 e 28). Dalchiavon & Carvalho (2012), assim como na presente análise para cultivares de crescimento semideterminado, não observaram significância na correlação dessas variáveis. Já Nogueira et al. (2012) registraram correlação baixa, negativa e significativa (-

0,37) entre esses caracteres. Perini et al. (2012), assim como no presente estudo, obtiveram correlação alta entre o número de grãos e a massa de mil grãos no tipo determinado (0,812). No tipo indeterminado observaram correlação negativa (-0,78)

No tipo de crescimento determinado, sob baixa densidade de plantas, observa-se maior correlação do número de vagens por planta com o peso de cem grãos. Na densidade de plantas recomendada observa-se maior correlação entre número de grãos por planta e produtividade; ou seja, o número de grãos em plantas semeadas com baixas ou altas densidades é menos associado com a produtividade do que os outros componentes de produção.

No tipo semideterminado, a densidade de plantas não alterou a correlação entre os componentes de produção. A produtividade de grãos foi altamente correlacionada com todos componentes de produção, assim como o número de vagens por plantas correlacionou com o número de grãos por planta, independentemente da densidade de semeadura. Já o peso de grãos não apresentou correlação com o número de vagens ou de grãos (Tabela 27).

No tipo indeterminado, a semeadura com alta densidade de plantas resultou em menor associação entre número de vagens por planta e produtividade de grãos (Tabela 28). Em altas densidades o número de vagens por planta é menor, devido à competição entre plantas; mas, a produtividade é compensada pelo maior número de plantas. Assim, o número de vagens por planta diminui sua importância sobre a produtividade em semeaduras com altas densidades, embora ainda correlacionado positivamente. O peso de cem grãos não se correlacionou significativamente com o número de vagens por planta, quando semeado em densidades baixas ou altas. Na densidade adequada esta associação só foi significativa apenas em nível de 10% de probabilidade. Esses resultados indicam, no tipo de crescimento semideterminado, falta de associação entre o número de vagens por planta e o peso de cem grãos. A correlação entre o número de grãos por planta e o peso de grãos apresentou baixa magnitude, sendo também significativa apenas a 10%, na baixa densidade de plantas, e a 5% nas outras densidades. Ou seja, a quantidade de grãos não interfere fortemente no peso de grãos, mas, o pouco que interfere é no sentido de aumentar os dois componentes.

**Tabela 26.** Correlação com significância<sup>1</sup> entre componentes de produção<sup>2</sup> em cultivares de soja de crescimento determinado, em três densidades de semeadura (Dens), 50% da recomendação (1), 100% da recomendação (2) e 150% da recomendação (3) (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Caracter	Dens	GrPl	Pcg	Prod	
VgPl	1	0,41 **	0,61 ***	0,67 ***	
	2	0,46 ***	0,36 *	0,64 ***	
	3	0,30 .	0,40 *	0,52 ***	
GrPl	1	-	0,65 ***	0,36 *	
	2	-	0,61 ***	0,58 ***	
	3	-	0,66 ***	0,44 **	
Pcg	1	-	-	0,82 ***	
	2	-	-	0,84 ***	
	3	-	-	0,86 ***	
Prod	1	-	-	-	
	2	-	-	-	
	3	-	-	-	

<sup>1</sup>Níveis de significância: \*\*\* 0,001 \*\* 0,01 \* 0,05 . > 0,1.

<sup>2</sup>VgPl: número de vagens por planta; GrPl: número de grãos por planta; Pcg: peso de cem grãos; Prod: produtividade.

**Tabela 27.** Correlação com significância<sup>1</sup> entre componentes de produção<sup>2</sup> em cultivares de soja de crescimento semideterminado, em três densidades de semeadura (Dens), 50% da recomendação (1), 100% da recomendação (2) e 150% da recomendação (3) (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Caracter	Dens	GrPl	Pcg	Prod	
VgPl	1	0,94 ***	-0,13 ns	0,48 ***	
	2	0,94 ***	0,27 ns	0,63 ***	
	3	0,87 ***	0,21 ns	0,59 ***	
GrPl	1	-	-0,03 ns	0,63 ***	
	2	-	0,22 ns	0,70 ***	
	3	-	0,19 ns	0,72 ***	
Pcg	1	-	-	0,54 ***	
	2	-	-	0,69 ***	
	3	-	-	0,71 ***	
Prod	1	-	-	-	
	2	-	-	-	
	3	-	-	-	

<sup>1</sup>Níveis de significância: \*\*\* 0,001 \*\* 0,01 \* 0,05 . > 0,1.

<sup>2</sup>VgPl: número de vagens por planta; GrPl: número de grãos por planta; Pcg: peso de cem grãos; Prod: produtividade.

**Tabela 28.** Correlação com significância<sup>1</sup> entre componentes de produção<sup>2</sup> em cultivares de soja com crescimento indeterminado, em três densidades de semeadura (Dens), 50% da recomendação (1), 100% da recomendação (2) e 150% da recomendação (3) (Embrapa Soja, Santo Antônio de Goiás, 2014).

Caracter	Dens	GrPl	Pcg	Prod	
VgPl	1	0.96 ***	0.28 ns	0.67 ***	
	2	0.74 ***	0.30 .	0.67 ***	
	3	0.63 ***	0.15 ns	0.36 *	
GrPl	1	-	0.30 .	0.73 ***	
	2	-	0.35 *	0.69 ***	
	3	-	0.39 *	0.46 ***	
Pcg	1	-	-	0.63 ***	
	2	-	-	0.73 ***	
	3	-	-	0.80 ***	
Prod	1	-	-	-	
	2	-	-	-	
	3	-	-	-	

<sup>1</sup>Níveis de significância: \*\*\* 0,001 \*\* 0,01 \* 0,05 . 0,1 ns > 0,1.

<sup>2</sup> VgPl: número de vagens por planta; GrPl: número de grãos por planta; Pcg: peso de cem grãos; Prod: produtividade.

#### 4.3 DIVERGÊNCIA ENTRE TIPOS DE CRESCIMENTO EM SOJA

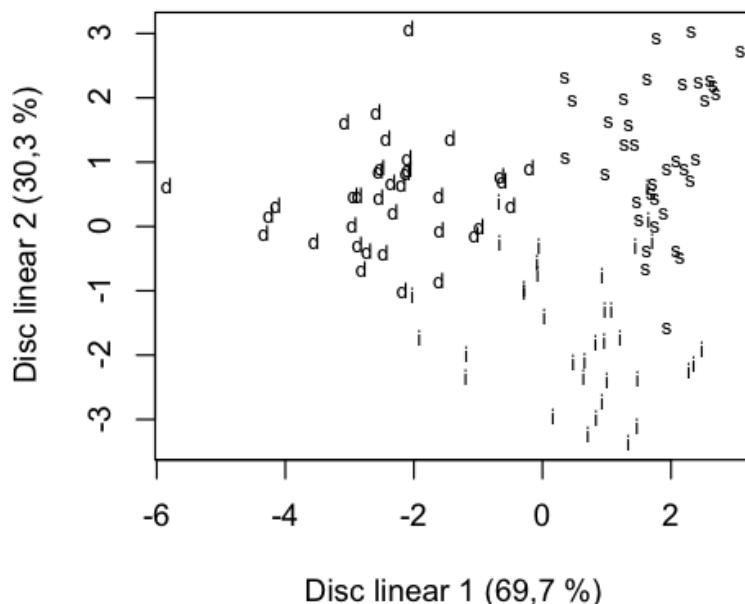
##### 4.3.1 Discriminação multivariada dos tipos de crescimento

A discriminação multivariada dos tipos de crescimento foi realizada por dois enfoques, análise discriminante linear e análise de variáveis canônicas. A análise de função discriminante busca avaliar o quanto é possível separar grupos de indivíduos usando medidas desses indivíduos em diversas variáveis. Foram calculadas duas discriminantes lineares, que plotam em eixo bidimensional uma média ponderada das variáveis em cada parcela, buscando-se discriminar grupos de indivíduos (neste caso, com base nos tipos de crescimento). A primeira discriminante linear foi responsável por 69,7% da variabilidade dos dados e a segunda, por 30,3% da variabilidade (Figura 16). Juntas explicam 100%, pois, com três grupos o posto da matriz de dados desta análise é dois (mínimo entre  $l-1$  e  $c-1$ , em que “ $l$ ” é o número de linhas da matriz e “ $c$ ” o número de colunas).

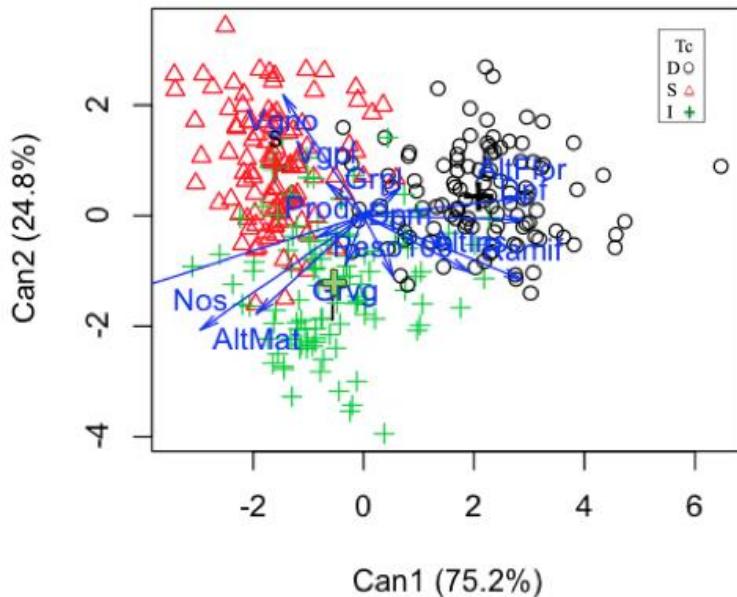
Foi realizada, ainda, análise de variáveis canônicas para discriminar os tipos de crescimento, utilizando dados de repetições em todas as variáveis. Nesta análise a primeira variável canônica apresentou 75,2% da variação dos dados e a segunda, 24,8% (Figura 17). Paranzini (2013) estudou divergência genética via variáveis canônicas, em linhagens de

tipo de crescimento determinado e indeterminado, avaliando doze caracteres morfológicos, e observou nas duas primeiras variáveis canônicas 78,8% da variabilidade.

Analisando ambas as dispersões gráficas, pode-se observar boa discriminação dos tipos de crescimento, tendendo ao agrupamento isolado de cada tipo, embora com regiões de sobreposição entre os grupos. Essa sobreposição evidencia a problemática que motivou a presente pesquisa, associada à confusão e dificuldades de caracterização de certas cultivares, em determinadas condições, quanto ao tipo de crescimento. No eixo x (abscissa) dos gráficos mostrados nas Figura 16 e 17, a primeira discriminante linear ou a primeira variável canônica separaram, sobretudo, o tipo de crescimento determinado dos demais tipos. Ou seja, a maior parte da variabilidade multivariada associada aos tipos de crescimento (70%) decorre da diferenciação entre o tipo de crescimento determinado e os demais tipos. Já o eixo y (ordenadas), que representa a segunda discriminante linear ou a segunda variável canônica (Figuras 16 e 17), separou principalmente os tipos de crescimento semideterminado e indeterminado. Aproximadamente 30% da variabilidade de tipos de crescimento ocorre entre esses dois tipos, ou seja, eles possuem características mais semelhantes. Daí a dificuldade de distinguir claramente, em condições de campo, se uma cultivar apresenta tipo de crescimento semideterminado ou indeterminado.



**Figura 16.** Dispersão gráfica das parcelas das diferentes cultivares classificadas por análise discriminante linear, para tipo de crescimento.



**Figura 17.** Dispersão gráfica das parcelas associadas às diferentes cultivares, classificadas por análise de variáveis canônicas para tipo de crescimento.

#### 4.3.2 Validação estatística da classificação dos tipos de crescimento

Segundo Sediyama (2009), plantas com tipo de crescimento determinado possuem inflorescência racemosa terminal e axilar. Praticamente cessam seu crescimento após a floração, podendo crescer cerca de 10% de sua altura final após a floração. Por isso, geralmente possuem menor altura e, consequentemente, menor número de nós. Possuem maior número de ramificações e folhas maiores na parte superior. Já as plantas com o tipo indeterminado possuem apenas inflorescência axilar. Assim, continuam a crescer e desenvolver nós após a floração, o que resulta em maior altura e número de nós do que nas plantas de crescimento determinado. A parte superior da planta possui caule mais delgado e folhas e pecíolos com menores dimensões. As plantas com crescimento semideterminado também possuem inflorescência racemosa terminal e axilar, entretanto, geralmente crescem cerca de 70% de sua altura após o florescimento.

Quando semeados em diferentes épocas e densidades de semeadura, alguns genótipos apresentam plasticidade de tipo de crescimento. Em razão disso, empregou-se também um procedimento de análise discriminante que consiste em estimar uma regra matemática (função discriminante) para reclassificar observações previamente alocadas a certos grupos, no caso, os três tipos de crescimento. Quase 15% das observações revelaram discordância em relação à classificação original. Ou seja, o tipo de crescimento

originalmente descrito pelo obtentor foi diferente do tipo de crescimento atribuído probabilisticamente segundo a combinação linear (função discriminante) estimada a partir dos caracteres avaliados. Em 85,2% das observações, as cultivares permaneceram no mesmo tipo de crescimento originalmente descrito (Tabela 29). As cultivares descritas como de crescimento determinado apresentaram comportamento morfoagronômico mais estável; em 94,4% de suas observações elas não alteraram seu tipo de crescimento, em quaisquer das condições de semeadura utilizadas. As cultivares de crescimento semideterminado mantiveram a classificação original em 86,1% das observações. Já as de crescimento indeterminado apresentaram maior plasticidade, pois mantiveram a classificação original de tipo de crescimento em apenas 75% das observações.

**Tabela 29.** Número de parcelas de cada tipo de crescimento (Tc) e suas classificações segundo análise baseada em função discriminante<sup>1</sup>.

Tc	Determinado	Semideterminado	Indeterminado
Determinado	34	1	1
Semideterminado	0	31	5
Indeterminado	5	4	27

<sup>1</sup> Nas linhas a classificação original, e, nas colunas, a nova classificação baseada na função discriminante.

As cultivares BRSGO 6959 RR, BRSGO 7950 RR, Anta 82 RR, NA 7337 RR, NA 5909 RR, BRSGO 7760 RR, BRSGO 8360 e BMX Potência RR apresentaram, segundo a análise discriminante, plasticidade de tipo de crescimento em, pelo menos, uma das condições de época e densidade de semeadura. Para cada cultivar, serão discutidas, portanto, em quais condições apresentaram o comportamento diferenciado, assim como, quais variáveis mostraram comportamento não esperado, influenciando a plasticidade de algum tipo de crescimento.

A cultivar BRSGO 6959 RR é classificada pelo obtentor como de tipo de crescimento determinado e, em oito das nove condições, apresentou-se com o mesmo tipo na análise discriminante. Porém, quando semeada tarde e com alta densidade comportou-se mais similarmente às plantas de tipo de crescimento semideterminado. Comparou-se, então, a observação desviante em algumas variáveis com a estimativa do intervalo de confiança da média, construído com as outras parcelas da mesma cultivar que mantiveram a classificação original. Neste caso, observou-se que a parcela desviante apresentou número de dias para maturação e peso de cem grãos abaixo do limite inferior do intervalo de confiança, bem como altura na maturação acima do limite superior do

respectivo intervalo de confiança da variável (Tabela 30). Os resultados fora do intervalo de confiança do tipo determinado podem, então, explicar a plasticidade de tipo de crescimento ocorrida.

A cultivar BRSGO 7950 RR, também descrita como de tipo de crescimento determinado, manteve esta classificação na maioria de suas observações. Entretanto, quando semeada tarde e com alta densidade de semeadura, comportou-se como plantas de crescimento indeterminado. Nessa condição a cultivar apresentou altura de inserção da primeira vagem e na maturação, além de número de nós acima do intervalo de confiança da cultivar. Apresentou, ainda, número de dias para a maturação abaixo do intervalo (Tabela 30). Tais variáveis podem ter levado à classificação dessa parcela como indeterminada.

**Tabela 30.** Intervalo de confiança com limite inferior (LI) e limite superior (LS) para diversas variáveis morfoagronômicas, em cada cultivar que apresentou plasticidade de tipo de crescimento e a respectiva média da observação assim classificada (Z).

	Caráter	LI	LS	Z
BRSGO 6959RR	Dpm	90	98,1	87
	AtM	36,9	47,8	50
	Pcg	8,4	12,7	17,4
BRSGO 7950RR	Dpm	108	123	102
	AtI	12,6	20	25,5
	AtM	53,6	68,5	74,8
Anta 82 RR	Nos	10,2	12,2	12,5
	AtF	18,3	21,7	22,3
	AtM	52,2	62,7	65,2
NA7337 RR	GrVg	2,3	2,8	2,9
	VgNo	2,0	2,6	1,7
	AtI	9,4	14,8	16,1
NA 5909 RR	Nos	9,4	12,1	9,1
	Cres	48,8	58,8	47,5
BRSGO 7760 RR	Nos	16,0	18,0	14,6
BRSGO 8360	AtM	63,8	81,7	54,6
	Cres	43,1	66,9	32,6
BMX Potência RR	AtM	48,5	63,0	48,1
	GrVg	2,4	2,9	2,4

<sup>1</sup>Dpm: número de dias para maturação; AtF: altura da planta na floração; AtI: altura de inserção da primeira vagem; AtM: altura de planta na maturação; Nos: número de nós na haste principal; VgNo: número de vagens por nó; GrVg: número de grãos por vagem; Pcg: peso de cem grãos; Cres: porcentagem de crescimento após a floração. Z: media da parcela discriminada com tipo de crescimento diferente do esperado.

A cultivar Anta 82 RR, descrita originalmente como de crescimento semideterminado, quando semeada em novembro, foi classificada como de crescimento indeterminado. Nessa condição, a cultivar apresentou altura na floração e na maturação, e número de grãos por vagem acima do intervalo de confiança dessas variáveis nas outras condições de semeadura, tal como plantas de crescimento indeterminado (Tabela 30). Em análise por marcadores genético-moleculares, Vicente (2013) observou que esta cultivar não apresenta o gene Dt2 que confere o tipo de crescimento semideterminado, o que corrobora o resultado observado na presente pesquisa e sua possível classificação como de crescimento indeterminado.

A cultivar NA 7337 RR, quando semeada tardivamente em densidades baixa ou adequada, também foi discriminada na análise como de crescimento indeterminado. Nas outras condições, manteve sua classificação conforme o tipo de crescimento descrito pelos obtentores, semideterminado. Nessas condições a cultivar apresentou número de vagens por nó abaixo do intervalo de confiança da variável para a mesma cultivar (Tabela 30). Considerando que na análise univariada o tipo semideterminado apresenta maior número de vagens por nó, este fato pode ter levado à sugestão de classificação em outro tipo de crescimento.

A cultivar NA 5909 RR, originalmente descrita como de crescimento indeterminado, quando semeada em novembro e em densidade adequada ou alta, ou tardivamente em densidade alta, comportou-se como de tipo de crescimento determinado, embora nas outras condições manteve a classificação original. Nessas condições a cultivar apresentou altura de inserção da primeira vagem acima do intervalo de confiança resultante de parcelas com classificação concordante. O número de nós e porcentagem de crescimento após a floração foram inferiores aos respectivos intervalos de confiança (Tabela 30). Vicente (2013), em análise molecular, identificou a presença do gene Dt1 que confere tipo de crescimento indeterminado, bem como ausência do gene Dt2 que confere tipo semideterminado. Por outro lado, o autor também observou a presença de mais de uma vagem no ápice da haste principal, o que não é esperado em plantas indeterminadas. Esses resultados revelam que devem existir outros fatores genéticos e, ou, ambientais que influenciam na expressão fenotípica do tipo de crescimento em soja.

A cultivar BRSGO 7760 RR, semeada em novembro e sob alta densidade de plantas, também se apresentou como de tipo de crescimento determinado, embora seja originalmente descrita como de crescimento indeterminado. A variável número de nós na

haste principal da parcela desviante apresentou-se média abaixo do intervalo de confiança associado às demais parcela desta cultivar (classificadas em conformidade com a descrição original). Isso pode ter influenciado na plasticidade desse tipo de crescimento (Tabela 30).

A cultivar BRSGO 8360, semeada tarde e em baixa densidade, comportou-se como determinada, embora seja descrita como indeterminada. As médias de parcelas desviantes da cultivar, em altura de planta na maturação e porcentagem de crescimento após a floração, nesta condição, apresentaram-se abaixo dos respectivos intervalos de confiança das outras parcelas da cultivar (Tabela 30). A variação do comportamento desses caracteres, na cultivar, podem ter levado à sua classificação como determinada.

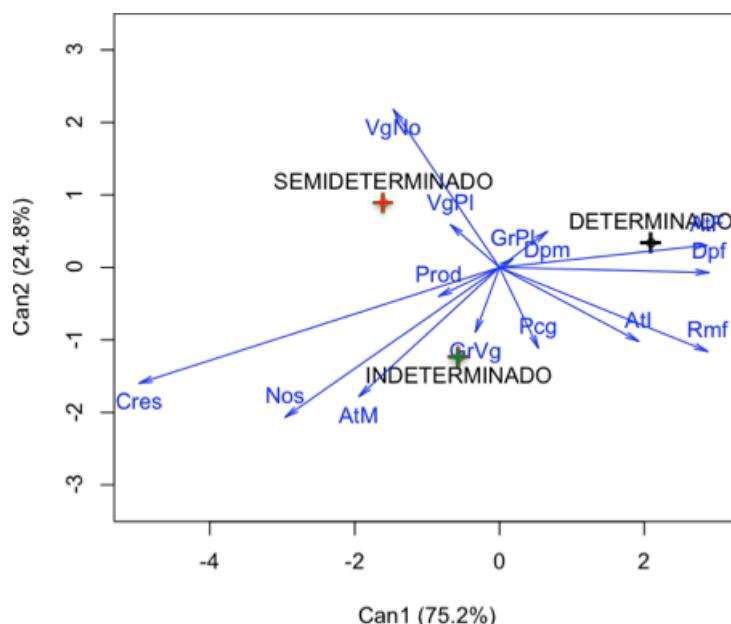
A cultivar BMX Potência RR, semeada tarde ou na primeira época com densidade alta de plantas, comportou-se como de crescimento semideterminado. Nessas condições, a altura na maturação e o número de grãos por vagem apresentaram levemente abaixo do intervalo de confiança construído com dados da mesma cultivar. Esta cultivar apresentou alta plasticidade de tipo de crescimento, pois das nove observações, em cinco foi classificada como de tipo de crescimento indeterminado, tal como descrito pelo obtentor, e quatro foi discriminada como semideterminada (Tabela 30). Em análise molecular, Vicente (2013) detectou a presença do gene Dt1, que confere tipo de crescimento indeterminado, e ausência do gene Dt2 que confere tipo semideterminado; embora tenha observado mais de uma vagem no ápice da haste principal, diferentemente do que se espera encontrar em plantas indeterminadas. Assim, reitera-se a hipótese da existência de outros fatores genéticos e, ou, ambientais influenciando a expressão fenotípica do tipo de crescimento em cultivares de soja.

A cultivar BRS 284 foi liberada no mercado como de tipo de crescimento indeterminado; entretanto, observações realizadas em campo, antes da instalação do experimento, sugeriam que se caracterizava como de tipo de crescimento semideterminado. Em concordância com essa avaliação prévia, em todas as nove médias de épocas e densidades de semeadura em que a cultivar foi avaliada, a análise discriminante reclassificou suas observações no tipo de crescimento semideterminado. Neste caso, portanto, coloca-se em dúvida a classificação e descrição original da cultivar quanto ao seu tipo de crescimento.

As cultivares BRSGO 7460 RR, BRS 8160 RR, AN 8500 não apresentaram plasticidade de tipo de crescimento, segundo a análise discriminante realizada; pois suas

parcelas foram classificadas igualmente em todas as épocas e densidades de semeadura. A classificação estatística correspondeu à descrição original de seus obtentores, que as descreveram, respectivamente como de crescimento determinado, determinado, e semideterminado.

Um último teste foi realizado visando detectar as variáveis mais determinantes na discriminação dos tipos de crescimento – análise de importância de caracteres. As três variáveis apontadas como mais importantes foram: porcentagem de crescimento após a floração, número de nós na haste principal e número de ramificações na haste principal. Tais caracteres tiveram alto peso nas funções discriminantes lineares, o que pode ser constatado pelo maior comprimento dos vetores (setas), associados a estas variáveis, na Figura 17. Assim, no presente estudo estas variáveis foram responsáveis pela maior parte da variação entre os tipos de crescimento. Esses resultados corroboraram parcialmente aqueles de Paranzini (2013). O autor estudou divergência genética e importância de caracteres em linhagens de soja de crescimento determinado e indeterminado, e observou maior importância das variáveis altura de planta, número de nós férteis na haste principal, número de nós na haste principal, número de vagens por planta e número de grãos por planta.



**Figura 18.** Dispersão gráfica da média dos tipos de crescimento, segundo análise de variáveis canônicas, ilustrando o peso diferencial de cada variável.

## 5 CONCLUSÕES

As cultivares com tipo de crescimento determinado apresentam maior altura na floração e maior número de ramificações. As de crescimento indeterminado, maior altura na maturação e maior número de nós. Para a maioria dos caracteres estudados, as plantas de soja de cada tipo de crescimento respondem diferentemente às variações de época e densidade de semeadura. Na maioria das condições de semeadura não são observadas diferenças estatísticas de produtividade de grãos entre os tipos de crescimento.

Semeaduras de soja em outubro, com baixo fotoperíodo e baixa disponibilidade hídrica, causam floração mais precoce e menor altura de plantas na floração. Entretanto, estes fatores não prejudicam a produtividade de grãos, como em semeaduras tardias, em que grande parte do ciclo da soja é submetido a baixos fotoperíodos, além de outros fatores ambientais não favoráveis a maiores produtividades.

O aumento da densidade de semeadura resulta em maior altura de planta, tanto na floração como na maturação. Já os números de nós e de ramificações na haste principal e os componentes de produção (número de vagens e grãos por planta) são reduzidos com o aumento da densidade.

A correlação de caracteres morfoagronômicos com a produtividade varia com a época de semeadura. Em plantios antecipados, o número de grãos por vagem apresenta maior correlação com a produtividade, enquanto nas outras épocas o peso de grãos é mais correlacionado com a produtividade. A densidade de plantas afeta a associação entre os componentes de produção principalmente no tipo de crescimento determinado, assim como, em algumas associações no tipo indeterminado. Entretanto no semideterminado, a densidade não influencia a associação entre os componentes de produção.

A maior variação nos caracteres morfoagrônicos, entre os tipos de crescimento, ocorre entre o tipo determinado e os outros tipos de crescimento. A plasticidade de tipos de crescimento ocorre, principalmente, em semeadura tardia e sob alta densidade de plantas. As variáveis porcentagem de crescimento após a floração, número de nós e número de ramificações na haste principal são as mais importantes na discriminação dos tipos de crescimento.

## **6 REFERÊNCIAS**

ABLETT, G. R.; BEVERSDORF, W. D.; DIRKS, V. A. Performance and stability of indeterminate and determinate soybean in short-season environments. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 6, p. 1428-1433, 1989.

ABLETT, G. R.; BEVERSDORF, W. D.; DIRKS, V. A. Row Width and Seeding Rate Performance of Indeterminate, Semideterminate, and Determinate Soybean. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 4, n. 3, p. 391-NP, 2013.

BARROS, H. B.; PELUZIO, J. M.; SANTOS, M. M.; BRITO, E. L.; ALMEIDA, R. D. Efeito das épocas de semeadura no comportamento de cultivares de soja, no sul do Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 291, p. 565-572, 2003.

BERNARD, R. L. Two Genes Affecting Stem Termination in Soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 12, n. 2, p. 235-239, 1972.

BONATO, E. R.; VELLO, N. A. Aspectos genéticos do tempo para florescimento em variantes naturais de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 989-993, 1999.

BRASIL. Ato nº 8, de 16 de outubro de 2009. Serviço nacional de proteção de culturais. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 19 out. 2009. Sessão 1, p. 03. Disponível em: <[http://sites.unasp.edu.br/portal/secretariageral/Documentos/DOU/2009-2/10/DO1\\_2009\\_10\\_19.pdf](http://sites.unasp.edu.br/portal/secretariageral/Documentos/DOU/2009-2/10/DO1_2009_10_19.pdf)>. Acesso em: 14 jul. 2013.

CAMPOS, M. C. Fatores da expansão do complexo sojicultor no território Brasileiro. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas, v. 7, n. 11, p. 1-28, 2010.

CARVALHO, C. G. P; ARIAS, C. A. A; TOLEDO, J. F. F; OLIVEIRA, M. F; VELLO, N. A. Correlações e análise de trilha em linhagens de soja semeadas em diferentes épocas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 311-320, 2002.

CECON, P. R. MORAIS, A. R. SEDIYAMA, C. S. Obtenção da herdabilidade e das correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente nas gerações F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub> de cruzamentos

fatoriais em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 12, p. 1399-1406, 1993.

**CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira: grãos.** Décimo levantamento, julho 2014 – safra 2013/2014. Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, 2014a. Disponível em : <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_07\\_09\\_09\\_36\\_57\\_10\\_levantamento\\_de\\_graos\\_julho\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_07_09_09_36_57_10_levantamento_de_graos_julho_2014.pdf)> Acesso em: 02 jan. 2015.

**CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Séries Históricas Relativas às Safras 1976/77 a 2013/2014 de Área Plantada, Produtividade e Produção.** Séries históricas. Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, 2014b. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina\\_objcmsconteudos=3#A\\_objcmsconteudos](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos)>. Acesso em: 05 jan. 2014.

**COSTA, E. D. Arranjo de plantas, características agronômicas e produtividade de soja.** 2013. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

**CRUZ, T. V.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C.** Crescimento e produtividade de soja em diferentes épocas de semeadura no oeste da Bahia. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 033-042, 2010.

**DALCHIAVON, F. C; CARVALHO, M. P.** Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 541-552, 2012.

**DESTRO, D.; PÍPOLO, V. C.; KIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A.** Photoperiodism and genetic control of the long juvenile period in soybeans: a review. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 1, n. 1, p. 72-92, 2001.

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

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

**EMPRAPA- PLATAFORMA NACIONAL DE RECURSOS GENETICOS. PA 15 Banco ativo de Germoplasma de soja.** Disponível em:

<<http://plataformarg.cenargen.embrapa.br/rede-vegetal/projetos-componentes/pc3-bancos-ativos-de-germoplasma-de-especies-leguminosas-oleaginosas-e-fibrosas/planos-de-acao/pa15-banco-ativo-de-germoplasma-de-soja>>. Acesso em: 29 jun. 2013.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. **Special report**, Ames, State University of Science and Technology, v. 80, n. 6, 1977, 11 p.

FIETZ, C. R.; RANGEL, M. A. S. Época de semeadura da soja para a região de Dourados-MS, com base na deficiência hídrica e no fotoperíodo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 666-672, 2008.

FOLEY, T.C.; ORF, J.H.; LAMBERT, J.W. Performance of Related Determinate and Indeterminate Soybean Lines. **Crop Science**, Madison, v. 26, n. 1, p. 5-8, 1986.

HARTUNG, R.C; SPECHT; J. E.; WILLIAMS, J. H. Modification of Soybean Plant Architecture by Genes for Stem Growth Habit and Maturity. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 1, p. 51-56, 1981.

KILGORE-NORQUEST, L.; SNELLER, C. H. Effect of Stem Termination on Soybean Traits in Southern U.S. Production Systems. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 1, p. 83-90, 2000.

KOMORI, E.; HAMAWAKI, O. T.; SOUZA, M. P.; SHIGIHARA, D.; BATISTA, A. M. Influência da época de semeadura e população de plantas sobre características agronômicas na cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 3, p. 13-19, 2004.

LOPES, A. C. A; VELLO, N. A; PANDINI, F; ROCHA, M. M; TSUTSUMI, C. Y. Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 341-348, 2002.

MARCHIORI, L. F. S.; CÂMARA, G. M. S.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C. 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.

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

MEOTTI, G. V.; BENIN, G.; SILVA, R. R.; BECHE, E.; MUNARO, L. B. Épocas de semeadura e desempenho agronômico em cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 14-21, 2012.

MOREIRA, M. G. **Soja - Análise da conjuntura agropecuária**. SEAB- Secretaria do Estado da Agricultura e Abastecimento. Londrina, 2012, 17 p.

NAKAGAWA, J.; ROSELEM, C. A.; MACHADO, J. R. Épocas de semeadura de soja: I. Efeitos na produção de grãos e nos componentes da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 11, p. 1187-1198, 1983.

NAKAGAWA, J.; MACHADO, J. R.; ROSELEM, C. M. Efeito da densidade de plantas e da época de semeadura na produção e qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 8, n. 3, p. 99-112, 1986.

NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T.; SOUSA, ;. B.; HAMAAKI, O. T.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, D. G.; MATSUO, E. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 877-888, 2012.

OLIVEIRA, A. B. **Fenologia, desenvolvimento e produtividade de cultivares de soja em função de épocas de semeadura e densidade de plantas**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

PARANZINI, J.P.D. **Avaliação da dissimilidade genética por meio de Variáveis Canônicas em populações F4:2 de soja (*Glycine max*. (L) Merrill)**. 2013. 39 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento)–Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

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

PERINI, L. J.; FONSECA JUNIOR , N. S.; DESTRO, D.; PRETE, C. E. C. Componentes da produção em cultivares de soja com crescimento determinado e indeterminado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, s.1, p. 2531-2544, 2012.

R CORE TEAM. R Foundation for Statistical Computing: A language and environment for statistical computing. Version. 3.0.1. Vienna, Austria: R Core Team, 2013.

ROBINSON, S. L. & WILCOX, J. R. Comparison of Determinate and Indeterminate Soybean Near-Isolines and Their Response to Row Spacing and Planting Date. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 6, p. 1554-1557, 1998.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; BERTAGNOLLI, P. F.; LUZ, J. S. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 431-437, 2001.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; TEIXEIRA, M. C. C.; GUARESCHI, R. Efeito da temperatura e do fotoperíodo na duração e na taxa de crescimento de grãos de soja. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, v. 35, 2006, 28 p.

ROSOLEM, C. A.; SILVÉRIO, J. C. O.; NAKAGAWA, J. Densidades de plantas na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 9, p. 977-984, 1983.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, G. P.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da Soja: I Parte**. Viçosa: UFV, 1996. 96 p.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. C. Melhoramento da Soja. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999, cap. 14, p. 487-531.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; Barros, H. B. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas, 2009. 314 p.

STARLING, M. E.; WOOD, W. C.; WEAVER, D. B. Starter Nitrogen and Growth Habit Effects on Late-Planted Soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 90, n. 5, p. 658-662, 1998.

STULP, M.; BRACCINI, A. L.; ALBRECHT, L. P.; ÁVILA, M. R.; SCAPIM, C. A.; SCHUSTER, I. Desempenho agronômico de três cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura em duas safras. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 33, n. 5, p. 1240-1248, 2009.

THOMPSON, J. A.; BERNARD, R. L.; NELSON, R. L. Third Allele at the Soybean *d1l* Locus. **Crop Science**, Madison, v. 37, n.3, p. 757-762, 1997.

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

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World Agricultural Supply and Demand Estimates**. Disponível em: <<http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2015.

VERNETTI, F. J.; VERNETTI JUNIOR, F. J. **Genética da soja**: Caracteres qualitativos e diversidade genética. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 221 p.

VICENTE, D. **Marcadores moleculares para os genes dt1 e dt2 e características agronômicas em soja associados ao tipo de crescimento das plantas**. 2013. 62 f. Tese (Doutorado em Agronomia)–Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

WEAVER, D. B.; AKRIDGE, R. L.; THOMAS, C. A. Growth Habit, Planting Date, and Row-Spacing Effects on Late-Planted Soybean. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 3, p. 805-810, 1991.

WILCOX, J. R.; FRANKENBERGER, E. M. Indeterminate and determinate soybean responses to planting date. **Journal Agronomy**, Madison, v. 79, n. 6. p. 1074- 1078, 1987.