

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“ JULIO DE MESQUITA FILHO”**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**  
**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**FENOLOGIA, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE**  
**DE CULTIVARES DE SOJA EM FUNÇÃO DE ÉPOCAS DE**  
**SEMEADURA E DENSIDADES DE PLANTAS**

**Arnold Barbosa de Oliveira**

Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Julho de 2010

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JULIO DE MESQUITA FILHO”**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**  
**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**FENOLOGIA, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE  
DE CULTIVARES DE SOJA EM FUNÇÃO DE ÉPOCAS DE  
SEMEADURA E DENSIDADES DE PLANTAS**

**Arnold Barbosa de Oliveira**

**Orientadora: Profa. Dra. Maria Aparecida Pessôa da Cruz Centurion**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Julho de 2010

Oliveira, Arnold Barbosa de  
O48f Fenologia, desenvolvimento e produtividade de cultivares de soja em função de épocas de semeadura e densidades de plantas / Arnold Barbosa de Oliveira. -- Jaboticabal, 2010  
x, 78 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010  
Orientador: Maria Aparecida Pessôa da Cruz Centurion  
Banca examinadora: Paulo Henrique Caramori, Pedro Luís da Costa Aguiar Alves  
Bibliografia

1. *Glycine max*. 2. Época. 3. Cultivar. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 633.34:631.54

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.  
e-mail: arnold@cnpso.embrapa.br



## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**ARNOLD BARBOSA DE OLIVEIRA** - nasceu em Ladainha-MG, no dia sete de agosto de 1968. Graduiu-se em agronomia pela Universidade Federal de Lavras em 1992. Atuou como extensionista agropecuário na EMATER-MG, no período de 1995 a 2002. Especializou-se na área ambiental pela Universidade Federal de Viçosa em 2002. Atua como analista na Embrapa Soja desde 2002, na área de transferência de tecnologia. Em março de 2007 iniciou o mestrado na UNESP, Jaboticabal-SP, no curso de Produção Vegetal.

“Ainda que eu tivesse o dom da profecia, o conhecimento de todos os mistérios e de toda a ciência; ainda que eu tivesse toda a fé, a ponto de transportar montanhas, se não tivesse o amor, eu não seria nada. (...) O amor jamais passará. As profecias desaparecerão, as línguas cessarão, a ciência também desaparecerá. Pois o nosso conhecimento é limitado; limitada é também a nossa profecia. Mas, quando vier a perfeição, desaparecerá o que é limitado.”

I Coríntios 13: 2, 8 a 10

Dedico essa vitória a Deus, em cujas mãos está a nossa origem, caminho, direção e destino.

Dedico esse trabalho a todos que me proveram a base utilizada na sua elaboração. Aos que me acompanharam nos diversos trechos da minha longa caminhada, iniciada no momento em que recebi a vida, a concepção, uma família e os primeiros estímulos à luz da existência humana. Aos companheiros das décadas de jornada escolar, profissional e social. Entre eles o Monsenhor Otaviano (*in memorian*) com a sua orientação, à professora Dona Rosarina (*in memorian*) com o seu acolhimento, num dos primeiros anos da escola, ao Seu Adolfo de Sales, Dona Santa, Tia Maninha e Tio José Muniz, Dona Fia e Seu Lucídio com o importante apoio dado, por terem sido decisivos na soma com os esforços dos meus pais Cândido Barbosa de Oliveira e Clariana Satiro dos Santos, e dos meus irmãos. Aos amigos da escola agrícola de Barbacena e da Universidade de Lavras: Elson, José Geraldo Alves, Olímpio, Nélio (*in memorian*), Boaventura, José Custódio, Luís Carlos, Nauto, Frank, Charles, Toninho, Tafuri, José Eduardo, Alexander e Aurélio, dentre outros. Aos amigos da EMATER-MG e das prefeituras dos municípios onde trabalhei: Francisco, Vilma, Heitor, Danilo, Dóris, Marilene, Olavo e Walter, e a tantas pessoas que trago em meu coração, como Warley, Franci, Luciano, Kátia e Liliane, além de meus avós, pais, sogros, tios, irmãos, cunhados, primos e sobrinhos, pelo companheirismo. Eu não poderia esquecer essas pessoas.

Ofereço essa conquista a minha esposa, Maria de Lourdes Gomes de Oliveira, participante generosa dos esforços e sacrifícios que a possibilitaram.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, a quem eu devo tudo.

Aos colegas da Embrapa, entre eles: Osvaldo, César de Castro, Divânia de Lima, Garcia, Cattelan, Regina, Lineu, Amélio, Francisco, Álvaro, França, Cairo César, Geraldo Lonien, Ezequiel, Cláudia, Carol, Claudine, Ângelo, Ailton, Rubson, Alan, Alda, Rafael, Sérgio, Zuca, Pedro Moreira, Ivani, Tânia, Luís César, Vanoli e Guilhermino, com os seus assistentes Jhony e Rodolfo. Seus gestos, umas vezes de pai, outras de mãe e outras ainda de irmãos, foram incentivos para a realização desse projeto.

Aos colegas com quem estive em Jaboticabal: Gleina, Flávio, Jesus, Cristiane, Alba, e os meus “irmãozinhos” de orientação, Helena, Cristian, Gisele, Beatriz, Laertinho e Lucas. Conhecê-los durante essa experiência, contribuiu para enriquecê-la ainda mais.

Aos professores e funcionários da UNESP: Mônica, Sr. Tito, Sr. Sebastião, Osmar, professor Roberval (meu primeiro contato em Jaboticabal), Afonso Lopes (companheiro de longa data), professora Maria Aparecida, que em diversas oportunidades não se limitou a ser apenas orientadora.

Aos integrantes das bancas de qualificação e defesa, os professores Pedro, João, Maria Aparecida, e o pesquisador Paulo Caramori, pelas suas valiosas contribuições.

## SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	01
1. Introdução.....	01
2. Cultivares de soja, épocas de semeadura, densidades de plantas, e suas interações.....	03
2.1 Cultivares de soja e épocas de semeadura.....	03
2.2 Cultivares de soja e densidades de plantas.....	10
2.3 Densidades de plantas e épocas de semeadura.....	12
2.4 Componentes da produção, desenvolvimento e fenologia das cultivares	14
CAPÍTULO 2. FENOLOGIA DE CULTIVARES DE SOJA EM FUNÇÃO DE ÉPOCAS DE SEMEADURA.....	22
Resumo.....	22
Introdução.....	23
Material e Métodos.....	24
Resultados e Discussão.....	29
Conclusões.....	34
CAPÍTULO 3. DESENVOLVIMENTO E ACAMAMENTO DA SOJA CULTIVADA EM DIFERENTES ÉPOCAS E DENSIDADES DE PLANTAS .....	36
Resumo.....	36
Introdução.....	37
Material e Métodos.....	38
Resultados e Discussão.....	42
Conclusões.....	52
CAPÍTULO 4. PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE SOJA EM FUNÇÃO DE ÉPOCAS DE SEMEADURA E DENSIDADES DE PLANTAS .....	54
Resumo.....	54
Introdução.....	55
Material e Métodos.....	56
Resultados e Discussão.....	61

Conclusões.....	67
REFERÊNCIAS.....	68

## FENOLOGIA, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE SOJA EM FUNÇÃO DE ÉPOCAS DE SEMEADURA E DENSIDADES DE PLANTAS

**RESUMO** – O objetivo do trabalho foi avaliar fenologia, crescimento, desenvolvimento, acamamento e produtividade de soja, conforme cultivar, época de semeadura e densidade de plantas, em Londrina - PR. Dez cultivares de soja foram semeadas em 18/10 e 28/11/2008, e conduzidas nas densidades de 250 e 400 mil plantas por hectare. Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, e parcelas de quatro linhas de 8 m de comprimento. Quantificaram-se: (i) os dias, crescimento da haste e nós formados da emergência ao início do florescimento (VE-R1) e até a colheita (VE-R8); (ii) os dias até o início de enchimento de grãos (VE-R5); além de (iii) vagens e grãos por planta, massa de 100 sementes, ramificação, acamamento e produtividade na colheita (R8). A menor densidade de plantas promoveu maior formação de nós e ramos na haste principal. A primeira época condicionou maior crescimento das plantas no período reprodutivo e maior número de ramos. A segunda condicionou maior crescimento no período vegetativo. Períodos juvenis, na primeira, e fotoperíodos críticos, na segunda, influenciaram florescimentos, interagindo com os fotoperíodos, para a maioria das cultivares. O fator genético exerceu maior influência sobre as variáveis relacionadas ao desenvolvimento, produtividade e componentes da produção.

**Palavras-Chave:** acamamento, altura de planta, ciclo, *Glycine max*, peso de 100 sementes, produtividade

## PHENOLOGY, DEVELOPMENT AND YIELD OF SOYBEAN CULTIVARS AS A FUNCTION OF SOWING DATES AND PLANT DENSITIES

**SUMMARY** – The objective of this research work was to evaluate phenology, plant growth, development, lodging and grain yield of soybean, according to cultivar, sowing date and plant density in Londrina, PR. Ten soybean cultivars were sown on Oct/18 and Nov/28/2008, and cropped under 250 and 400 thousand plants per hectare. A randomized block design with four replicates was applied with plots consisting of four rows of 8 m long. The following evaluations were determined: (i) number of days, stem growth and nodes formed from seedling emergence to beginning flowering (VE-R1) and also up to harvesting (VE-R8); (ii) number of days to beginning of seed filling (VE-R5); and (iii) number of pods and grains per plant, mass of 100 seeds, branching, lodging and grain yield at harvest (R8). The lowest plant population resulted in the largest number of branches and nodes on the main stem. The first sowing date promoted the largest plant growth on the reproductive stage and largest number of branches. The second resulted in the largest plant growth in the vegetative period. Juvenile period in the first planting date and critical photoperiods in the second influenced flowering, which interacted with photoperiods for the majority of the cultivars. Genetic factors had the greatest influence on the variables related to plant development, grain productivity and yield components.

**Keywords:** lodging, plant height, cycle, *Glycine max*, weight of 100 seeds, grain yield

## **CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1. Introdução**

Nos programas de melhoramento, o grande número de linhagens dificulta a avaliação das mesmas em diferentes épocas de semeadura e densidades de plantas. Assim, as condições desses fatores são sempre as ideais. Por essa razão, há margem para maior conhecimento dessas cultivares, útil à adequada exploração de seu potencial e estabilidade de produtividade, sob diferentes condições de manejo. A caracterização detalhada das suas respostas a fatores sazonais e de manejo é necessária. Tais respostas resultam de interações muito complexas para se elucidarem nas etapas normais dos programas de melhoramento.

A variação de temperatura, fotoperíodo e umidade devida a época de semeadura influencia o crescimento e a produção de grãos. A soja é uma das espécies cultivadas mais sensíveis ao comprimento do dia, que regula a indução floral e o crescimento das plantas. A época da semeadura pode alterar o porte, em especial nos genótipos muito sensíveis à temperatura e fotoperíodo, com período juvenil curto e crescimento determinado, em regiões quentes. O porte reduzido pode prejudicar a produtividade e dificultar a colheita, aumentando as perdas. Já o crescimento excessivo, promove o acamamento das plantas e também pode resultar em queda na produtividade potencial de grãos e dificultar a colheita. Sendo assim, o estudo da fenologia na cultura da soja se reveste de grande importância. Trata-se das relações entre fatores climáticos, suas alterações sazonais e ciclo de desenvolvimento de plantas (VENTURA et al., 2009).

A época de semeadura recomendada para soja, na maioria dos estados produtores do Brasil se situa entre meados de outubro e meados de dezembro,

preferencialmente em novembro. Entretanto, muitas vezes, a infra-estrutura da propriedade e, principalmente, a irregularidade de chuvas dificultam a realização da semeadura na época mais adequada para cada cultivar. Assim, há necessidade de se contornar tais problemas, para explorar racionalmente a cultura, através do conhecimento da adaptabilidade das cultivares às diversas condições de produção e do manejo que elas passam a requerer. Para isso, dentre as características exploradas, estão: a precocidade, o tipo de crescimento, o comprimento do período juvenil e a resposta à densidade de plantas. Essas características podem garantir porte e produtividade adequados, nas diversas épocas de semeadura, principalmente em clima quente. Entretanto, para se conseguir esse resultado, há necessidade de melhor conhecimento das cultivares em diferentes épocas de semeadura e densidades de plantas.

A densidade de plantas pode influenciar, também, a altura de planta, reduzindo ou agravando problemas. Quando a redução do porte é o fator limitante, o aumento na densidade contribui para elevá-lo. Já nas regiões mais frias, busca-se a redução do porte, evitando assim o acamamento, que pode ser obtida com a diminuição da densidade de plantas.

A população ideal de plantas depende de sua interação com cultivar, época, local e condições climáticas do ano. A população muito baixa reduz o porte e a muito alta favorece o acamamento. Além da altura das plantas, ela pode definir a velocidade de cobertura do solo, facilitando o manejo, ao reduzir a reinfestação de plantas daninhas. Assim, pode maximizar o aproveitamento dos fatores de produção, como água, luz e nutrientes, e com eles, a produtividade.

Portanto, o conhecimento de cultivares melhor adaptadas às condições mencionadas está entre os fatores mais importantes na solução ou prevenção das questões discutidas. As respostas a época, densidade de plantas e local de semeadura, em termos de porte e acamamento ocorrem em função do tipo de crescimento e período juvenil, por exemplo. Essas características são úteis, sob densidades de plantas, épocas de semeadura e manejos adequados, com interações conhecidas.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o comportamento de dez cultivares de soja, nas densidades de 250 e 400 mil plantas por hectare, e duas épocas de semeadura, 18 de outubro e 28 de novembro de 2009, em Londrina - PR.

## **2. Cultivares de soja, épocas de semeadura, densidades de plantas, e suas interações**

O conhecimento do solo, clima e organismos envolvidos no sistema de produção, bem como a capacidade de identificação dos problemas da área agrícola são alternativas ao imediatismo. Trata-se da principal condição para se progredir na implantação de sistemas agrícolas mais produtivos, competitivos e racionais no uso da água e do solo (CÂMARA, 2000).

### **2.1 Cultivares de soja e épocas de semeadura**

As cultivares de soja respondem de forma particular à época de semeadura. Isso pode ocorrer em função da duração do ciclo, da sensibilidade ao fotoperíodo, da duração do período juvenil ou do tipo de crescimento. O aumento no porte de plantas através do melhoramento genético e a melhoria na capacidade produtiva dos solos contribuíram para antecipar a semeadura, a partir da década de 1980 (TECNOLOGIAS ..., 2008).

Na cultura da soja, a época de semeadura está entre os principais fatores determinantes da adequada instalação da população, crescimento, reprodução e plena formação dos grãos. De fato, ela alinha o desenvolvimento das plantas com a sazonalidade característica do período de tempo posterior à implantação da população de plantas (TECNOLOGIAS ..., 2008).

As condições climáticas se assemelham no decorrer dos anos, com algumas alterações referentes à temperatura e precipitação. Para o hemisfério sul, no período que abrange o cultivo da soja, a literatura apresenta algumas referências.

O comprimento do dia, ou fotoperíodo, é de 12 horas no dia 22 de setembro, cresce até 21 de dezembro, e passa a decrescer até 21 de março, quando volta a ser de 12 horas e continua diminuindo até 21 de junho. A taxa de alteração do comprimento do dia é determinada pela latitude. Quanto maior a latitude local, maior será o dia, em qualquer data, entre 22 de setembro e 21 de março. Quanto mais próxima a 21 de dezembro, maior será a diferença de comprimento de dias entre latitudes (BERGAMASCHI, 2010).

Durante o período da safra de soja, na média dos anos entre 1976 e 1996, em Londrina-PR, as temperaturas médias mensais aumentaram de 19,7°C para 23,8°C até janeiro, e diminuíram a 23,2°C, até março, conforme dados do IAPAR, fornecidos pela EMBRAPA (2010). Observa-se, ainda, que as precipitações médias mensais aumentaram de 123 mm para 223 mm até dezembro, quando passaram a se reduzir a 141 mm, até março.

Dentro do período de cultivo, esses elementos climáticos, a partir da semeadura, contribuem fortemente para a definição da duração do ciclo, altura da planta e produção de grãos, de forma dependente do local e do ano. Em tese, as semeaduras extemporâneas reduzem o porte e a produtividade das plantas. Já o ciclo se encurta na medida em que a semeadura se posterga (RANGEL & TEIXEIRA, 2001; TECNOLOGIAS ..., 2008). Essas observações são devidas à maior ou menor precocidade do florescimento, que é estimulada por dias curtos e temperaturas altas (CÂMARA, 1997; MARCHIORI et al. 1999; RODRIGUES et al., 2001), acima de 13°C (TECNOLOGIAS ..., 2008). As temperaturas baixas, bem como os fotoperíodos longos, resultam em florescimentos mais tardios e portes maiores de plantas (MARCHIORI et al., 1999).

Tudo isso ocorre na intensidade da sensibilidade da cultivar, em função do seu ciclo, período juvenil, em que ainda não está apta ao florescimento, e grau de determinação do tipo de crescimento (TECNOLOGIAS ..., 2008). RODRIGUES et al. (2001) apresentam diferenças de sensibilidade de cultivares, tanto ao fotoperíodo quanto à temperatura. Cada cultivar de soja tem uma resposta típica à época de semeadura, em termos de crescimento de planta e partição do ciclo pelo florescimento

(MARTIGNONE et al., 2006). Por essa razão, os florescimentos precoces e portes baixos ocorrem com mais frequência em cultivares muito sensíveis a épocas, semeadas antecipadamente (TECNOLOGIAS ..., 2008).

Cultivares de mesmo ciclo, semeadas juntas, florescem em épocas diferentes, na medida em que se encerram os seus períodos juvenis, sob dias de comprimentos inferiores ao seu fotoperíodo crítico (TECNOLOGIAS ..., 2008). O fotoperíodo crítico, específico de cada cultivar, é aquele suficientemente curto para induzir a florescimento da planta (TECNOLOGIAS ..., 2008). No período juvenil, também específico de cada cultivar, a planta não floresce, independente do fotoperíodo, por não ser capaz de desencadear uma seqüência bioquímica. Ao fim do período juvenil, dois dias curtos sensibilizam as folhas da planta, através de um pigmento azul chamado fitocromo (CÂMARA & HEIFFIG, 2000). Esse pigmento absorve luz vermelha (650 nm), perde dois átomos de hidrogênio para um componente receptor, e se converte numa forma ativada. Durante a noite, essa reação sofre reversão (DESTRO et al., 2001). Quando o fotoperíodo é favorável, ocorre uma provável combinação de dois ou mais hormônios endógenos. Essa combinação produz modificações bioquímicas nas células meristemáticas dos nós vegetativos da planta. Essas células passam a se multiplicar e a se diferenciar em primórdios florais (CÂMARA & HEIFFIG, 2000). Quando esse processo atinge as gemas vegetativas apicais, elas são transformadas em reprodutivas, e ocorre a finalização da geração de estruturas vegetativas (RODRIGUES et al., 2001). Provavelmente, esse fato explica a resposta das plantas ao comprimento do dia, em termos de ramificação, constatada por CARLSON (1973). Segundo esse autor, o genótipo é outro fator importante na determinação da ramificação. As cultivares mais sensíveis ao fotoperíodo são as mais tardias (MAJOR et al., 1975, citados por DESTRO, 2001).

ADENIYAN & AYOOLA (2007) apresentaram durações médias do período vegetativo de quatro cultivares de soja. Essas durações foram obtidas em dois anos consecutivos, em que as semeaduras foram realizadas, com exato um ano de diferença. Observa-se que um provável efeito de temperatura condicionou diferença significativa na duração do período vegetativo das plantas, de um ano para o outro.

Houve alteração importante na data da florescimento. Temperaturas excepcionalmente altas, afetam grande número de cultivares. No início da fase vegetativa da planta, as temperaturas muito altas aceleram a respiração e prejudicam tanto a síntese, quanto a translocação de carboidratos para os meristemas. Essas alterações comprometem o crescimento e antecipam o processo reprodutivo, em grande número de cultivares de soja. Sob altas temperaturas, a produção fotossintética é empregada na diferenciação celular, precursora de mudanças de estádios de desenvolvimento. Assim, ocorre prejuízo da multiplicação celular, precursora da alongação celular e crescimento da planta (EMBRAPA SOJA, 2010). Por outro lado, há situações em que a temperatura muito baixa retarda a entrada no período reprodutivo e também restringe o acúmulo de matéria seca (DAROISH et al., 2005). Como o florescimento não ocorre sob temperaturas noturnas abaixo de 14°C, as temperaturas noturnas influenciam mais o florescimento que as diurnas (DESTRO et al., 2001). O decréscimo de 1°C na temperatura média condiciona o adiamento do florescimento em dois a três dias (GARNER & ALLARD, 1930 citados por DESTRO et al., 2001). As cultivares mais afetadas pela temperatura são aquelas menos sensíveis ao fotoperíodo (LAWN & GYTH, 1973; WHIGHAM & MINOR, 1978 citados por DESTRO, 2001). As baixas temperaturas reduzem a reversão noturna da forma ativa do fitocromo B (PFR) para a forma não ativa (PR) (BUTLER & LANE, 1965).

Assim, de maneira geral, na cultura da soja, o período vegetativo e o porte das plantas são significativamente afetados por diferenças no fotoperíodo e na temperatura (CÂMARA, 1997). Tal fato é especialmente importante, em cultivares de hábito de crescimento determinado, que crescem menos após o florescimento (TECNOLOGIAS ..., 2008).

A partir do florescimento, o tipo de crescimento da cultivar define o crescimento adicional da planta, em altura. É por essa razão que as cultivares de crescimento determinado dependem dos períodos juvenis mais longos para crescerem por mais tempo e alcançarem maiores portes de plantas (TECNOLOGIAS ..., 2008). Elas chegam ao porte final com o início do enchimento de grãos (HOWELL, 1960, citado por GARCIA, 1979). Inclusive, nessas cultivares, dependendo da temperatura, há

indicativos que apontam para uma necessidade de um período vegetativo mínimo entre 42 a 58 dias, para evitar perdas importantes de produtividade (RODRIGUES et al., 2006).

Por outro lado, uma planta de hábito totalmente indeterminado pode inclusive dobrar o porte atingido na primeira fase (TECNOLOGIAS ..., 2008). Exatamente por essa característica, que além do período juvenil mais longo, o crescimento indeterminado também permite a obtenção de maiores portes, em semeaduras mais antecipadas, inclusive em plantas de ciclo precoce. Esse efeito é possível, principalmente em solos de alta fertilidade, sob adequadas condições de umidade e temperatura. Assim, em lavouras comerciais, as áreas estão sendo desocupadas a tempo da implantação do “milho-safrinha” ou outra cultura em sucessão à soja, no centro-norte do estado do Mato Grosso, no sul do estado de Goiás e em parte das regiões oeste e sudoeste do estado do Paraná. Apesar disso, há que se considerar os riscos de seca precoce e excesso de umidade na maturação e colheita da cultura da soja, respectivamente. A umidade, juntamente com a temperatura do solo, é um dos principais elementos do clima, que determinam a melhor época de semeadura. Entretanto, o excesso de chuva na maturação favorece a retenção foliar e as sementes são deterioradas pela ocorrência de chuvas na colheita (TECNOLOGIAS ..., 2008).

De modo geral, em função da época de semeadura, ocorrem modificações fenológicas e morfológicas da planta, inclusive nos componentes da produção, como número de vagens e número de grãos (GARCIA, 1979; MARTINS et al., 1999; PEIXOTO et al., 2000). Uma variação muito importante ocorre na estruturação da planta para o estabelecimento de sua produção. Em experimento conduzido por DAROISH et al. (2005), as plantas semeadas com mais antecedência, adquiriram mais tardiamente um índice de área foliar suficiente para a melhor interceptação de luz, devido a temperaturas baixas. O atraso na semeadura pode aumentar o grau de acamamento (WEISS et al., 1950; OSLER & CARTTER, 1954; LEFFEL, 1961 citado por PENDLETON & HARTWIG, 1973), ou pode ter efeito inverso, sob baixa precipitação (CARTTTER & HARTWIG, 1962 citados por PENDELETON & HARTWIG, 1973). Características fenológicas e morfológicas podem variar mais que a produção de grãos,

por compensação entre os componentes da produção, no sentido de aproximação das produções, em diferentes cultivares e épocas (GARCIA, 1979; MARTINS et al., 1999; PEIXOTO et al., 2000). Essa propriedade é chamada de plasticidade da cultura da soja. Os dados de FARIA (2000) ilustram a sua ocorrência entre diferentes épocas de semeadura. Apesar disso, em muitas situações, não há compensação nos componentes de produção que supere efeitos muito intensos do ambiente, como demonstrado por KOMORI et al. (2004). Trabalhando com cultivares e época de semeadura, esses autores observaram que em semeaduras tardias houve redução de produtividade, principalmente em cultivares precoces. Inclusive, o atraso na semeadura tende a prejudicar a altura das plantas de forma mais intensa, nas cultivares precoces (WEBER et al., 1966 citados por PENDLETON & HARTWIG, 1973). Em semeaduras tardias a redução do ciclo da soja se deve, principalmente, à redução na duração do período reprodutivo (GARCIA, 1979; MARTINS et al., 1999; MARCHIORI et al., 1999; PEIXOTO et al., 2000) e resulta na redução no porte das plantas (KOMORI et al., 2004). Essa redução será mais intensa quanto mais tardia a semeadura (PEIXOTO et al., 2000). A redução proporcional do ciclo, por efeito de época, pode ser maior em cultivares de ciclo mais longo (GARCIA, 1979).

A redução do período reprodutivo pode ser proporcional ao atraso da semeadura, principalmente em semeadura extremamente tardia. Nessa condição, a produtividade se reduz mais intensamente que nas outras épocas, mesmo nas cultivares com período juvenil longo. Esse fato ocorre especialmente se a cultivar com período juvenil longo for de ciclo precoce. O desempenho vegetativo em plantas submetidas a semeadura muito tardia diferencia cultivares (MARCHIORI et al., 1999). Além da redução do porte, a época de semeadura tardia, freqüentemente, promove redução no número de nós (GARCIA, 1979; MARTINS et al., 1999). Nessa situação, pode haver, também, redução do número total de vagens e de grãos (PEIXOTO et al., 2000). Havendo redução nos componentes da produção, por efeito da época, há risco de efeito sobre a produtividade final de grãos, que se correlaciona significativamente com o número de grãos por planta, assim como com a produção total de matéria seca da parte aérea (GARCIA, 1979).

Em cultivares de hábito de crescimento determinado, a altura da planta no florescimento não apenas dá uma idéia da altura final, mas também contribui para a definição da taxa de crescimento das plantas durante o período reprodutivo. Segundo resultados obtidos por CARVALHO et al. (2002), pode haver correlação entre a altura no florescimento e produtividade de grãos, isoladamente ou associada à duração do ciclo e com o número de nós da haste principal.

A época de semeadura pode ser mais determinante da produtividade que a densidade de plantas e que a cultivar utilizada (PEIXOTO et al., 2000). Em diferentes anos, as melhores épocas de semeadura, para cada genótipo, dependem do local considerado (SILVEIRA NETO et al., 2005).

As épocas de semeadura, em interação com o ciclo das cultivares, podem ainda determinar diferenças significativas na qualidade de sementes e grãos produzidos. A época pode expor as plantas a temperaturas mais altas e a chuvas em excesso, durante o período final de maturação dos grãos, ou ao ataque de percevejos (PEREIRA et al., 1979; COSTA et al., 1995). É comum, a ocorrência de danos de grãos por percevejos em semeaduras tardias ou em cultivares de ciclo longo. Esses insetos migram de lavouras já colhidas para as remanescentes no campo (TECNOLOGIAS ..., 2008).

Em função da maior ou menor sensibilidade das cultivares à variação na época de semeadura, estudos envolvendo esses fatores podem destacar aquelas que permitem semeadura em faixas de épocas bem distintas, dentro do período mais apropriado. Cultivares como a Paraná, que apresentam período juvenil longo, têm maior versatilidade de época de semeadura em relação a cultivares de período juvenil curto, como a Bragg (CARRARO et al., 1984). Portanto, o período juvenil longo permite a utilização de cultivares em faixas mais abrangentes de épocas de semeadura. Além disso, a semeadura em época pouco indicada pode resultar em baixa estatura da planta e baixa inserção de vagens (TECNOLOGIAS ..., 2008), principalmente com cultivares de época de semeadura restrita.

No geral, a época de semeadura deve favorecer a ocorrência de temperaturas compreendidas entre 20°C e 30°C, principalmente às mais próximas de 30°C (FARIAS

et al., 2007). O crescimento não ocorre a menos de 10°C (BROWN, 1960 citado por SHÖFFEL, 2002) ou 15°C (PASCALE, 1969 citado por SHÖFFEL, 2002), e declina acima de 31°C (BROWN, 1960 citado por SHÖFFEL, 2002). A época de semeadura deve possibilitar ainda, uma precipitação de 450 a 800 mm/ciclo, dependendo de condições como temperatura e umidade relativa do ar, do manejo da cultura e da duração do ciclo da cultivar. Após o início do florescimento da cultivar, a deficiência hídrica prolongada reduz drasticamente a produção. Nessa fase, é importante que a disponibilidade de água seja de 7 a 8 mm/dia (FARIAS et al., 2007), principalmente sobre as cultivares com arquitetura mais eficiente na captação de luz, em decorrência de maiores taxas de fotossíntese e transpiração (CASAROLI et. al., 2007).

Com base em todos esses fatores, na maioria das condições brasileiras, a semeadura adequada é efetuada entre meados de outubro e meados de dezembro (TECNOLOGIAS ..., 2008), mas há que se considerar as restrições impostas pelo local e cultivar.

## **2.2 Cultivares de soja e densidades de plantas**

A cultivar de soja, além do clima, época de semeadura e fertilidade do solo, é decisiva na resposta à densidade de plantas. Esse efeito ocorre em função de particularidades no fechamento das entrelinhas, bem como na altura e no acamamento das plantas (TECNOLOGIAS..., 2008). De maneira geral, plantas adensadas são mais altas, menos ramificadas, mais sujeitas ao acamamento e com menor quantidade de vagens nos estratos inferiores do dossel (PENDLETON & HARTWIG, 1973). Por outro lado, plantas menos adensadas são mais sujeitas a interferência de plantas daninhas e apresentam vagens menores (JOHNSON & HARRIS, 1967, citados por PENDLETON & HARTWIG, 1973). A altura da planta é prejudicada em favor do diâmetro da haste, nas plantas menos adensadas, nas quais a relação auxina/giberelina é menor (WATANABE et al., 2005). A interação entre cultivar e densidade pode aumentar ou reduzir a produtividade de grãos, principalmente na medida em que afeta o acamamento das plantas (PEIXOTO et. al, 2000; TECNOLOGIAS ..., 2008). Normalmente, plantas de

cultivares tardias, altas e com folhas grandes alcançam o seu potencial de produtividade quando semeadas em baixa densidade (JOHNSON & HARRIS, 1967 citados por PENDLETON & HARTWIG, 1973).

Entretanto, a densidade entre 200 mil e 500 mil plantas por hectare, normalmente afeta pouco a produtividade final, devido ao ajuste no número de ramificações (CARLSON, 1973; MARTINS et al., 1999; MARCHIORI et al., 1999), de grãos (PEIXOTO et al., 2000; KOMORI et al., 2004; TECNOLOGIAS ..., 2008), e, principalmente, de vagens por planta (HEIFFIG, 2002) para compensar o efeito da densidade. Outra alteração é a da massa de 1000 grãos por planta (PEIXOTO et al., 2000; HUNT, 1982 citado por DAROISH et al., 2005). Esses ajustes ocorrem com o avanço dos estádios de desenvolvimento da população e, também, é dependente da cultivar (PIRES et al., 2000; HEIFFIG, 2002; HEIFFIG et al., 2006). Trata-se da plasticidade da cultura, quanto a sua resposta às variações no arranjo de plantas, proporcionados por diferentes populações e espaçamento entre linhas de semeadura (QUEIROZ, 1975; TORRES, 1981). Além dessas adaptações, nas populações de plantas com maiores portes, há maior supressão de plantas mais fracas, com o avanço do ciclo (SILVA et al., 2001). Já nas baixas densidades, o aumento da taxa de assimilação líquida no final do período vegetativo e no início do período reprodutivo, algumas vezes contribui para equilibrar a taxa de crescimento celular e a produtividade de grãos (BOARD & TAN, 1995 citados por DAROISH et al., 2005). Muitos resultados exemplificam a plasticidade da soja envolvendo várias cultivares em densidades diferentes. Dentre eles há os apresentados por FARIA et al. (2000). LANA (1996), citado por CARPENTIERI-PÍPOLO et al. (2005), explica a variação compensatória entre os componentes primários da produção. Esse autor recorre a uma competição entre as estruturas da planta, principalmente das estruturas reprodutivas, decorrente de uma competição intensa entre plantas, dentro da população.

O surgimento de cultivares com maiores portes e a melhoria na capacidade produtiva do solo permitiram reduzir a recomendação da densidade de plantas, para menos de 400 mil plantas por hectare. Por essa e outras razões, a população de plantas pode estar entre 200 e 300 mil plantas por hectare, principalmente em

condições favoráveis ao acamamento. Um exemplo dessas condições são os grandes volumes de restos vegetais deixados sobre o solo pelos cereais de inverno, em regiões de clima temperado, sob o sistema de plantio direto. Outro exemplo é a boa distribuição de chuvas com baixas temperaturas noturnas, nos planaltos do cerrado, com solo devidamente corrigido. Nessas condições, novamente se recorre à genética e ao manejo, escolhendo cultivares com menores tendências ao acamamento, semeadas em menores populações (TECNOLOGIAS ..., 2008).

De maneira geral, o porte alto e o ciclo longo das cultivares são conciliados através de menores populações, dependendo da época de semeadura e do clima (TECNOLOGIAS ..., 2008), em função, inclusive da maior tendência ao acamamento (COOPER, 1971). Nesse caso, as menores densidades de plantas além de estarem relacionadas à redução de altura, podem reduzir o acamamento e favorecer maior sobrevivência de plantas (TOURINO et al., 2002). Já as cultivares de menor porte dependem de uma população de plantas maior para atingir o porte adequado (COOPER, 1971; MARTINS et al., 1999; MARCHIORI et al., 1999; HEIFFIG, 2002; TECNOLOGIAS ..., 2008). Além da altura da haste, a densidade de plantas também aumenta a altura de inserção da primeira vagem (HEIFFIG, 2002).

Há interações entre cultivares e arranjos de plantas, com variação de densidades, influenciando produtividade, acamamento e até germinação, vigor e sanidade nas sementes produzidas (MEDEIROS, 2005).

### **2.3 Densidades de plantas e épocas de semeadura**

A época de semeadura e a densidade de plantas têm efeitos significativos na obtenção de grãos e na produção biológica das plantas, de acordo com vários resultados, aí incluídos os de DAROISH et al. (2005). Esses fatores afetam o índice de área foliar em R5 e a taxa de assimilação líquida em todo o período de enchimento de grãos. Esses autores relatam o índice de área foliar e a taxa de assimilação líquida decrescendo com o atraso na semeadura. Ao longo do ciclo, a taxa de assimilação

líquida decresce apenas após o enchimento de grãos. Ela depende das condições de radiação solar.

Dentre os fatores ambientais determinantes da competição por recursos, estão a densidade de plantas e a época de semeadura. A época de semeadura também está relacionada à luz, já que determina variação na taxa de radiação solar, durante o ciclo da planta. LANA (1996), citado por CARPENTIERI-PÍPOLO et al. (2005), afirma que a competição intensa entre plantas na população se transfere para o interior das plantas, na demanda das diversas estruturas, por nutrientes e metabólicos. Essa transferência é particularmente importante, durante a formação das estruturas reprodutivas, resultando em compensação entre os componentes primários da produção, a exemplo de número de vagens e de grãos.

Há situações, como a relatada por RANGEL & TEIXEIRA (2001), em que, mesmo envolvendo várias cultivares, a densidade de plantas interage mais com a época de semeadura do que com os genótipos. Observa-se que em épocas muito extemporâneas de semeadura, os genótipos respondem de forma semelhante e acentuada à densidade de planta, em termos de altura de planta, altura de inserção de primeira vagem e produtividade.

Em população com baixa densidade de plantas, plantada antecipadamente, não houve diferença significativa de produção de grãos e índice de área foliar em relação às populações com densidade alta plantadas tardiamente. O aumento da densidade de plantas compensou o efeito do atraso na semeadura (DAROISH et al., 2005). Além disso, o acúmulo de massa decresceu na medida em que a produção de grãos se manteve. Nessa mesma situação, a época de semeadura produz efeito sob a taxa de assimilação líquida, apenas sob alta densidade de plantas, no período reprodutivo.

A interação entre densidade de plantas e época de semeadura também pode interferir na relação das plantas de soja com outros organismos. Como exemplo, a incidência dos fungos *Colletotrichum dematium* var. *truncata* e *Fusarium* spp., se deu de forma diferenciada em combinações de época antecipada e densidade de média para alta, dentro dos padrões testados por NUNES JÚNIOR et al. (2003).

A menor intensidade de luz, tanto pode ocorrer por efeito da época de semeadura, como pela densidade de plantas. Essa condição afeta o número de vagens por planta, um dos principais componentes da produção. Segundo EGLI & YU (1991), citados por MBAH et al. (2008), o sombreamento pode reduzir pela metade as vagens formadas em uma planta, com evidente reflexo na produtividade final.

As interações entre esses e outros fatores, bem como o potencial genético da cultivar com que se trabalha, definem a produção de grãos da população (BOARD, 2004 citado por DAROISH et al., 2005). Por essa razão, estratégias genéticas e culturais devem ser aprimoradas no sentido de identificar períodos em que o potencial de produção é limitado pela capacidade de assimilação de energia (BOARD, 1994, citado por DAROISH et al., 2005).

#### **2.4 Componentes da produção, desenvolvimento e fenologia das cultivares**

O estudo dos componentes da produção, do desenvolvimento e da fenologia na cultura da soja se justifica pela baixa herdabilidade da produção de grãos, entre outras razões. Assim, se torna interessante a recorrência a outras características correlacionadas à produtividade no melhoramento de soja (COOPER, 1976; GASTAL, 1978; HARTWIG, 1976; STROHM, 1967 citados por GARCIA, 1979), muito embora haja caso de componentes serem mais sensíveis a alterações não genéticas do que a própria produtividade. Um deles é apresentado por ARATANI et al. (2007), onde a diferença de vagens por planta não acompanha a cultivar na transição entre duas épocas de semeadura. Outro é apresentado por CARNEIRO (2007), em que sob ataque tardio de ferrugem asiática, a massa de sementes sofre mais com esse estresse que a produtividade, em todas as várias cultivares apresentadas. Como acontece nesse último caso, a inconstância do componente como indicador do potencial da planta, muitas vezes, pode ser atribuída a uma casualidade do histórico das plantas no campo.

Dentre as variáveis com relato de pareamento com a produtividade, são apresentadas a altura de planta, a duração do ciclo e a suscetibilidade ao acamamento, (ANAND & TORRIE 1973 e KWON & TORRIE 1964, citados por GARCIA, 1979). São

apresentados ainda, o número de vagens e de nós por planta, o número de vagens por nó, a massa da semente, (WEATHRSPOON e WENTZ, 1934, citados por GARCIA, 1979), bem como o número de sementes por planta e a produção de matéria seca (GARCIA, 1979).

A altura de planta apresenta relação estreita com a data da semeadura e o ciclo da cultivar. Ela cresce em época intermediária de semeadura e com os maiores ciclos. Quanto maior o ciclo da cultivar, mais drástica é a redução do porte, devida a datas extemporâneas de semeadura, que nessa situação reflete na produtividade. Por essa razão os genótipos de menores ciclos podem mostrar mais estabilidade da produtividade ao longo das épocas de semeadura (RANGEL & TEIXEIRA, 2001). Resultados obtidos por ADENIYAN & AYOOLA (2007) permitem comparar médias de altura de planta correspondentes a dois anos consecutivos, em que as datas de semeadura, à exceção do ano, foram mantidas. Nessa situação, dentro das condições estudadas, a altura de planta pouco varia de um ano para outro, provavelmente em função de idênticas condições de fotoperíodo, e semelhantes condições de manejo, temperatura e precipitação. O mesmo não se pode dizer quando se alteram as cultivares e o manejo, mesmo em se mantendo as mesmas datas de semeadura. Nos resultados citados, a altura de planta responde inclusive às diferenças no esquema de rotação de cultura e a plantios intercalares de outras culturas, e se comporta com alguma semelhança em relação ao número de vagens por planta.

O acamamento pode ser alterado pela época de semeadura, em função de precipitação (PENDLETON & HARTWIG, 1973). Esse fenômeno reduziu a produtividade em 23%, em condições de alta produtividade (COOPER, 1971 citado por PENDLETON & HARTWIG, 1973).

O número de vagens por planta é visto como um dos principais componentes da produção, pela sua correlação com a produtividade, conforme CARPENTIERI-PÍPOLO et al. (2005) citando vários autores. Essa correlação lhe confere potencial para base de seleção indireta de genótipos mais produtivos (PANDINE et al., 2003 citados por CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2005). CARPENTIERI-PÍPOLO et al. (2005), entre 12 características fenológicas e relacionadas à produtividade, ressaltam o valor da

correlação entre o número geral de vagens por planta e o número de vagens com um, dois e três grãos por planta, em estratégias de seleção. DAROISH et al. (2005) atribuem o equilíbrio da produção sob condições variadas de densidade de plantas e época de semeadura, ao equilíbrio no número de vagens por planta. Segundo eles, o número de vagens por planta depende de taxas de crescimento celular durante o início do período reprodutivo, quando são formadas as vagens. Esse componente é sensível a sombreamento (CASAROLI et al., 2007) e a deficiência hídrica expressiva durante o florescimento e enchimento de grãos (FARIAS et al., 2007). Nessa fase, a deficiência hídrica provoca fechamento estomático, enrolamento de folhas, queda prematura de flores, abortamento de vagens e formação de vagens vazias (FARIAS et al., 2007). O número de vagens por planta apresenta correlação negativa com a massa de 100 sementes e positiva com o índice de crescimento vegetativo (YANG & WANG, 2000 citados por CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2005). Em situações em que a população sofre um estresse tardio forte, como um ataque de ferrugem asiática relatado nos resultados mostrados por CARNEIRO (2007), o número de vagens expressa o potencial da cultivar, melhor do que a produtividade final.

Em médias de quatro cultivares e quatro sistemas de produção muito distintos, apresentados por ADENIYAN & AYOOLA (2007), o número de vagens se mostra constante, em semeaduras espaçadas de exatamente um ano. Este comportamento sugere que essa variável pode ser bastante característica da época de semeadura, em anos com pouca diferenciação climática, mantidos constantes as cultivares e o manejo da população de plantas. O mesmo não se pode dizer quando se varia as cultivares e os sistemas de produção, inclusive em relação a culturas intercaladas ou em rotação, que produzem alterações significativas nessa variável. Vale informar que o comportamento do número de vagens por planta apresenta alguma semelhança com a altura de planta, avaliada nas mesmas condições. O número de vagens por planta é afetado por sombreamento, que chega a causar a queda de metade das vagens produzidas, com reflexo na produção de grãos (EGLI & YU, 1991 citados por MBAH, 2008). Inclusive, as plantas mais adensadas apresentam menores quantidades de vagens nos estratos inferiores do dossel (PENDLETON & HARTWIG, 1973).

O número de sementes por planta, da mesma forma que o número de vagens, também é um bom testemunho do potencial da planta. Esse fato se verifica inclusive nos casos em que ocorre estresse ambiental importante, conforme resultados apresentados por CARNEIRO (2007). Essa estabilidade da variável vai depender da época de ocorrência do estresse. Os veranicos curtos são mais prejudiciais à produtividade, durante o período de enchimento de vagens, do que durante o florescimento (RUNGE & ODEL, 1960, citados por PENDLETON & HARTWIG, 1973). O período longo de florescimento capacita a planta a suplantar veranicos, sem prejuízo na produtividade (PENDLETON & HARTWIG, 1973). Além disso, nos casos em que ocorre abortamento de vagens, o número de grãos por vagem compensa parte desse prejuízo. A compensação é parcial, porque esse componente possui limite máximo determinado geneticamente (FARIAS et al., 2007). O número de sementes por planta apresenta correlação negativa com a massa de 100 sementes e positiva com o índice de crescimento vegetativo (YANG & WANG, 2000 citados por CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2005).

A massa da semente também tende a compensar prejuízo na formação de vagens, nos casos em que ocorre abortamento dessas estruturas (FARIAS et al., 2007). Esse fato também diz respeito à importância das boas precipitações no período de enchimento de vagens, conforme relatada por RANGE & ODEL (1960) citados por PENDLETON & HARTWIG (1973). Entretanto, essa compensação ocorre apenas em parte, porque esse componente também possui limite máximo determinado geneticamente (FARIAS et al., 2007). Logo, caso o prejuízo na formação de vagens seja muito grande, resultará em prejuízo na produção individual por planta, em massa. A seca pode diminuir a acumulação de massa no grão e acelerar a maturação (FARIAS et al., 2007). Por outro lado, o aumento no período de enchimento de grãos promove aumento em sua massa individual (TEIXEIRA et al., 1985).

O número de nós tem sido associado a horas de luz por dia, durante o desenvolvimento da haste da planta (GARCIA, 1979). O crescimento do tipo determinado leva a severa redução do tamanho da planta, com reflexo no número de

nós (HUYGUE, 1998). Em resultados obtidos por PEDERSEN & LAUER (2004), o número de nós foi normalmente acompanhado do crescimento das hastes.

Todas essas variáveis apresentam correlações positivas com a produtividade. Mas há resultados de correlação negativa da produtividade com características das plantas. Um deles é o porte de plantas com hábito de crescimento indeterminado, em razão do acamamento precoce (HARTWIG & EDWARDS, 1976, citados por GARCIA, 1979).

No desenvolvimento das plantas, a matéria seca produzida no período vegetativo é em torno de 80 % em plantas de hábito determinado e inferior a 60% em plantas de hábito indeterminado (EGLI e LEGGETT, 1973, citados por GARCIA, 1979). O acúmulo de matéria seca é máximo em R5 e depois declina com a senescência das folhas e do índice de área foliar (PEDERSON & LAUER, 2002 citados por DAROISH et al., 2005). As alterações na fonte de fotoassimilados sobre a produtividade da planta têm impacto dependente do estágio em que essas alterações ocorrem. A produtividade é mais influenciada pelas mudanças ocorridas entre os estádios R1 e R7, do que aquelas ocorridas anteriormente (SCHOU et al., 1978 citados por DAROISH, 2005). Outra observação diz respeito ao tempo de permanência da alteração no regime de atividade da fonte de fotoassimilados. Em ensaio conduzido no Sudoeste da Nigéria, a concorrência de plantas de mandioca com a cultura da soja, produzia menores efeitos sobre a produtividade de grãos e seus componentes, quando a mandioca era plantada com duas semanas ou mais, após a semeadura da soja (MBAH et al., 2008).

A relação entre produção total de massa e produção de grãos depende do índice de área foliar e da taxa de assimilação líquida. Trata-se da distribuição quantitativa dos tecidos componentes da massa vegetal, e do grau de atividade do tecido produtivo de fotoassimilados (DAROISH et al., 2005). Em geral, nas semeaduras antecipadas, a fração de matéria seca nas folhas e o índice de área foliar são muito maiores que nas semeaduras tardias (EGLI et al., 1985; EGLI et al., 1997, citados por DAROISH et al., 2005). A esse respeito, há uma situação apresentada em que, na semeadura antecipada, o maior índice de área foliar durante o início do período reprodutivo (de R1 a R5) promove mais acumulação de matéria seca, observada no início do enchimento

dos grãos (R5). Noutra situação, sob elevadas densidades de plantas, o índice de área foliar, da emergência até o início do enchimento de grãos, e a taxa de assimilação líquida, no início do período reprodutivo (R1 a R5) são responsáveis pelos maiores acúmulos de matéria seca, medida no início do enchimento de grãos (R5). Sobre a produção de grãos, no geral, a taxa de assimilação líquida (atividade da fonte), durante o período de enchimento de grãos, não aumentou a produtividade de grãos. Por outro lado, o índice de área foliar (tamanho da fonte) no início do enchimento dos grãos aumentou fortemente a taxa de crescimento celular, a acumulação total de matéria seca e a produtividade de grãos (DAROISH et al., 2005).

Em resultados de GASTAL & VERNETTI (1978), citados por GARCIA (1979), as características que se correlacionaram com a produção variaram em função do grupo de maturação. Apenas a massa de 100 sementes se correlacionou positivamente em uma análise conjunta. Nessa análise conjunta e também entre as cultivares precoces, a altura de inserção de vagens se correlacionou negativamente. Já o número de vagens com três grãos se correlacionou negativamente com a produtividade, apenas nas cultivares precoces.

Considerando estresses bióticos e a dinâmica dos componentes da produção, a massa de sementes mostrou mais sensibilidade à ferrugem asiática do que a produtividade, conforme dados apresentados por CARNEIRO (2007). Possivelmente, os demais componentes da produção definidos antes do ataque da doença, como o número de vagens e de grãos por planta tenham colaborado para reduzir o impacto da queda na massa de grãos na produtividade final da população. De fato, não houve nenhum caso em que dois ou mais componentes tenham sido atingidos, sem prejuízo na produtividade.

Resultados apresentados por ADENIYAN & AYOOLA (2007) mostraram que a altura de planta e o número de vagens por planta foram constantes em semeadura de mesmo dia e mês, entre anos consecutivos. Entretanto, houve inconstância da massa de 100 sementes em relação à época de semeadura. Apesar disso, na média geral de quatro cultivares em quatro diferentes sistemas de produção, as médias da massa de sementes acompanharam as da produtividade e da duração do período vegetativo de

um ano para outro. Quando se alteraram as cultivares e os sistemas de produção, o pareamento de médias entre essas variáveis não se manteve em todas as situações. Essa observação foi especialmente verificada em relação à duração do período vegetativo.

Uma correlação inusitada entre variáveis ocorreu entre a massa de 100 sementes, um componente da produção, e a resistência à broca da vagem, uma característica de resistência a praga (YAMANAKA et al., 2006). Foram consideradas as possibilidades da ocorrência de pleiotropia, ligação entre genes ou mecanismos fisiológicos envolvidos nesse tipo de correlação.

Nos casos em que a produtividade responde às variações no manejo, ela costuma ser afetada sistematicamente por época de semeadura (NUNES JÚNIOR et al.; 2000). Para esse autores, as épocas finais de semeadura são prejudiciais à produtividade. Essa relação também se observa em condições diferentes das brasileiras, como no caso relatado por DAROISH et al. (2005). Mas a época também possui influências mais casuais, intermediadas por estresses, principalmente os bióticos, como é o caso relatado por CARNEIRO (2007). A época tardia facilitou o ataque por ferrugem asiática. Épocas antecipadas e tardias podem ter efeitos semelhantes, como ocorre em resultados de NUNES JÚNIOR et al. (2003). Os fungos *Phomopsis* spp. e *Cercospora kikuchii* incidiram nas duas épocas extremas de semeadura, de forma mais intensa que em duas épocas intermediárias. Em casos muito particulares de pesquisas realizadas sobre o comportamento da cultura da soja em sistemas envolvendo cultivo consorciado na África, percebe-se profundas alterações no desempenho da população de soja. Essas alterações decorrem da interferência entre plantas, inclusive por alterações micro-climáticas produzidas pelas outras culturas, a exemplo de milho e mandioca, com prejuízos na produtividade da soja (ADENIYAN & AYOOLA, 2007; MBAH et al., 2008).

Resultados apresentados por ADENIYAN & AYOOLA (2007) evidenciaram produtividades com maiores variações que altura e número de vagens por planta. Esse fato decorreu de variações do ano, cultivares e sistemas de produção, mantidas as mesmas épocas de semeadura. A produtividade apresentou certo pareamento de

médias com a massa de 100 sementes. Já em relação à duração da fase vegetativa, o pareamento de médias só se observa quando apenas o ano varia.

Em função da inconstância dos resultados, as características mais estreitamente relacionadas aos processos fisiológicos associados à produtividade são mais convenientes para uso prático (BRIM, 1976; COOPER, 1976, citados por GARCIA, 1979). O vigor da planta é um exemplo dessas características (JOSHI & SMITH, 1978, citados por GARCIA, 1979). Recorrer a elas é uma forma de se refinar a busca de correlações constantes e, portanto, mais úteis. Outro ponto importante é a época em que a variável é determinada e sua relação com o histórico da população de plantas. Para exemplificar, em plantas submetidas ao ataque tardio por ferrugem asiática, as diferenças entre as variáveis definidas mais tardiamente tenderam a determinar diferenças significativas de produtividades, nos dados apresentados por CARNEIRO (2007). Nesse caso, a massa de sementes apresentou maior semelhança de comportamento com a produtividade, em relação ao número de vagens e de grãos.

## **CAPÍTULO 2 - FENOLOGIA DE CULTIVARES DE SOJA EM FUNÇÃO DE ÉPOCAS DE SEMEADURA**

**RESUMO** – O objetivo do trabalho foi avaliar respostas fenológicas de cultivares de soja a épocas de semeadura, em Londrina - PR. Dez cultivares de soja foram semeadas em 18/10 e 28/11/2008, com quatro repetições, em parcelas com quatro linhas de oito metros. Para cada cultivar e época de semeadura, quantificaram-se números de dias da emergência ao início do florescimento (VE-R1), ao início do enchimento de grãos (VE-R5) e à colheita (VE-R8). Períodos juvenis, na semeadura de 18 de outubro (primeira época), e fotoperíodos críticos, na de 28 de novembro (segunda época), influenciaram florescimentos, em interações com os comprimentos dos dias, para a maioria das cultivares. Na primeira época, os fotoperíodos curtos no início do ciclo abreviaram e diferenciaram mais a duração do período vegetativo, tornando-o mais divergente entre as cultivares estudadas. Entretanto, o conjunto de condições climáticas ao longo do ciclo atrasaram a maturação.

**Palavras-Chave:** ciclo, fase juvenil, floração, genótipo, *Glycine max*, sazonalidade

## Introdução

A variação na época de semeadura da soja afeta o desenvolvimento das plantas em intensidade variável entre as cultivares. Do ponto de vista fitotécnico, diversas características importantes da soja são afetadas pelo fator época, tais como a duração do ciclo, com alteração na duração dos subperíodos de desenvolvimento, a altura de planta e a produtividade de grãos, podendo, também, causar alteração na uniformidade de maturação das plantas e expor a cultura a fatores físicos e biológicos adversos. Assim, conhecer a resposta das cultivares de soja à variação na época de semeadura é de suma importância para um adequado manejo dessa cultura. Essa resposta depende, entre outros fatores, da sensibilidade de cada cultivar à temperatura e ao fotoperíodo e, também, da duração do seu período juvenil, tempo transcorrido entre a emergência das plantas e a indução floral (TECNOLOGIAS ..., 2008).

Na maioria dos casos, nos programas de melhoramento, a seleção de linhagens em campo é feita em uma única época de semeadura, em função do grande número de genótipos avaliados. Nas condições do produtor as semeaduras são realizadas num espaço de tempo que pode variar de um a dois meses. Por essa razão, há necessidade de se avaliar em mais de uma época as cultivares lançadas, para disponibilizar mais informações sobre como manejá-las adequadamente e explorar melhor seu potencial.

A fenologia das plantas refere-se ao estudo das suas fases de desenvolvimento e permite compreender a relação entre as características morfológicas e fisiológicas das plantas e os fatores do ambiente, especialmente os de ordem climática (VENTURA et al., 2009). Os principais fatores climáticos considerados, no caso da soja são umidade, fotoperíodo e temperatura (TECNOLOGIAS ..., 2008). Como a expressão do clima varia no tempo, a variação da época de semeadura pode alterar a fenologia (KOMORI et al., 2004) e, no caso da soja, o desempenho agrônômico das cultivares.

A esse respeito, o fotoperíodo controla a indução floral, com reflexo na duração do período vegetativo e do ciclo. Assim, o atraso na semeadura, em relação à melhor época – meados de outubro a meados de dezembro, na maior parte do Brasil - reduz o ciclo (TECNOLOGIAS ..., 2008); dias curtos antecipam o florescimento (RODRIGUES et

al., 2001); temperaturas baixas aumentam e temperaturas altas diminuem o número de dias entre a emergência e o florescimento (RODRIGUES et al., 2001; COOPER, 2003; EMBRAPA SOJA, 2010). Essas variações de ciclo influenciam o crescimento das plantas, variando sua intensidade conforme a duração do período juvenil, o hábito de crescimento e a sensibilidade das cultivares a esses fatores (TECNOLOGIAS ..., 2008). Conhecer a resposta das cultivares através da sua fenologia permite compreender melhor o efeito da época de semeadura. Essas informações são de fundamental importância nos casos de se ter que semear fora da época preferencial, quer para escalonar a semeadura em grandes áreas ou, como vem ocorrendo nos últimos anos, visando colher mais cedo e cultivar outras espécies em sucessão, como é o caso do “milho-safrinha”. Conhecer a duração das fases de desenvolvimento é fundamental, também, para a programação de práticas como o controle de doenças, que requerem, para seu sucesso, aplicações em estádios de desenvolvimento bem definidos.

Por essas razões, o presente trabalho avalia o comportamento fenológico de dez cultivares de soja em Londrina-PR, em duas épocas de semeadura.

## **Material e Métodos**

O trabalho foi conduzido na safra 2008/09, na estação experimental da Embrapa Soja, localizada no distrito de Warta, em Londrina-PR, latitude 23°51', longitude 51°11' e altitude de 585 m. A área utilizada apresenta relevo suave ondulado e solo do tipo latossolo vermelho distroférico de textura argilosa, manejado nos últimos anos sob o sistema de plantio direto, onde havia sido cultivada aveia preta na safra de inverno de 2008 e soja na safra de verão do ano anterior. Temperaturas e precipitações médias decendiais e fotoperíodos ocorridos, bem como o balanço hídrico verificado durante a condução do experimento em campo estão apresentados na Tabela 1 e nas Figuras 1 e 2. Os fotoperíodos foram calculados conforme crepúsculos civis, de acordo com SUMMERFIELD & ROBERTS (1987), citados por STEWART et al. (2003).

Tabela 1. Médias<sup>(1)</sup> de temperaturas (T °C) e precipitações decendiais (P) em mm, no período vegetativo (PV), nas fases entre inícios de florações e enchimentos de grãos (R1-R5) e entre início de enchimento de grãos e colheita (R5-R8).

Época de Semeadura	PV		R1-R5		R5-R8	
	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)
18/10	22,5	32,7	23,3	29,6	23,3	74,4
28/11	23,1	54,9	23,2	58,3	24,3	57,5

Fontes: <sup>(1)</sup> Estação meteorológica da Embrapa Soja, Londrina-PR.

As dez cultivares estudadas estão descritas na Tabela 2. Elas são os últimos lançamentos e as mais demandadas dentre as desenvolvidas pela EMBRAPA SOJA para a Região Centro-Sul. Avaliaram-se os efeitos de duas épocas, 18/10 e 28/11, com emergência das plântulas em 24/10 e 05/12/2008, respectivamente, e de duas densidades de plantas, 250 mil e 400 mil plantas/ha, cada época constituindo um experimento instalado em área contígua. As populações foram obtidas por semeio de excesso de sementes e padronização das densidades, logo após a emergência.

Tabela 2. Época de semeadura recomendada (E.S.R.), grupo de maturidade (G.M.), duração do ciclo e genealogia das dez cultivares estudadas.

Cultivar	E.S.R.	G.M	Ciclos (dias)	Genealogia
BRS 232	20/10-10/12	6.9	116-142	BR85-18565 <sup>3</sup> x [Embrapa 4 <sup>3</sup> x Tracy-M]
BRS 242 RR <sup>1</sup>	10/10-10/12	6.7	114-140	Embrapa 585 x (E96-246 x Embrapa 59)
BRS 255 RR <sup>1</sup>	15/10-10/12	6.7	114-143	BRS 1373 x E96-246
BRS 260	15/10-10/12	7.0	124-142	BRS 133 x CD 201
BRS 268	05/10-20/12	6.9	116-142	FT86-309 x FT86-195
BRS 282	10/10-10/12	6.9	116-142	Embrapa 48 x BR94-23316
BRS 283 <sup>2</sup>	05/10-10/12	6.5	110-134	Don Mário 48 x Suprema
BRS 284 <sup>2</sup>	05/10-10/12	6.6	108-132	Mycosoy-45 x Suprema
BRS 294 RR <sup>1</sup>	20/10-10/12	6.3	108-134	PF 94-1048 x Embrapa 59 RR
BRS 295 RR <sup>1</sup>	15/10-10/12	6.5	110-134	Virgínia 572 RR x BRS 231

Fontes: CULTIVARES..., 2009.

<sup>1</sup> Transgênicas resistentes ao herbicida glyphosate

<sup>2</sup> De hábito de crescimento indeterminado

Portanto, os fatores de variação em cada experimento –época - foram: densidade e genótipo. Os tratamentos resultantes da combinação desses fatores foram aplicados no campo em esquema de faixas, delineamento experimental blocos casualizados completos, com quatro repetições. Os blocos eram paralelos à curva de nível, com o fator cultivar casualizado neste mesmo sentido e a densidade no perpendicular (Figura

3). Cada parcela tinha quatro linhas de 8 m, espaçadas de 0,45 m, sendo a área útil de 6,3 m<sup>2</sup>, formada pelas duas linhas centrais, excluindo-se 0,50m de cada extremidade.

As sementes foram tratadas com carboxin e thiram, na dose de 2,5 ml p.c./kg de semente, e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, na dose de 3 ml p.c./kg de semente. A adubação foi realizada com 250 kg/ha da fórmula 00-20-20. Imediatamente à emergência, desbastaram-se as plântulas excedentes, conforme densidade planejada, 250 mil e 400 mil plantas por hectare. Durante o desenvolvimento das plantas, utilizou-se o seguinte manejo: (i) duas aplicações de herbicidas, com os produtos sulfentrazone e cletodim, nas doses de 1,2 e 0,4 L p.c. (produto comercial) por ha,; (ii) duas aplicações de fungicidas, primeiro com azoxistrobina, e depois com tebuconazol na dose de 300 mL p.c./ha e 400 mL p.c./ha, respectivamente e (iii) duas aplicações de inseticidas com metamidofós, na dose de 800 mL p.c./ha, alternadas por uma de cipermetrina e tiametoxan, na dose de 300 mL p.c./ha.

As variáveis estudadas foram as durações em dias, dos períodos compreendidos entre os estádios fenológicos VE e R1, VE e R5 e VE e R8, determinados através da escala de FEHR & CAVINESS (1977). Os estádios VE, R1, R5 e R8 correspondem, à emergência, início do florescimento, início do enchimento de grãos e ponto de colheita, respectivamente. Nas análises de variância usaram-se dois modelos, conforme PIEDADE (1987). O primeiro foi o de KEMPTHORNE (1951), usado para análise da interação entre cultivar e densidade dentro da mesma época, e o segundo para análise do efeito de época. A comparação entre médias dentro de época foi feita pelo teste de Tukey (P=0,05). As análises estatísticas foram realizadas no programa SAS®, versão 9.1.3, com rotinas baseadas nos modelos utilizados.

Como os experimentos envolviam outras variáveis, além das fenológicas, o fator densidade foi mantido neste capítulo, sem entretanto ser discutido, por não ter efeito significativo sobre as variáveis aqui estudadas, conforme esperado.

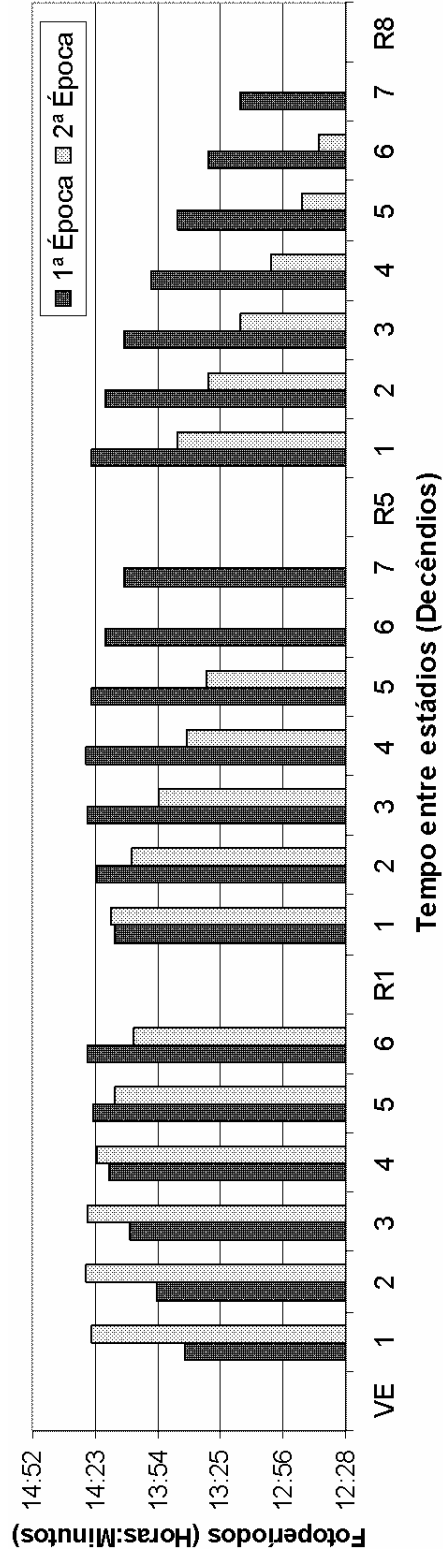


Figura 1. Médias decenais de fotoperíodos nos períodos vegetativo (VE-R1), entre os inícios do florescimento e do enchimento de grãos (R1-R5), e entre o início de enchimento de grãos e a colheita (R5-R8). Fonte: Cálculo através do software DAYTAB, apresentado por Goodspeed (1975).

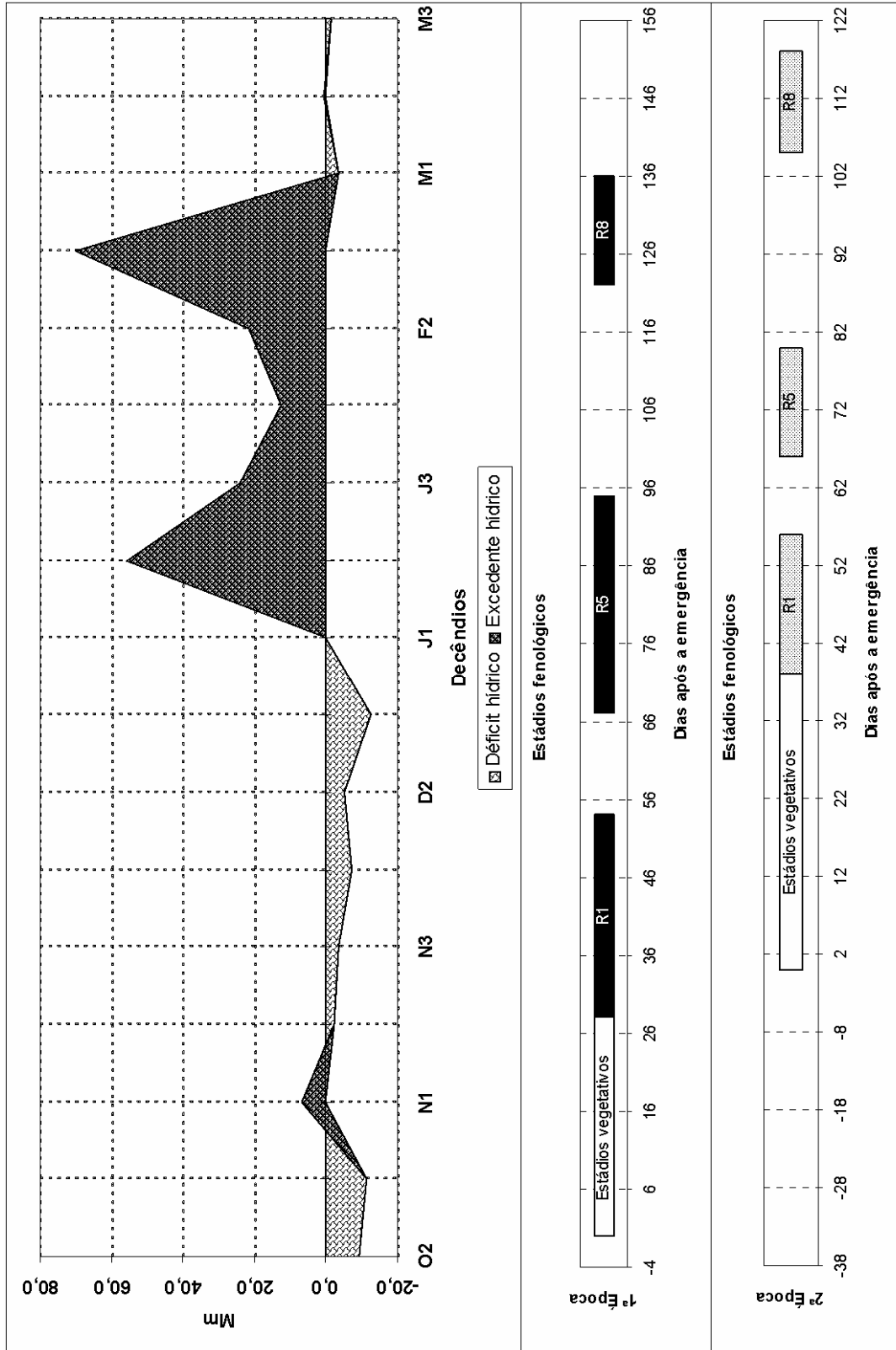


Figura 2. Balanço hídrico sequencial por Thornthwaite & Mather (1955) referente ao período de condução dos experimentos.

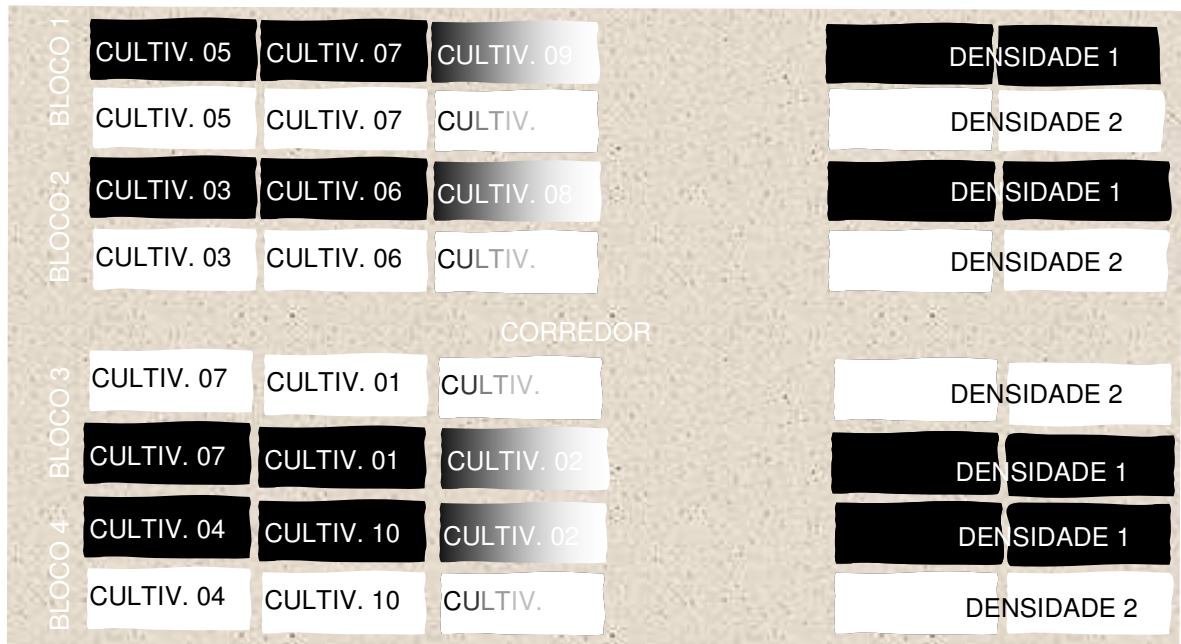


Figura 3. Disposição do experimento no campo.

## Resultados e Discussão

Verificou-se efeito significativo da época de semeadura para o conjunto de cultivares avaliado sobre as três variáveis estudadas: (i) duração do período vegetativo, VE - R1; (ii) duração do período anterior ao início do enchimento de grãos, VE-R5; e (iii) duração do ciclo a partir da emergência, VE-R8 (Tabela 3).

Tabela 3. Valor de F do fator época (E) e de sua interação com o fator cultivar (C x E), na duração do período vegetativo (VE a R1), na duração do período compreendido entre a emergência e o início do enchimento de grãos (VE a R5), e na duração do ciclo (VE a R8).

Fonte	VE-R1	VE-R5	VE-R8
E	015,72**	005,75*	248,10**
C x E	124,56**	107,06**	001,97 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup>não significativo ao nível de 5% de probabilidade. \*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. \*\*significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Apesar da significância do efeito da época de semeadura para as três variáveis avaliadas, verificou-se que seu efeito foi mais expressivo nos estádios de VE-R1 e VE-R8. No estágio VE-R1, esse efeito se expressa na menor duração do período vegetativo das plantas na primeira época em relação à segunda. No final do ciclo, os efeitos mais expressivos decorrem da menor duração do período reprodutivo das plantas na segunda época (Tabela 4). O número de dias da emergência ao início do florescimento (VE-R1), entre a primeira e a última cultivar a florescer, variou de 28 a 54 dias, na primeira época, e de 38 a 56 dias, na segunda. As cultivares BRS 284 e BRS 242 RR foram as que apresentaram a menor e a maior duração desse período, respectivamente, nas duas épocas. Portanto, na primeira época o início do florescimento ocorreu mais cedo e o número de dias de VE a R1 variou mais, em relação à segunda época.

Tabela 4. Médias<sup>(1)</sup> de tempo (dias) até os inícios do florescimento (VE-R1), do enchimento de grãos (VE-R5) e do ciclo a partir da emergência, e significâncias exatas do teste F<sup>(2)</sup> para o fator cultivar (C), na primeira (18/10) e segunda época (28/11).

Cultivar	VE-R1		VE-R5		Ciclo Total (VE-R8)	
	18/10	28/11	18/10	28/11	18/10	28/11
BRS 232	36 g	43 f	76 c	71 cd	131 c	116 b
BRS 242 RR	54 a	56 a	95 a	80 a	136 a	118 a
BRS 255 RR	41 e	45 e	68 e	70 de	132 b	115 b
BRS 260	46 c	49 b	79 b	73 b	130 bc	116 b
BRS 268	48 b	47 c	71 d	72 bc	130 c	116 ab
BRS 282	43 d	49 b	78 b	72 bc	130 bc	116 b
BRS 283	44 d	46 d	76 c	70 d	126 cd	115 b
BRS 284	28 h	38 g	67 e	66 f	122 e	105 d
BRS 294 RR	43 d	45 e	68 e	69 e	122 de	109 c
BRS 295 RR	39 f	43 f	72 d	71 cd	122 cd	114 b
Média	42	46	75	71	128	114
Cultivar	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (C)	2%	2%	1%	1%	2%	2%
CV (Exp.)	1%	2%	1%	1%	1%	1%

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de mesmas letras, dentro da mesma época, são iguais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>Significância exata menor que 0,05 indica efeito significativo.

A relativa precocidade do florescimento das plantas na primeira época deveu-se aos dias mais curtos no período vegetativo em relação à segunda época (Figura 1). Tal fato está de acordo com relatos de vários autores, dentre eles RODRIGUES et al. (2001). Eles afirmam a importância de dias curtos na indução da antese e na

aceleração do período vegetativo. Na segunda época, as plantas foram expostas a dias mais longos no início do ciclo, o que determinou o alongamento do período vegetativo, diferindo entre as cultivares. Dias longos tornam mais lento o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos (RODRIGUES et al., 2001). Na segunda época, esse efeito foi observado, mesmo com temperaturas mais altas do que as ocorridas durante essa fase de desenvolvimento na primeira época (Tabela 1). Portanto, o fotoperíodo foi mais determinante que a temperatura, apesar da relação inversa entre a temperatura média e a duração do período vegetativo, conforme PASCALE (1969), citado por RODRIGUES et al. (2001).

A influência da época de semeadura sobre a duração dos estádios de desenvolvimento das cultivares prosseguiu após o florescimento (Tabela 4) e, ao contrário do que ocorreu com o período vegetativo, a segunda época antecipou os estádios fenológicos das plantas. GARCIA (1979) e PEIXOTO et al. (2000) estão entre muitos autores que mencionaram encurtamento do período reprodutivo em semeaduras mais tardias. Possivelmente, na segunda época, a partir do florescimento as condições de temperatura, precipitação e fotoperíodo se tornaram mais adequadas à celeridade do desenvolvimento. Entre o florescimento e o início do enchimento de grãos (R1 a R5) ocorre grande exigência de água pela planta de soja (FARIAS et al., 2007). A suficiência hídrica aumenta a viabilidade da florada, garantindo demanda e transferência de fotoassimilados necessárias ao encerramento normal do ciclo (TECNOLOGIAS ..., 2008). Nessa fase, as condições de crescimento determinam o número de células nos cotilédones das sementes em formação, que influencia a sua taxa de crescimento (MUNIER-JOLAIN & NEY, 1998). Na segunda época, após o início de enchimento de grãos, as plantas se desenvolveram em ambiente com maiores médias de temperaturas, menores médias de precipitações e menor excedente hídrico no período próximo à colheita. Condições como essas promovem maior rapidez do acúmulo de matéria seca e de óleo nos grãos (TEIXEIRA et al., 1985), acelerando o ciclo. O excesso de umidade prolonga o verde de hastes e vagens em algumas cultivares, independente de carga (TECNOLOGIAS ..., 2008). Além disso, o fotoperíodo, que após o florescimento passou a ser mais curto na segunda época,

continuou importante, antecipando os estádios fenológicos. Ou seja, as sementeiras tardias expõem as plantas a condições de fotoperíodos curtos no final do ciclo. WASHBURN & THOMAS (2000), COOPER (2003), WU et al. (2005) e HAN et al. (2006) apresentaram resultados em que o comprimento de dia influencia fases posteriores ao florescimento.

Os efeitos significativos do fator cultivar sobre a duração dos períodos de desenvolvimento estudados (Tabela 4) estão relacionados à duração do período juvenil, ao fotoperíodo crítico e à sensibilidade de cada cultivar ao fotoperíodo e à temperatura. Estes resultados corroboram afirmativas encontradas em TECNOLOGIAS... (2008). Oito genes (E1 a E7 e J) foram relacionados ao tempo de florescimento, maturação e sensibilidade fotoperiódica da soja (MATSUMURA et al., 2008). A sensibilidade fotoperiódica é controlada pelo balanço entre fatores indutores e inibidores do florescimento, com ações aparentemente antagônicas (COBER & CURTIS, 2003).

Os resultados sugerem que, na primeira época, a duração do período juvenil das cultivares foi, entre os fatores endógenos, o preponderante na determinação da duração do período vegetativo. O período juvenil é o período a partir da emergência em que a planta ainda está inapta a receber a indução ao florescimento, mesmo em condições de fotoperíodo e temperatura favoráveis (THOMAS & VINCE-PRUE, 1984 citados por CÂMARA et al., 1998). Ele se encerra, conforme cada genótipo, quando a planta adquire a capacidade de “perceber” o fotoperíodo curto. Esse estímulo é recebido na planta através de um fitocromo. Ao absorver a luz vermelha (650 nm) o fitocromo se oxida e se transforma numa forma ativa, por uma reação fototérmica, que se reverte durante a noite (DESTRO et al., 2001). Conforme o balanço entre tempo de luz e sombra, a planta transforma seus meristemas vegetativos em reprodutivos (RODRIGUES et al., 2001).

As condições observadas durante o período vegetativo das plantas, na primeira época (Tabela 1, Figuras 1 e 2), foram favoráveis à celeridade do florescimento. Os dias eram ainda curtos nas primeiras semanas após a emergência das plântulas, condição favorável à indução floral, o que reforça a hipótese de que as cultivares que floresceram

mais tarde nessas condições têm período juvenil mais longo que as que floresceram primeiro.

As temperaturas médias acima de 23°C (Tabela 1) estavam na faixa ideal para a cultura, que é de 20 a 30°C (FARIAS et al., 2007), facilitando o florescimento, conforme MOTA (1983) e EMBRAPA (1998), citados por SCHÖFFEL & VOLPE (2002) e DAROISH et al. (2005).

Na segunda época, nas cultivares com período juvenil curto, o fator preponderante na indução do florescimento foi o fotoperíodo crítico das cultivares. Tal afirmação se baseia no fato de que na segunda época as plantas tiveram maior período vegetativo, tendo no início do desenvolvimento sido submetidas aos comprimentos de dias mais longos do ano (Figura 1). Como as cultivares com períodos juvenis mais curtos não encontraram condições de dias curtos para a indução floral, tiveram seu período vegetativo alongado, contribuindo para redução do tempo entre as primeiras e as últimas cultivares a iniciarem o florescimento. O fotoperíodo crítico é aquele, específico de cada cultivar, suficientemente curto para induzir a antese (TECNOLOGIAS ..., 2008). Essa característica varia com a temperatura e o seu valor é menor em cultivares tardias (RODRIGUES et al., 2001).

Os resultados obtidos evidenciaram que a cultivar BRS 284 seguida pela BRS 232 apresentam período juvenil mais curto que as demais avaliadas, por serem as primeiras a florescer sob condições de dias curtos. Este aspecto é desfavorável do ponto de vista prático, principalmente nas cultivares de hábito de crescimento determinado, como a BRS 232, pois estas podem, nessas condições, apresentar porte de planta muito baixo, dificultando a colheita e contribuindo para aumentar as perdas de grãos nesse processo.

É provável que a sensibilidade de cada cultivar ao fotoperíodo e à temperatura também influenciaram o momento da antese, em ambas as épocas. As cultivares diferem na sensibilidade a esses fatores, que determina a duração dos períodos pré-indutivo, indutivo e pós-indutivo (RODRIGUES et al., 2001). WILKERSON et al. (1989) se referem ao período pré-indutivo floral como uma fase puramente vegetativa, sem sensibilidade ao fotoperíodo; ao período indutivo, como uma fase sensível ao

fotoperíodo, quando ocorre a indução; e ao período pós-indutivo, como uma fase posterior à indução, inicialmente sensível ao fotoperíodo. A influência dos fotoperíodos curtos na duração da fase pré-indutiva tem sido discutida (WANG et al., 1998, citados por RODRIGUES et al., 2001). No período pós-indutivo essa influência pode ser constatada (RODRIGUES et al., 2001).

É provável que as cultivares BRS 268, BRS 242 RR, BRS 283 e BRS 294 RR apresentaram menor sensibilidade ao fotoperíodo e maior à temperatura em relação às demais. Elas mantiveram praticamente a mesma duração de período vegetativo, nas duas épocas, possivelmente porque tiveram o florescimento antecipado devido as altas temperaturas ocorridas durante esse período, na segunda época. Essas características permitem a indução floral mais tardia, apesar de dias curtos, especialmente em temperaturas baixas, que atrasam esse evento. Trata-se de comportamento característico das cultivares precoces (RODRIGUES et al., 2001), como a BRS 283 e a BRS 294 RR, ou daquelas com período juvenil longo. Na cultivar BRS 283, ressalta-se a coexistência da pouca sensibilidade ao fotoperíodo e tipo de crescimento indeterminado.

Todas as cultivares encurtaram o ciclo na segunda época, sendo que a BRS 295 RR apresentou menor redução (oito dias) e a BRS 242 RR maior redução (18 dias), seguida da BRS 255 RR e da BRS 284 (17 dias).

Na primeira época, a duração do ciclo (VE a R8) de todas as cultivares estudadas ficaram dentro dos intervalos esperados, conforme descrição das cultivares (CULTIVARES..., 2009) apresentada na Tabela 2. Na segunda época, a cultivar BRS 260 apresentou ciclo inferior ao descrito, sugerindo maior elasticidade do ciclo, na interação com as condições estudadas.

## **Conclusões**

1. Nas condições de Londrina-PR, a duração do período vegetativo da soja é fortemente determinada pela interação do fotoperíodo com o período juvenil das

cultivares, em plantas emersas no final de outubro, e com o fotoperíodo crítico, nas cultivares de período juvenil curto, em plantas emersas no início de dezembro.

2. A influência do fotoperíodo no florescimento é mais decisiva do que a da temperatura sobre plantas emersas no final de outubro e no início de dezembro, nas cultivares BRS 232, BRS 255 RR, BRS 260, BRS 282, BRS 284 e BRS 295 RR.
3. Em semeaduras realizadas em meados de outubro, em Londrina-PR, os fotoperíodos curtos no início do ciclo abreviam e tornam a duração do período vegetativo mais discrepante entre as cultivares estudadas e alongam o período reprodutivo.

### **CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO E ACAMAMENTO DA SOJA CULTIVADA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA E DENSIDADES DE PLANTAS**

**RESUMO** – O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de duas épocas de semeadura e duas densidades de plantas sobre o desenvolvimento de plantas de dez cultivares de soja, em Londrina-PR. Nesse intuito conduziram-se dois experimentos com plântulas emersas em 24/10 e 05/12/2008, nos quais as dez cultivares foram expostas às densidades de 250.000 e 400.000 pl/ha. Utilizaram-se quatro repetições, com parcelas de oito linhas de oito metros. As variáveis avaliadas foram: crescimento da haste principal nos períodos vegetativo (entre VE e R1), reprodutivo (entre R1 e R8) e total, ao final do ciclo (entre VE e R8); número de nós na haste principal no período vegetativo e ao final do ciclo, ramificações e acamamento ao final do ciclo. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que: o fator genético foi o que exerceu maior influência sobre as variáveis estudadas; a primeira época favoreceu o crescimento das plantas no período reprodutivo e condicionou maior número de ramificações, enquanto a segunda época favoreceu o crescimento no período vegetativo; a menor densidade de plantas proporcionou a maior formação de nós e de ramos na haste principal.

**Palavras-Chave:** cultivares, sensibilidade fototérmica, *Glycine max*, ontogenia, sazonalidade, sensibilidade genotípica

## Introdução

As informações referentes às épocas e densidades de plantas para as novas cultivares lançadas são limitadas. Os experimentos utilizados para fins de indicação da cultivar são conduzidos em densidades de plantas e épocas de semeadura padrões. A cultivar, a época e a densidade de plantas são fatores importantes no desenvolvimento compatível com colheitas eficientes (TECNOLOGIAS ..., 2008). Por essa razão, são necessários estudos complementares sobre o comportamento das cultivares, quando semeadas em diferentes épocas e populações.

A variação sazonal de fotoperíodo, temperatura e umidade influenciam a fenologia das plantas e com ela o crescimento das mesmas. Dias curtos e temperaturas altas antecipam a floração (RODRIGUES et al., 2001) e reduzem o crescimento das plantas, conforme período juvenil e sensibilidade da cultivar (TECNOLOGIAS ..., 2008).

Na cultura da soja, em grande parte do Brasil, as condições climáticas favoráveis a realização das semeaduras e ao desenvolvimento das plantas ocorrem de meados de outubro a meados de dezembro (TECNOLOGIAS ..., 2008). Condições climáticas diferentes das ideais favorecem uma fenologia anormal das plantas (KOMORI et al., 2004), que alteram o seu desenvolvimento. Entretanto, muitas vezes as culturas em sucessão impedem a realização da semeadura no período preferencial. Por isso se faz necessário o conhecimento do comportamento das cultivares, para flexibilizar a semeadura e garantir altos rendimentos. Período juvenil longo (TECNOLOGIAS ..., 2008), sensibilidade ao fotoperíodo e à temperatura, conforme apresentado por RODRIGUES et al. (2001), além de fotoperíodo crítico, são fatores importantes.

A densidade é uma das práticas de manejo capazes de influenciar o crescimento da soja, compensando ou agravando limitações da época. Há muitos resultados nos quais a densidade de plantas afeta o desenvolvimento do dossel (FOROUTAN-POUR et al., 1999, citados por AKUNDA, 2001). Em altas populações as plantas apresentam maior crescimento e altura, menor ramificação e acamamento (WEBER et al., 1966; PARVEZ et al., 1999 citados por GESCH et al., 2002). Entretanto, há pesquisas que

apontam alteração da tolerância a densidades elevadas de plantas, nas cultivares disponibilizadas mais recentemente (BRUIN & PEDERSEN, 2009).

A cultivar, assim como o clima, a época de semeadura e a fertilidade do solo, é um dos fatores que definem a resposta da planta à densidade (TECNOLOGIAS ..., 2008). Densidades ajustadas favorecem crescimento e desenvolvimento, e evitam o acamamento.

Dadas essas relações, no presente trabalho se propôs avaliar o crescimento, desenvolvimento e acamamento em dez cultivares de soja, em duas épocas e duas densidades de plantas, nas condições de Londrina-PR.

## **Material e Métodos**

O trabalho foi conduzido na safra 2008/09, na estação experimental da Embrapa Soja, no distrito de Warta, Londrina-PR, latitude 23°51', longitude 51°11' e altitude de 585 m, com relevo suave ondulado e solo do tipo latossolo vermelho distroférrico de textura argilosa. A análise química coletada a 0-10 e 10-20 cm, seguindo metodologia de Rajj e Quaggio (1983), revelou respectivamente: (i) 38,5 e 23,5 mg de P por dm<sup>3</sup> de solo, extrator Mehlich 1; (ii) 1,30 e 0,73 cmol<sub>c</sub> de K por dm<sup>3</sup> de solo, extrator Mehlich 1; e (iii) 65,60 e 67,37% de saturação de bases; (iv) 5,23 e 5,35 de pH; (v) 0,00 de Al; (vi) 4,31 e 3,71 cmol<sub>c</sub> de H + Al; (vii) 4,59 e 4,69 cmol<sub>c</sub> de Ca; 2,33 e 2,24 cmol<sub>c</sub> de Mg; e (viii) 10,8 e 9,7 g/dm<sup>3</sup> de C. O manejo da área era sob sistema de plantio direto, com cultivo de aveia preta na safra de inverno e soja na safra de verão anterior.

As dez cultivares estudadas estão descritas na Tabela 1. Nesse grupo estão os últimos lançamentos e as mais demandadas dentre as cultivares desenvolvidas pela Embrapa Soja para a Região Centro-Sul. Foram avaliados os efeitos de duas épocas, 18/10 e 28/11, com emergência das plântulas em 24/10 e 05/12/2008, respectivamente, e de duas densidades de plantas, 250 mil e 400 mil plantas/ha, cada época constituindo um experimento instalado em área contígua. As densidades de plantas foram obtidas

semeando excesso de sementes e desbastando as plantas ainda no estágio de emergência.

Os experimentos foram conduzidos em faixas, delineamento experimental em blocos casualizados completos e quatro repetições. O fator cultivar foi casualizado ao longo do bloco e o densidade, no sentido perpendicular. Cada parcela foi constituída de quatro linhas de oito metros, espaçadas de 0,45 m, com área útil de 6,3 m<sup>2</sup>.

Tabela 1. Época de semeadura recomendada (E.S.R.), grupo de maturidade (G.M.), duração do ciclo e genealogia das dez cultivares estudadas.

Cultivar	E.S.R.	G.M	Alt. da haste (cm)	Genealogia
BRS 232	20/10-10/12	6.9	67 a 93	BR85-18565 <sup>3</sup> x [Embrapa 4 <sup>3</sup> x Tracy-M]
BRS 242 RR <sup>(1)</sup>	10/10-10/12	6.7	65 a 94	Embrapa 585 x (E96-246 x Embrapa 59)
BRS 255 RR <sup>(1)</sup>	15/10-10/12	6.7	69 a 94	BRS 1373 x E96-246
BRS 260	15/10-10/12	7.0	70 a 100	BRS 133 x CD 201
BRS 268	05/10-20/12	6.9	91 a 103	FT86-309 x FT86-195
BRS 282	10/10-10/12	6.9	69 a 100	Embrapa 48 x BR94-23316
BRS 283 <sup>(2)</sup>	05/10-10/12	6.5	90 a 101	Don Mário 48 x Suprema
BRS 284 <sup>(2)</sup>	05/10-10/12	6.6	88 a 101	Mycosoy-45 x Suprema
BRS 294 RR <sup>(1)</sup>	20/10-10/12	6.3	65 a 92	PF 94-1048 x Embrapa 59 RR
BRS 295 RR <sup>(1)</sup>	15/10-10/12	6.5	70 a 95	Virgínia 572 RR x BRS 231

Fonte: Cultivares..., 2009. <sup>(1)</sup>Transgênicas resistentes ao herbicida glyphosate. <sup>(2)</sup>De hábito de crescimento indeterminado.

Antes da semeadura, realizou-se o manejo de plantas daninhas na área com herbicida à base de glifosato na dose de 3 l/ha de produto comercial (p.c.). As sementes foram tratadas com carboxin e thiram, na dose de 2,5 ml p.c./kg de semente, e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, na dose de 3 ml p.c./kg de semente. A adubação de semeadura foi realizada com 250 kg/ha da fórmula 00-20-20. Constatada a emergência, desbastaram-se as plântulas excedentes, conforme densidades planejadas de 250 mil e 400 mil plantas por hectare.

Durante o desenvolvimento das plantas, utilizou-se o seguinte manejo: (i) duas aplicações de herbicidas, com os produtos sulfentrazone e cletodim, nas doses de 1,2 e 0,4 L p.c./ha; (ii) duas aplicações de fungicidas, primeira com azoxistrobina e segunda com tebuconazol na dose de 300 mL p.c./ha e 400 mL p.c./ha, respectivamente e (iii) duas aplicações de inseticidas com metamidofós, na dose de 800 mL p.c./ha, alternadas por uma de cipermetrina e tiametoxan, na dose de 300 mL p.c./ha.

Os valores médios de temperaturas e acumulados de precipitações decendiais ocorridas durante o experimento foram obtidos da estação meteorológica da Embrapa Soja. Já os fotoperíodos médios foram calculados com o software DAYTAB (GOODSPEAD, 1975), com base nos crepúsculos civis, conforme SUMMERFIELD & ROBERTS (1987) citados por STEWART et al. (2003). Médias de Temperaturas, precipitações decendiais e fotoperíodos, na primeira e segunda épocas de semeaduras foram, respectivamente: (i) no período vegetativo, 22,5 e 23,1 °C, 32,7 e 54,9 mm decendiais, 14:00' e 14:24'; (ii) entre os inícios da floração e do enchimento de grãos, 23,3 e 23,2 °C, 29,6 e 58,3 mm, 14:25' e 14:01'; e (iii) entre o início do enchimento de grãos até a colheita, 23,3 e 24,3 °C, 74,4 e 57,5 mm, 13:56' e 13:12'. O balanço hídrico referente ao período de condução dos experimentos é apresentado na Figura 1.

Para determinação dos estádios fenológicos adotou-se a escala de FEHR & CAVINESS (1977). Os estádios VE, R1, R5 e R8 correspondem, respectivamente, à emergência, início do florescimento, início do enchimento de grãos e ponto de colheita, respectivamente. O crescimento em altura e o número de nós no período vegetativo e ao final do ciclo foram determinados diretamente em R1 e R8. O número de ramos e o grau de acamamento foram determinados, ao final do ciclo. Conforme a escala de acamamento utilizada, o grau um correspondeu a plantas totalmente eretas; o grau dois a 25% das plantas acamadas; o grau três a 50% das plantas acamadas; o grau quatro a 75% das plantas acamadas; e o grau cinco a 100% das plantas acamadas. As variáveis estudadas foram: crescimento da haste nos períodos vegetativo (VE-R1), reprodutivo (R1-R8) e ao final do ciclo, número de nós na haste principal no período vegetativo e ao final do ciclo, ramificação e acamamento ao final do ciclo.

Nas análises de variância foram usados dois modelos, conforme PIEDADE (1987). O modelo para análise da interação entre cultivar e densidade dentro da mesma época foi o proposto por KEMPTHORNE (1952) e apresentado por PIEDADE (1987). Para análise do efeito de época sobre as variáveis estudadas foi usado o modelo de análise conjunta proposto por PIEDADE (1987). A comparação entre médias dentro de época foi feita pelo teste de Tukey ( $P=0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas

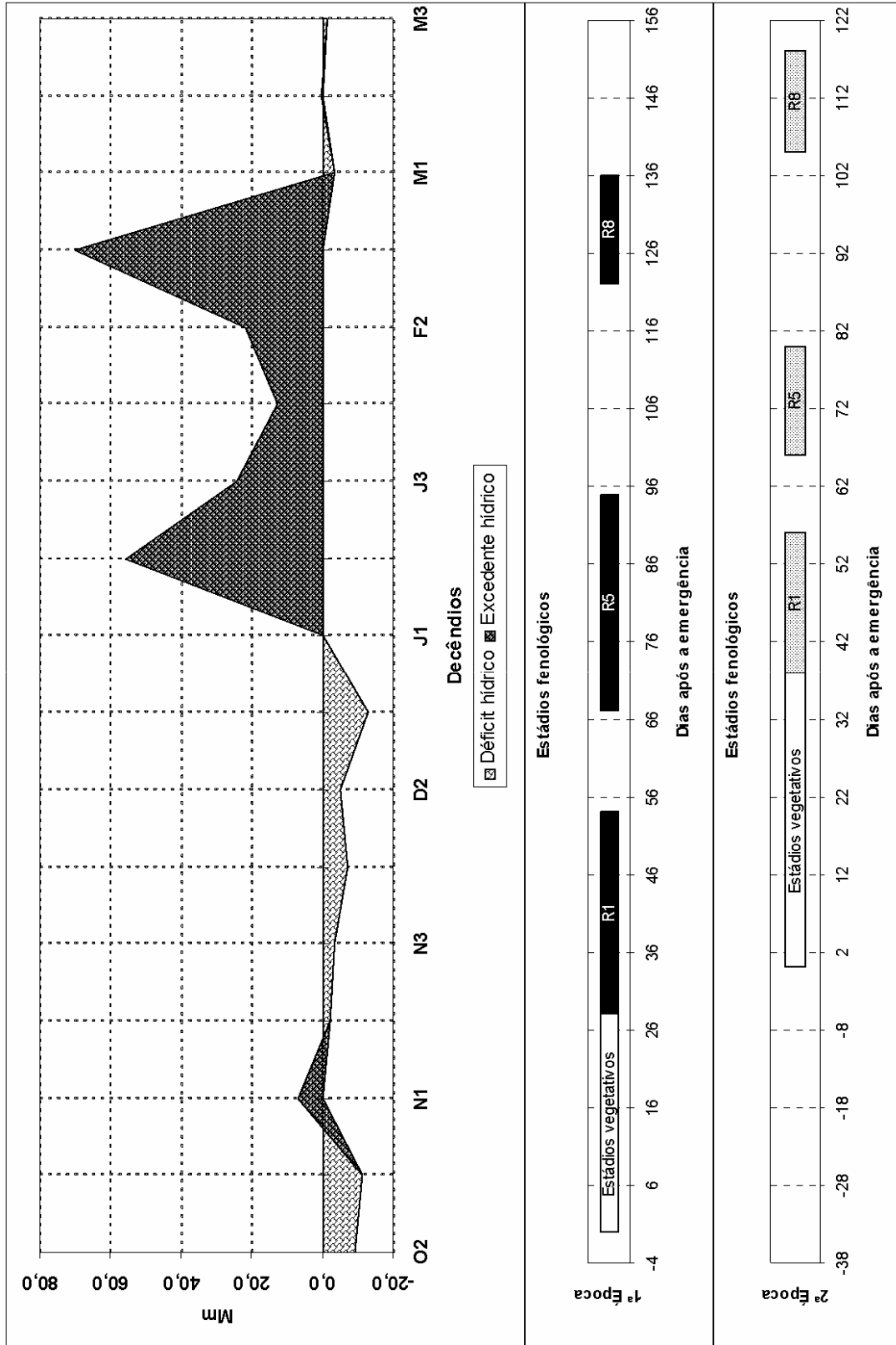


Figura 1. Balanço hídrico sequencial por Thornthwaite & Mather (1955) referente ao período de condução dos experimentos.

no programa SAS<sup>®</sup>, versão 9.1.3, com rotinas elaboradas a partir dos modelos estatísticos apresentados por PIEDADE (1987).

Para efeito de discussão, primeiramente os resultados relacionados ao efeito da época foram apresentados utilizando-se a avaliação conjunta dos dois experimentos. Posteriormente, apresentaram-se as avaliações dos experimentos na primeira e na segunda época, em separado.

## Resultados e Discussão

A análise conjunta dos experimentos indica que a época de semeadura influenciou o crescimento da haste principal nos períodos vegetativo e reprodutivo, e o número final de ramos (Tabela 2). Tais resultados estão de acordo com TECNOLOGIAS... (2008), em que se destaca a época de semeadura como um dos fatores condicionantes do crescimento das plantas, e com MARCHIORI et al. (1999), que relataram alteração da ramificação entre épocas de semeadura.

Tabela 2: Valores de F do efeito de época de semeadura (E) e suas interações com os fatores densidade de plantas (D) e genótipo (G), sobre o crescimento da haste em altura no período vegetativo (P.V.), reprodutivo (P.R.) e durante todo o ciclo; formação de nós no período vegetativo (P.V) e durante todo o ciclo; ramificação (Ram.) e grau de acamamento (Ac.) ao final do ciclo.

Fonte	Crescimento em altura			Nós		Ram.	Ac.
	P.V.	P.R.	Ciclo total	P.V.	Ciclo total	Ciclo total	
E	14,41**	8,66**	3,74 <sup>ns</sup>	4,25 <sup>ns</sup>	1,41 <sup>ns</sup>	8,77**	1,91 <sup>ns</sup>
D x E	00,41 <sup>ns</sup>	1,30 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	1,67 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	2,97 <sup>ns</sup>
G x E	04,72**	4,57**	5,21**	7,05**	8,73**	1,54 <sup>ns</sup>	3,46 <sup>ns</sup>
ExDxG	01,33 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	1,84 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>	7,01**

<sup>ns</sup>Não significativo ao nível de 5% de probabilidade. \*\*Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

A segunda época favoreceu o crescimento da haste principal, no período vegetativo, em todas as cultivares (Tabela 3). Nessa época, os períodos vegetativos ocorreram sob dias de maior comprimento. Tal condição aumenta o tempo necessário para a indução floral (RODRIGUES et al., 2001). Com floração mais tardia, as plantas podem crescer mais, antes de florescer (TECNOLOGIAS ..., 2008). No período

reprodutivo, a primeira época é que favoreceu o maior crescimento da haste principal, em todas as cultivares, exceto a BRS 295 RR. Maior número de horas diárias de luz após o florescimento, conforme observado, favorecem a maior duração do período reprodutivo (HAN et al., 2006 e KANTOLIC & SLAFER, 2007).

Tabela 3. Médias<sup>(1)</sup> de crescimento da haste em altura (cm) nos períodos vegetativo (P.V.), reprodutivo (P.R.) e em todo o ciclo, na primeira (semeadura em 18/10) e segunda época (semeadura em 28/11) e significâncias do teste F, para os fatores simples e interações de densidade de plantas (D) e genótipo (G).

Cultivar	P. V.		P. R.		Ciclo total		
	1ª Época (18/10)	2ª Época (28/11)	1ª Época (18/10)	2ª Época (28/11)	1ª Época (18/10) Densidade <sup>(2)</sup>		2ª Época (28/11)
	Médias	Médias	Médias	Médias	Maior <sup>(3)</sup>	Menor <sup>(4)</sup>	Médias
BRS 232	33 c	50 c	30 d	28 d	64 e	61 e	77 d
BRS 242 RR	47 a	71 a	43 b	28 d	94 abc	86 bcd	98 a
BRS 255 RR	40 b	54 bc	30 d	29 d	70 e	69 e	84 cd
BRS 260	44 ab	60 b	34 cd	27 d	79 cde	77 bcde	87 bc
BRS 268	45 a	53 bc	66 a	50 b	110 a	113 a	103 a
BRS 282	42 ab	69 a	34 cd	26 d	80 cde	73 cde	96 a
BRS 283	34 c	53 bc	62 a	45 bc	98 ab	93 b	99 a
BRS 284	26 d	42 d	63 a	57 a	89 bcd	89 bc	99 a
BRS 294 RR	45 a	58 bc	28 d	26 d	76 de	70 de	84 cd
BRS 295 RR	26 d	54 bc	39 bc	41 c	65 e	66 e	95 ab
Média	38	56	43	36	82	80	92
Densidade	0,0844	0,3364	0,6433	0,4246	0,1147		0,1405
Genótipo	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001
D x G	0,4530	0,2672	0,6554	0,5592	0,0431		0,2310
CV (D)	14%	13%	11%	10%	6%		6%
CV (G)	11%	11%	17%	15%	11%		7%
CV (Exp.)	7%	5%	9%	8%	4%		4%

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de mesmas letras, dentro de cada época de semeadura, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. <sup>(2)</sup>Médias apresentadas por cada densidade (250 e 400 mil pl/ha), devido à interação significativa entre densidade e genótipo (significância D x G = 0,0431 < 0,0500). <sup>(3)</sup>400 mil plantas/ha. <sup>(4)</sup>250 mil plantas/ha.

Houve interação significativa entre cultivares e época de semeadura para as variáveis relacionadas ao crescimento e à formação de nós nas plantas, até o final do ciclo. O efeito da época sobre o crescimento e formação de nós foi muito diferenciado entre cultivares. A superioridade de crescimento no período vegetativo da segunda época, em relação à primeira, variou de oito centímetros, na cultivar BRS 268, a 28 centímetros, na BRS 295 RR. No período reprodutivo a superioridade verificada na

primeira época variou de um centímetro, na cultivar BRS 255 RR a 17 centímetros na BRS 283. A variação entre épocas do número de nós, em ambos os períodos avaliados, mostrou-se muito distinta em algumas cultivares. Citam-se a cultivar BRS 260 com variação oposta à da média, no período vegetativo, e as cultivares BRS 242 RR, BRS 268 e BRS 283 que não apresentaram variação. Verifica-se ainda que as cultivares BRS 268 e BRS 283, ao final do ciclo, apresentaram variação excepcionalmente favorável à primeira época. Assim, se constata respostas diferenciadas à época de semeadura, devido à diversidade das cultivares em crescimento e sensibilidade à época, corroborando TECNOLOGIAS ... (2008). A cultivar BRS 268, descrita como de crescimento determinado, se assemelha à BRS 283, de crescimento indeterminado. Ambas responderam de forma mais expressiva ao maior comprimento do dia após a floração, em crescimento e formação de nós na primeira época. Condições semelhantes ampliaram a duração do período R3-R6 e o número de nós, em resultados obtidos por KANTOLIC & SLAFER (2001).

A segunda época reduziu significativamente o número médio de ramificações no grupo de cultivares (Tabelas 2 e 4). A cultivar que mais alterou a ramificação foi a BRS 282, seguida da BRS 242 RR, BRS 255 RR, BRS 260, BRS 268 e BRS 283. Provavelmente, a redução da ramificação se deveu ao menor número de horas diárias de luz, após a floração. Noutros estudos, fotoperíodos curtos abreviaram o período entre R1 e R5, e com ele o número de ramos (BOARD & SETTIMI, 1986). Esses autores afirmaram que, no período compreendido entre o início da floração e do enchimento de grãos, dois terços dos ramos são formados.

A época somente influenciou o acamamento em interação tripla com densidade e cultivar (Tabela 2). Assim, diferenças significativas de acamamento entre épocas podem ocorrer em função da propensão da cultivar, conforme densidade de plantas. MIRANDA et al. (2003) apresentaram resultados envolvendo interação entre esses fatores sobre o acamamento. Conforme tais resultados, a suscetibilidade dos genótipos ao acamamento dependeu da época.

Tabela 4. Médias<sup>(1)</sup> de número de nós desenvolvidos no período vegetativo e em todo o ciclo, e de ramos emitidos em todo o ciclo, na primeira (semeadura em 18/10/2008) e segunda época (semeadura em 28/11/2008), nas médias das densidades de plantas ou nas densidades maior (400 mil pl./ha) e menor (250 mil pl./ha), e significâncias do teste F para os fatores simples e interações entre densidade de plantas (D) e genótipo (G).

Cultivar	Número de nós na haste principal				Número de ramos primários por planta			
	Período vegetativo		Ciclo total		Ciclo total		Ciclo total	
	1ª Época (18/10)	2ª Época (28/11)	1ª Época (18/10)	2ª Época (28/11)	1ª Época (18/10)	2ª Época (28/11)	1ª Época (18/10)	2ª Época (28/11)
	Média	Média	Maior	Menor	Maior	Menor	Média	Média
BRS 232	08 e	09 bc	12 f	13 d	14 f	14 d	4	4 a
BRS 242 RR	11 a	11 a	18 bc	18 b	19 a	20 ab	3	2 c
BRS 255 RR	08 de	09 c	14 de	15 c	15 def	15 d	4	3 ab
BRS 260	11 a	10 b	15 d	16 c	16 cde	17 c	3	2 c
BRS 268	10 ab	10 bc	20 a	23 a	18 a	21 a	2	1 cd
BRS 282	09 bc	11 a	15 d	16 c	16 bcd	17 c	5	3 ab
BRS 283	09 cd	09 c	18 b	19 b	17 bc	18 bc	2	1 cd
BRS 284	06 f	08 d	17 c	18 b	18 ab	19 ab	1	1 d
BRS 294 RR	08 de	09 c	14 e	15 c	15 ef	15 d	4	4 a
BRS 295 RR	08 e	09 c	14 de	15 c	16 cde	17 c	3	3 b
Média	09	10	16	17	16	17	3	2
Densidade	0,1880	0,0212	0,0094		0,0132		0,0137	0,0015
Genótipo	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001		<0,0001	<0,0001
D x G	0,2244	0,1074	0,0142		0,0010		0,5600	0,1497
CV (D)	6%	5%	4%		5%		33%	24%
CV (G)	9%	6%	4%		4%		30%	32%
CV (Exp.)	4%	4%	3%		3%		31%	25%

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, dentro de cada época de semeadura, não diferem entre si na vertical pelo teste de Tukey a 5% de significância. <sup>(2)</sup>Médias apresentadas por densidade de plantas, devido à interação significativa entre densidade de plantas e genótipo.

A variação das médias dos graus de acamamento entre épocas, no grupo de cultivares (Tabela 5), foi não significativa (Tabela 2). Em resultados apresentados por RAY et al. (2008), a data de semeadura influenciou o acamamento, via porte final de plantas. No presente estudo, esse comportamento não foi observado.

Tabela 5. Médias<sup>(1)</sup> de grau visual de acamamento na primeira (semeadura em 18/10/2008) e segunda época (semeadura em 28/11/2008), e significâncias do teste F para os fatores simples e interações de densidade de plantas (D) e genótipo (G).

Cultivar	1ª Época (18/10/2008)			2ª Época (28/11/2008)		
	Densidade		Média	Densidade		Média
	400 mil pl/ha	250 mil pl/ha		400 mil pl/ha	250 mil pl/ha	
BRS 232	A 1,1	A 1,1	1,1 b	A 1,0	A 1,0	1,0 c
BRS 242 RR	B 1,5	A 1,7	1,6 a	A 1,4	A 1,5	1,4 c
BRS 255 RR	A 1,1	A 1,3	1,2 ab	A 1,2	A 1,2	1,2 c
BRS 260	A 1,1	A 1,1	1,1 b	A 1,4	A 1,2	1,3 c
BRS 268	A 1,4	A 1,3	1,4 ab	A 1,2	A 1,2	1,2 c
BRS 282	A 1,1	A 1,1	1,1 b	A 1,5	A 1,2	1,4 c
BRS 283	<sup>(1)</sup> 1,0	<sup>(1)</sup> 1,0	1,0 <sup>(1)</sup>	A 1,5	A 1,3	1,4 c
BRS 284	A 1,7	B 1,4	1,6 a	A 2,9	B 1,9	2,4 b
BRS 294 RR	<sup>(1)</sup> 1,0	<sup>(1)</sup> 1,0	1,0 <sup>(1)</sup>	A 1,1	A 1,1	1,1 c
BRS 295 RR	A 1,4	A 1,3	1,4 ab	A 3,0	A 3,1	3,1 a
Média	1,3	1,3	1,3	1,6	1,5	1,5
Densidade	0,5456			0,0594		
Genótipo	0,0349			<0,0001		
D x G	0,1226			0,1922		
CV (D)	6%			16%		
CV (G)	28%			28%		
CV (Exper.)	11%			23%		

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na horizontal e mesmas letras minúsculas na vertical, dentro de cada época de semeadura, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. <sup>(1)</sup>cultivares excluídas da análise, por completa ausência de acamamento.

O fator genético foi o mais influente sobre o crescimento, formação de nós e ramificação da haste principal (Tabelas 3 e 4). As respostas das cultivares ao fotoperíodo e à temperatura, e o tipo de crescimento são diferenciadas (TECNOLOGIAS ..., 2008). As cultivares BRS 283 e BRS 284 são as únicas de crescimento indeterminado (CULTIVARES..., 2009). Esse caráter é condicionado pelo alelo dominante Dt1. O recessivo dt1 reduz o número de nós de forma mais drástica que o recessivo dt1-t. Em um segundo loco, o alelo Dt2 condiciona um crescimento semi-determinado, na presença do alelo Dt1. O crescimento determinado leva a severa redução do tamanho da planta, com reflexo no número de nós (HUYGUE, 1998).

As cultivares com maiores números de nós normalmente foram as de maior crescimento das hastes, exceto a BRS 294 RR, no período vegetativo. Em resultados obtidos por PEDERSEN & LAUER (2004), essa correspondência também foi observada.

A cultivar BRS 268 pode ser sempre incluída num dos grupos de maior crescimento e número de nós, independente da época de semeadura. Devido a essa característica, essa cultivar é indicada para semeadura antecipada (CULTIVARES..., 2009).

No período vegetativo, as cultivares BRS 242 RR, BRS 260, BRS 282 e BRS 294 RR também se destacaram em crescimento. Para as cultivares BRS 268 e BRS 242 RR esse destaque se manteve até o final do ciclo. Para a cultivar BRS 260, possivelmente o crescimento da haste competiu mais com os drenos reprodutivos, crescimento dos ramos, ou ambos, já que o número de ramos foi menor. Na BRS 282 e BRS 294 RR, o elevado número de ramos deve ter inibido o desenvolvimento da haste. Há evidências dessa relação, nas duas épocas de semeadura, com a cultivar BRS 294 RR, e na primeira época, com a BRS 282. Apenas a cultivar BRS 282, na segunda época, concilia níveis elevados de crescimento, desenvolvimento da haste e ramificação.

No período reprodutivo, o crescimento da haste nas cultivares BRS 283 e BRS 284 se aproximou do observado na BRS 268, especialmente na primeira época. O crescimento indeterminado, típico das duas primeiras, permite porte alto, porque elas prosseguem crescendo por algumas semanas após a floração, podendo inclusive dobrar o porte (TECNOLOGIAS ..., 2008). No presente estudo, houve porte final superior ao dobro do observado no florescimento, inclusive na cultivar BRS 268.

Ao final do ciclo, as cultivares BRS 268, BRS 242 RR, BRS 283 destacaram-se em crescimento e número de nós, apresentando poucas ramificações. As cultivares BRS 268 e BRS 242 RR manifestaram maior crescimento da haste desde o período vegetativo. Por sua vez, na BRS 283, a vantagem foi adquirida no período reprodutivo. Nessa cultivar, a ramificação provavelmente foi prejudicada pela intensa concorrência com a haste e as estruturas reprodutivas. Na BRS 268, na primeira época, e na BRS 242 RR, na segunda, os respectivos crescimentos foram oito e quatro centímetros

superiores ao maior valor descrito, conforme CULTIVARES ..., (2009), demonstrando que essa é uma característica variável conforme as condições climáticas.

As cultivares BRS 255 RR e BRS 294 RR se destacaram em ramificação, priorizando-a em relação ao crescimento final da haste. Aparentemente, baixos números de nós nas hastes diminuíram os drenos reprodutivos diretamente integrados a elas. A cultivar BRS 232 se destacou em ramificação apenas na segunda época, considerando a média das duas densidades. Em soja, os alelos dominantes dos genes Br1 e Br2 intensificam a ramificação na parte superior do dossel (HUYGHE, 1998).

O crescimento final da haste e o número de ramos foram concomitantemente menores apenas nas cultivares BRS 232 e BRS 295 RR, na primeira época. Provavelmente, esses resultados sejam devidos a aspectos como maior crescimento de ramos, e estruturas reprodutivas mais competitivas. Salieta-se que a cultivar BRS 232 apresenta grãos de maior massa dentre todas as cultivares estudadas (CULTIVARES..., 2009). Nessas duas cultivares, considerando-se a primeira época, o crescimento foi quatro e cinco centímetros abaixo do intervalo descrito em CULTIVARES ... (2009), reforçando a dependência dessa característica em relação às condições climáticas.

O fator genético foi o mais determinante do acamamento, de acordo com os resultados de análise pelo teste F, sobre o conjunto de cultivares (Tabelas 2 e 5). O efeito desse fator foi significativo na primeira época e altamente significativo na segunda. Apesar disso, houve pouca diferenciação entre cultivares em acamamento e a variação dependeu da época.

Considerando-se o grupo de cultivares como um todo, a influência da densidade sobre o crescimento das plantas não foi significativa em fase alguma dentre as avaliadas (Tabela 3). Entretanto, algumas cultivares, principalmente na primeira época, apresentaram crescimento das plantas mais adensadas significativamente maior, tanto no período vegetativo quanto no final do ciclo (Tabela 6).

Na primeira época, a densidade de plantas promoveu maior crescimento da haste, nas cultivares BRS 242 RR, BRS 282, BRS 283 e BRS 294 RR durante o período vegetativo. Possivelmente, com um desenvolvimento ainda incipiente no período vegetativo (Tabela 3), as plantas tiveram pouca expansão lateral na menor

densidade. Em tal condição, a alteração da qualidade da luz refletida pelo dossel das plantas vizinhas pode ser proporcional à distância dessas plantas, que é variável com a densidade de plantas. De acordo com BALLARÉ & CASAL (2000) e ALMEIDA & MUNDSTOCK (2001) citados por BIANCHI et al. (2006), sob quantidade de radiação solar não limitante ocorre interação entre plantas vizinhas. A absorção da radiação solar vermelha pelas plantas vizinhas diminui a razão entre os comprimentos de onda vermelho e vermelho extremo, na luz refletida horizontalmente. Esse sinal altera a distribuição de carboidratos e antecipa a adequação da planta à competição por luz, ainda antes do sombreamento reduzir a fotossíntese. A adequação ao sombreamento consiste em maior porte, determinado por entrenós mais alongados e maior dominância apical (MELGES et al., 1989, citados por CASAROLI et al., 2007).

Tabela 6. Médias<sup>(1)</sup> de crescimento da haste em altura (cm) influenciadas pela densidade de plantas nos períodos vegetativo (P.V.) e em todo o ciclo, nas densidades maior (400 mil pl./ha) e menor (250 mil pl./ha), e na primeira (semeadura em 18/10/2008) e segunda época (semeadura em 28/11/2008).

Cultivar	P. V.				Ciclo total			
	1ª Época (18/10)		2ª Época (28/11)		1ª Época (18/10)		2ª Época (28/11)	
	Densidade		Densidade		Densidade		Densidade	
	Maior	Menor	Maior	Menor	Maior	Menor	Maior	Menor
BRS 242 RR	49	44	-( <sup>1</sup> )	-( <sup>1</sup> )	94	86	-( <sup>1</sup> )	-( <sup>1</sup> )
BRS 282	45	40	-( <sup>1</sup> )	-( <sup>1</sup> )	80	73	-( <sup>1</sup> )	-( <sup>1</sup> )
BRS 283	36	31	-( <sup>1</sup> )	-( <sup>1</sup> )	-( <sup>1</sup> )	-( <sup>1</sup> )	-( <sup>1</sup> )	-( <sup>1</sup> )
BRS 294 RR	48	43	-( <sup>1</sup> )	-( <sup>1</sup> )	76	70	87	81
BRS 295 RR	-( <sup>1</sup> )	-( <sup>1</sup> )	57	52	-( <sup>1</sup> )	-( <sup>1</sup> )	99	91

<sup>(1)</sup>valores omitidos, por ausência de efeito da densidade de plantas.

Nas análises com efeito significativo da densidade sobre o crescimento no período vegetativo, esse efeito se manteve até o final do ciclo, exceto na cultivar BRS 283. A interferência inicial da qualidade da radiação solar define o padrão de crescimento futuro da planta (BALLARÉ & CASAL, 2000; ALMEIDA & MUNDSTOCK, 2001, citados por BIANCHI et al., 2006). Entretanto, na primeira época, na cultivar BRS 283, o crescimento foi maior no período reprodutivo e houve maior número de ramificações na menor densidade. Aparentemente, essas características contribuíram para uniformizar os portes entre densidades.

Na segunda época, a densidade reduziu o crescimento das hastes, apenas nas cultivares BRS 295 RR e BRS 294 RR. Nessa última, essa redução foi significativa, apenas ao final do ciclo. Mesmo assim, foi a única em que a densidade influenciou o crescimento nas duas épocas, ao final do ciclo.

No grupo de cultivares como um todo, o mais destacado papel da densidade foi a redução significativa no número de nós e ramos na haste principal, na maioria das comparações (Tabelas 4 e 7). Resultados de TANCREDI et al. (2006) confirmaram essa relação. Ela se verificou na competição por luz e entre raízes (BIANCHI et al., 2006).

A densidade reduziu o número de nós na haste, na média das cultivares, exceto no período vegetativo da primeira época. Nessa avaliação, os dias iniciais curtos favoreceram a abreviação do período vegetativo conforme sensibilidade ao fotoperíodo. Assim, os número de nós só se reduziram nas cultivares BRS 242 RR e BRS 294 RR.

Na segunda época, a densidade de plantas reduziu significativamente o número médio de nós no período vegetativo, na média do grupo de cultivares, bem como nas cultivares BRS 260, BRS 268, BRS 282, BRS 294 RR e BRS 295 RR, individualmente. Provavelmente, houve interações entre fenologia e arquitetura das plantas.

Ao fim do ciclo, nas cultivares BRS 232, BRS 255 RR, BRS 282 e BRS 294 RR, o número de nós não diferiu estatisticamente entre densidades, nas duas épocas. Tais cultivares apresentaram as maiores ramificações. Provavelmente, essas ramificações ocuparam os espaços entre as plantas e diluíram a competição entre hastes principais e seus efeitos sobre o número de nós. A BRS 232 foi a cultivar em que o número de nós menos respondeu à densidade.

Com ramificações intermediárias, nas cultivares BRS 242 RR, BRS 260 e BRS 295 RR, o número final de nós foi uniforme entre densidades, apenas na primeira época. Possivelmente esse processo se deveu a um provável período reprodutivo mais extenso. O encurtamento do período reprodutivo em semeadura mais tardia é descrito por GARCIA (1979) e PEIXOTO et al. (2000) entre outros.

Nas cultivares BRS 268, BRS 283 e BRS 284, com ramificação baixa, a densidade reduziu o número final de nós em ambas as épocas. O número reduzido de ramificações foi insuficiente para diluir a competição entre hastes, em qualquer das

Tabela 7. Médias de número de nós e ramos primários na haste principal influenciadas pela densidade de plantas, nos períodos vegetativo (P.V.) e em todo o ciclo, nas densidades maior (400 mil pl./ha) e menor (250 mil pl./ha), na primeira (semeadura em 18/10/2008) e segunda época (semeadura em 28/11/2008).

Cultivar	N° de nós na haste principal						N° de ramos primários por planta					
	Período vegetativo			Ciclo total			Ciclo total			Ciclo total		
	1ª Época (18/10)		2ª Época (28/11)		1ª Época (18/10)		2ª Época (28/11)		1ª Época (18/10)		2ª Época (28/11)	
Densidade		Densidade		Densidade		Densidade		Densidade		Densidade		
Maior	Menor	Maior	Menor	Maior	Menor	Maior	Menor	Maior	Menor	Maior	Menor	
BRS 242 RR	10	11	10	11	19	20	19	20	1	1	2	
BRS 255 RR	10	11	10	11	19	20	19	20	3	5	4	
BRS 260	10	11	10	11	16	17	16	17	1	1	3	
BRS 268	09	10	09	10	18	21	18	21	1	3	2	
BRS 282	10	11	10	11	18	19	18	19	1	2	4	
BRS 283	10	11	10	11	17	18	17	18	1	4	2	
BRS 284	09	10	09	10	17	18	17	18	1	4	1	
BRS 294 RR	08	09	09	10	18	19	18	19	3	5	5	
BRS 295 RR	09	10	09	10	16	17	16	17	1	1	4	

<sup>(1)</sup>valores omitidos, por ausência de efeito da densidade de plantas.

épocas. A cultivar BRS 268 foi mais influenciada pela densidade, com relação ao número de nós.

Na primeira época, a ramificação foi independente da densidade na maioria das cultivares. Nessa época, entre a floração e o enchimento de grãos, as médias das precipitações pluviométricas foram mais baixas, sendo próximas da metade das ocorridas na segunda época, resultando numa condição de maior restrição hídrica (Figura 1). Assim, a competição por outros recursos pode ter sido mais intensa que por luz, conforme a cultivar. Tal fato pode substituir a ramificação diferencial entre densidades, por outra compensação. As plantas priorizam o desenvolvimento radicular, quando o recurso limitante é a água (LIU & STÜTZEL, 2004 citados por BIANCHI et al., 2006). Já na segunda época, com precipitações mais favoráveis, o sombreamento suprimiu mais a emissão de ramos na maior densidade.

O acamamento foi independente da densidade, na média do grupo de cultivares (Tabela 5). BRUIN & PEDERSEN (2009) apontam maior tolerância a densidades elevadas de plantas, nas cultivares mais novas. Entretanto, na cultivar BRS 284, a densidade promoveu acamamento, nas duas épocas. Reduções na intensidade luminosa aumentam o estiolamento e condicionam acamamento (CASAROLI et al., 2006). Problemas com acamamento são dos mais considerados nas respostas das cultivares às densidades de plantas (GAN et al., 2002).

## **Conclusões**

1. O crescimento da haste no período vegetativo, nas cultivares estudadas é maior, na semeadura de final de novembro, em relação à de meados de outubro.
2. Na maioria das cultivares, o crescimento da haste durante o período reprodutivo é maior, na semeadura de meados de outubro, em relação à de final de novembro.

3. O fator genético é mais influente que época e densidade de plantas, sobre o crescimento, número de nós e de ramos, e acamamento das plantas, interferindo na resposta das plantas à densidade e à época.
4. No intervalo de tempo de realização do estudo, em Londrina, a densidade inicial de 250.000 pl/ha é mais favorável à formação de nós e de ramos na haste principal que a densidade de 400.000 pl/ha.

## **CAPÍTULO 4 - PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE SOJA EM FUNÇÃO DE ÉPOCAS DE SEMEADURA E DENSIDADES DE PLANTAS**

**RESUMO** – O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade de cultivares de soja em duas épocas de semeadura (18/10 e 28/11/2008) e duas densidades de plantas (250.000 e 400.000 plantas/ha) em Londrina - PR. Dez cultivares de soja foram semeadas nas épocas planejadas, com quatro repetições por época, em parcelas com quatro linhas de oito metros, e conduzidas nas duas densidades iniciais programadas. As variáveis avaliadas foram número de vagens e de grãos por planta, massa de 100 sementes e produtividade de grãos. A época de outubro propiciou fotoperíodos mais longos após o florescimento, que foram mais favoráveis à produtividade. O fator genético é o que exerceu maior influência sobre a produtividade e seus componentes. As cultivares BRS 284, BRS 232, BRS 268, BRS 282 e BRS 295 RR destacaram em produtividade em ambas as épocas. A produtividade por área foi independente da densidade, sendo que na maior densidade, o número adicional de plantas compensou a redução no número de vagens e grãos por planta.

**Palavras-chave:** época de semeadura, *Glycine max*, população de plantas, rendimento, sazonalidade, sensibilidade fototérmica

## Introdução

A época de semeadura influencia a produtividade na cultura da soja, expondo as plantas a variações dos elementos climáticos. Na região sul, sudeste e centro-oeste do Brasil, as maiores produtividades têm sido obtidas nas semeaduras da segunda quinzena de outubro e no mês de novembro. Entretanto, as respostas à época de semeadura dependem da cultivar (TECNOLOGIAS..., 2008), que deve ter as suas particularidades conhecidas. Muitas vezes, problemas práticos impedem a semeadura no período preferencial. Geralmente, a época de semeadura induz a modificações fenológicas e morfológicas, inclusive nos componentes da produção, como número de vagens e de grãos (GARCIA, 1979; MARTINS et al., 1999; PEIXOTO et al., 2000). Entretanto, nem sempre essas modificações refletem na produção de grãos, devido a compensação entre componentes (GARCIA, 1979, MARTINS et al., 1999 e PEIXOTO et al., 2000). Essa compensação é chamada plasticidade da cultura. MARCHIORI et al. (1999) atribuíram as perdas à redução do período reprodutivo, mesmo nas cultivares com período juvenil longo. KOMORI et al. (2004) registraram redução de produtividade em semeaduras tardias de cultivares precoces.

A densidade de plantas também é um dos fatores que altera os componentes de produção. Mesmo assim, estando na faixa de 200 a 500 mil plantas/ha, normalmente não afeta a produtividade por área. Entretanto, essa relação depende de fatores como época de semeadura e cultivar (TECNOLOGIAS..., 2008). A densidade influencia a produtividade de grãos através do acamamento das plantas (PEIXOTO et al., 2000; TECNOLOGIAS..., 2008) ou da redução do número de vagens pelo sombreamento (EGLI & YU, 1991 citados por MBAH et al., 2008). De acordo com BRUIN & PEDERSEN (2009), há maior tolerância a densidades elevadas de plantas nas cultivares mais recentes. Vários autores apontam ajustes das plantas à densidade. O número de ramificações (MARCHIORI et al., 1999; MARTINS et al., 1999), de grãos (PEIXOTO et al., 2000; KOMORI et al., 2004; TECNOLOGIAS ..., 2008), da massa de 1000 grãos (PEIXOTO et al., 2000; HUNT, 1982 citado por DAROISH et al., 2005) e, principalmente, de vagens por planta (HEIFFIG, 2002) pode compensar o efeito da

densidade. Tal ajuste depende da cultivar (HEIFFIG, 2002, 2006) e se deve à competição entre as estruturas da planta, principalmente as reprodutivas (LANA, 1996, citado por CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2005).

As informações acerca das cultivares geralmente se referem a épocas e densidades padronizadas. Assim, são necessários estudos complementares sobre as interações das cultivares, com as condições impostas por épocas e populações. Os resultados podem predizer a expressão do potencial e estabilidade das produtividades.

A cultivar, o clima, a época de semeadura e a fertilidade do solo são fatores que definem a resposta da planta à densidade (TECNOLOGIAS..., 2008). Por essa razão, estratégias genéticas e culturais devem ser aprimoradas, para evitar redução do potencial de produção pela limitação na assimilação de energia (BOARD, 1994, citado por DAROISH et al., 2005). Em diferentes anos, as melhores épocas de semeadura, para cada genótipo, dependem do local considerado (SILVEIRA NETO et al., 2005).

À medida que novas cultivares são lançadas, informações produzidas por trabalhos complementares são relevantes no entendimento de suas particularidades. Tais informações podem embasar prevenções, prognósticos e recomendações sobre o desenvolvimento das plantas de modo a se obterem os maiores produtividades.

Dadas essas relações, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a produtividade de dez cultivares de soja em Londrina-PR, em semeaduras realizadas em 18/10 e 28/11/2008, cultivadas nas densidades de 250.000 e 400.000 plantas por hectare.

## **Material e Métodos**

O trabalho foi conduzido na safra 2008/09, no distrito de Warta, Londrina-PR, na latitude 23°51', longitude 51°11' e altitude de 585 m, na estação experimental da Embrapa Soja, com relevo suave ondulado e solo do tipo latossolo vermelho distroférico de textura argilosa. Os ensaios foram implantados numa área sob sistema de plantio direto, onde havia sido cultivada aveia preta, na safra de inverno, e soja na

safrã de verãõ anterior. A análise quõmica coletada a 0-10 e 10-20 cm, seguindo metodologia de Raij e Quaggio (1983), revelou respectivamente: (i) 38,5 e 23,5 mg de P por  $\text{dm}^3$  de solo, extrator Mehlich 1; (ii) 1,30 e 0,73  $\text{cmol}_c$  de K por  $\text{dm}^3$  de solo, extrator Mehlich 1; e (iii) 65,60 e 67,37% de saturaçãõ de bases; (iv) 5,23 e 5,35 de pH; (v) 0,00 de Al; (vi) 4,31 e 3,71  $\text{cmol}_c$  de H + Al; (vii) 4,59 e 4,69  $\text{cmol}_c$  de Ca; 2,33 e 2,24  $\text{cmol}_c$  de Mg; e (viii) 10,8 e 9,7  $\text{g}/\text{dm}^3$  de C.

Foram conduzidos dois experimentos correspondentes às duas épocas de sementeira, 18/10 (1ª época) e 28/11/2008 (2ª época), com emergências em 24/10 e 05/12/2008, respectivamente. Nos dois experimentos, as combinações das dez cultivares e duas densidades 400.000 (D1) e 250.000 (D2) foram casualizadas em faixas, em delineamento experimental em blocos casualizados completos, com quatro repetições. O fator cultivar foi casualizado no sentido longitudinal do bloco, e o fator densidade no sentido perpendicular. Imediatamente à emergência, desbastaram-se as plântulas excedentes, conforme densidade planejada (250 mil e 400 mil plantas por hectare). Cada parcela constituiu-se por quatro linhas de oito metros, espaçadas de 0,45 m, com área útil de 6,3  $\text{m}^2$ .

Algumas características das cultivares estudadas encontram-se relacionadas na Tabela 1. Tais cultivares apresentam relevância comercial e estão entre os últimos lançamentos da Embrapa Soja indicados para os estados do PR, SP, SC e sul do MS.

Tabela 1. Cultivares, épocas de sementeira recomendadas (E.S.R.), densidade de plantas recomendada (D.R.), grupo de maturidade (G.M.) peso de 100 sementes (P100S) e genealogia.

Cultivar	E.S.R.	D. R.	G.M	P100S	Genealogia
BRS 232	20/10-10/12	10-20	6.9	18,5	BR85-18565 <sup>3</sup> x [Embrapa 4 <sup>3</sup> x Tracy-M]
BRS 242 RR	10/10-10/12	10-20	6.7	14,7	Embrapa 585 x (E96-246 x Embrapa 59)
BRS 255 RR	15/10-10/12	10-20	6.7	16,0	BRS 1373 x E96-246
BRS 260	15/10-10/12	10-18	7.0	14,0	BRS 133 x CD 201
BRS 268	05/10-20/12	10-18	6.9	16,0	FT86-309 x FT86-195
BRS 282	10/10-10/12	10-20	6.9	13,7	Embrapa 48 x BR94-23316
BRS 283 <sup>(1)</sup>	05/10-10/12	12-20	6.5	14,0	Don Mário 48 x Suprema
BRS 284 <sup>(1)</sup>	05/10-10/12	12-20	6.6	14,6	Mycosoy-45 x Suprema
BRS 294 RR <sup>(2)</sup>	20/10-10/12	10-20	6.3	17,2	PF 94-1048 x Embrapa 59 RR
BRS 295 RR <sup>(2)</sup>	15/10-10/12	10-20	6.5	14,1	Virgínia 572 RR x BRS 231

<sup>(1)</sup>cultivares de tipo de crescimento indeterminado. <sup>(2)</sup>cultivares transgênicas, resistentes ao herbicida glifosato. Fonte: EMBRAPA SOJA, 2008 e 2009.

O modelo para análise da interação entre genótipo e densidade dentro da mesma época foi o proposto por KEMPTHORNE (1952) e apresentado por PIEDADE (1987). Já para análise do efeito de época sobre as variáveis estudadas foi utilizado o modelo de análise conjunta, proposto por PIEDADE (1987). A comparação entre médias dentro de época foi feita pelo teste de Tukey ( $P=0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas no programa SAS<sup>®</sup>, versão 9.1.3, com rotinas elaboradas a partir dos modelos estatísticos apresentados por PIEDADE (1987). As variáveis estudadas foram o número de grãos por planta, número de vagens por planta, massa de 100 sementes a 13% de umidade e produtividades de grãos a 13% de umidade.

Antes de cada semeadura, realizou-se o manejo de plantas daninhas na área, com herbicida à base de glifosato na dose de 3 L/ha, do produto comercial (p.c.). As sementes foram tratadas com carboxin mais thiram, na dose de 2,5 mL p.c./kg de semente, e inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, na dose de 3 mL p.c./kg de semente. No momento da semeadura, utilizou-se 250 kg/ha da fórmula 00-20-20. Durante o desenvolvimento das plantas, utilizou-se o seguinte manejo: (i) duas aplicações de herbicidas, com os produtos sulfentrazone e cletodim, nas doses de 1,2 e 0,4 L p.c./ha; (ii) duas aplicações de fungicidas, primeira com azoxistrobina e segunda com tebuconazol nas doses de 0,3 L p.c./ha e 0,4 L p.c./ha, respectivamente e (iii) duas aplicações de inseticidas com metamidofós, na dose de 0,8 L p.c./ha, alternadas por uma de cipermetrina e tiametoxan, na dose de 0,3 L p.c./ha.

Os valores médios de temperaturas e acumulados de precipitações decendiais foram obtidos da estação meteorológica da Embrapa Soja. Já os fotoperíodos médios foram calculados com o software DAYTAB (GOODSPEED, 1975), com base nos crepúsculos civis, conforme SUMMERFIELD & ROBERTS (1987) citados por STEWART et al., (2003). Esses dados, referentes à safra 2008/2009 estão representadas nas Figuras 1 e 2, e o balanço hídrico seqüencial referente ao período de condução dos experimentos, na Figura 3.

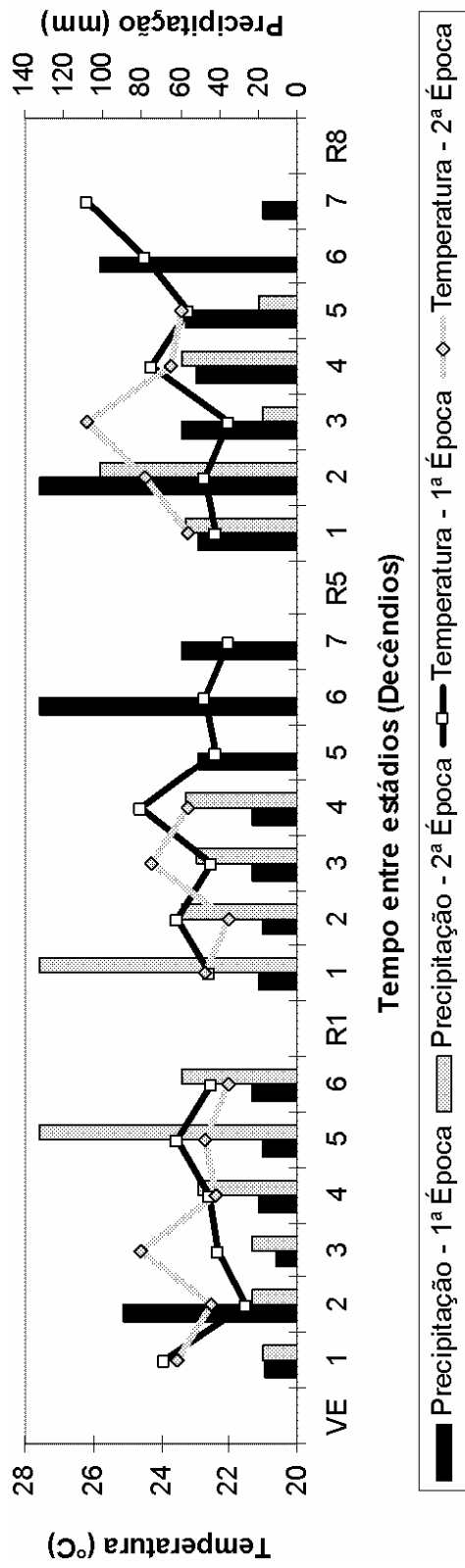


Figura 1. Precipitações decenais e médias decenais de temperaturas nos períodos vegetativo (VE-R1), entre os inícios do florescimento e do enchimento de grãos (R1-R5) e entre o início de enchimento de grãos e a colheita (R5-R8).

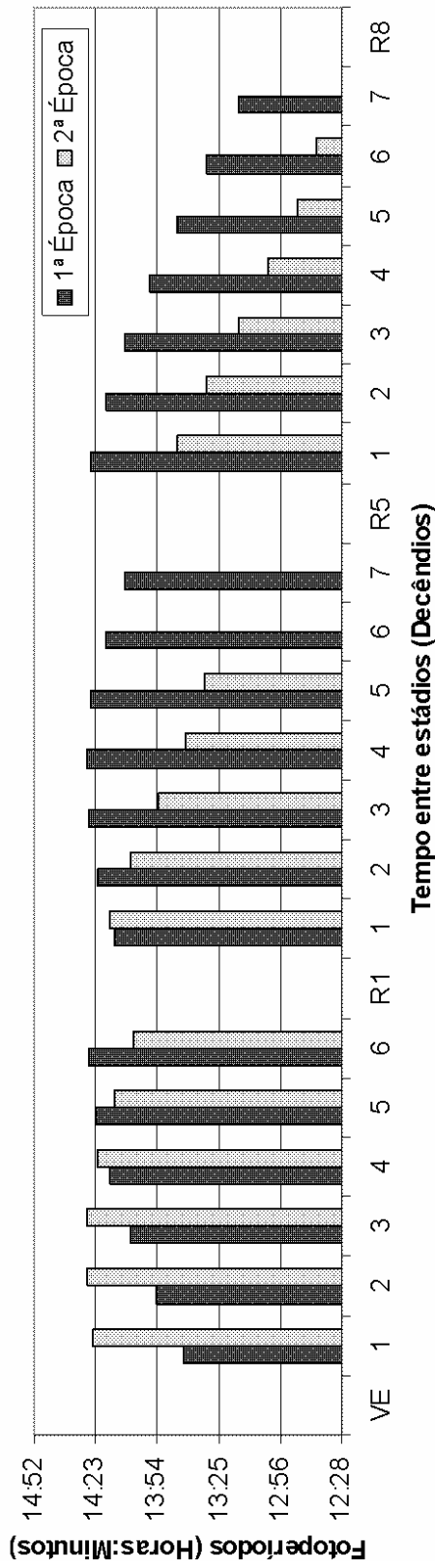


Figura 2. Médias decenais de fotoperíodos nos períodos vegetativo (VE-R1), entre os inícios do florescimento e do enchimento de grãos (R1-R5) e entre o início de enchimento de grãos e a colheita (R5-R8). Fonte: Cálculo com o software DAYTAB, apresentado por Goodspeed (1975).

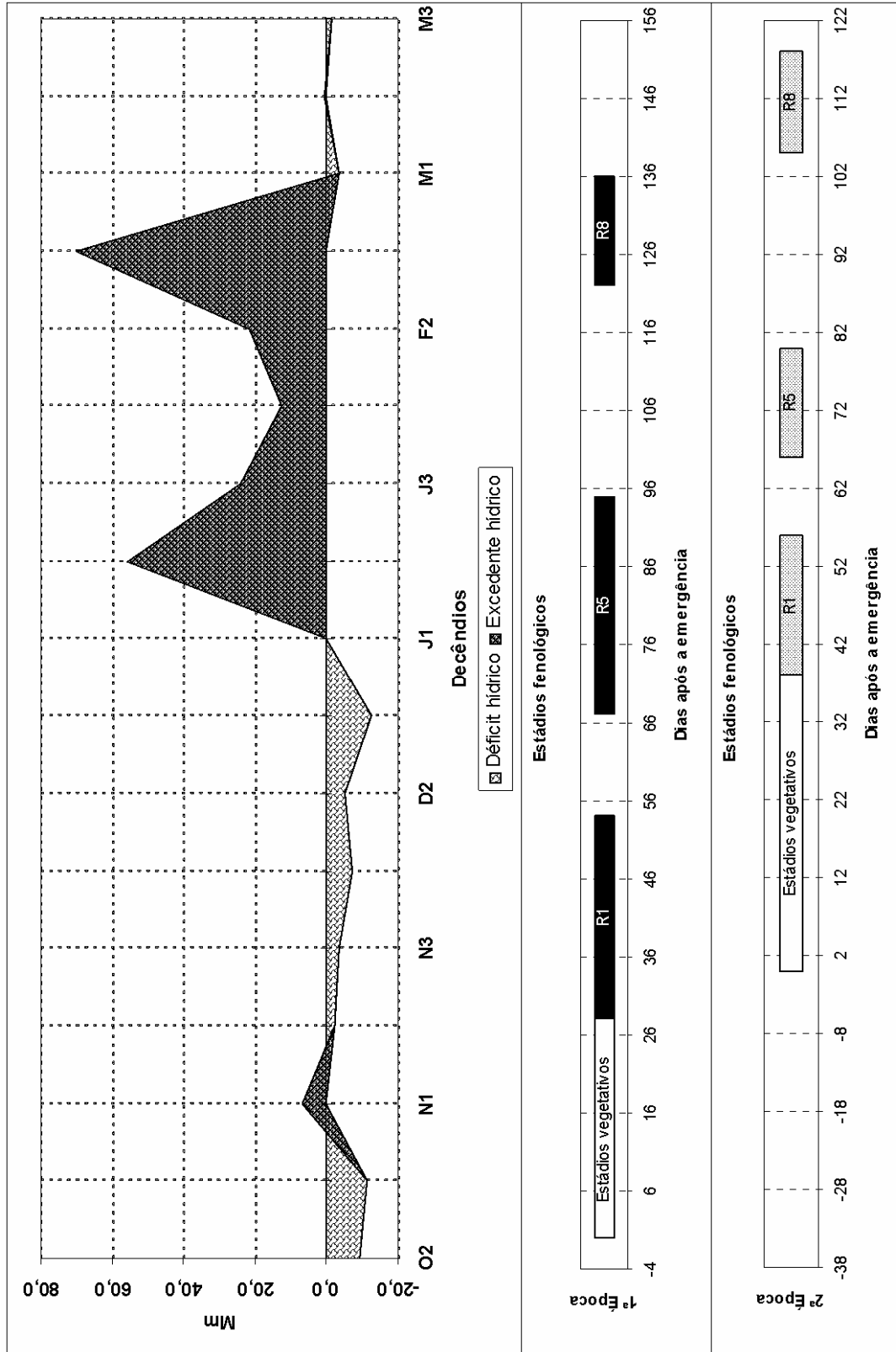


Figura 3. Balanço hídrico sequencial por Thornthwaite & Mather (1955) referente ao período de condução dos experimentos.

## Resultados e Discussão

A época de semeadura apresentou efeito significativo sobre o número de vagens por planta e o número de grãos por planta, e efeito altamente significativo sobre a massa de 100 sementes e a produtividade de grãos (Tabela 2).

Tabela 2. Valor de F do fator época (E) e de suas interações com os fatores densidade de plantas e genótipo (D x E, G x E, E x D x G), no número de vagens e de grãos por planta, na massa de 100 sementes e na produtividade.

Fonte de Variação	Vagens/Planta	Grãos/Planta	Massa 100 sem.	Produtividade
Época (E)	4,28*	4,23*	52,11**	28,84**
D x E	0,63 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	00,97 <sup>ns</sup>	04,73*
G x E	2,53**	2,80**	01,86*	01,61 <sup>ns</sup>
ExDxG	0,84 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	00,51 <sup>ns</sup>	00,58 <sup>ns</sup>

\*significativo a 5% de significância

\*\*significativo pelo teste F ao nível de 1% de significância

<sup>ns</sup>não significativo ao nível de 5% de significância

O efeito da época sobre os componentes da produção estudados sofreu interferência do fator genético (Tabela 2), de modo que cada cultivar apresentou comportamento diferenciado (Tabelas 3 e 4). As cultivares BRS 232 e BRS 294 RR apresentaram respostas claramente discrepantes da média, em termos de número de vagens e de grãos. Entre as demais cultivares, a BRS 283 e a BRS 284 responderam menos à época, e as cultivares BRS 282 e BRS 260 responderam mais. A diferença entre épocas na massa de 100 sementes foi menor na cultivar BRS 242 RR, e maior na BRS 232 RR.

Tais diferenças decorrem de fatores como a duração do ciclo, o grau de sensibilidade ao fotoperíodo, a duração do período juvenil e o tipo de crescimento (TECNOLOGIAS ..., 2008). Geralmente, as cultivares mais precoces são mais sensíveis à temperatura, e as demais, ao fotoperíodo. Essa sensibilidade altera o momento da indução floral, e com ela o potencial de produtividade (RODRIGUES et al., 2001).

Tabela 3. Comparações de médias<sup>(1)</sup> de número de vagens e de grãos por planta, em cada época de semeadura (18/10 – 1ª Época e 28/11 – 2ª Época), nas densidades de plantas maior (400 mil pl./ha) e menor (250 mil pl./ha), significâncias do teste F<sub>i</sub> para os fatores simples e interações de densidade (D) e genótipo (G).

Cultivar	Vagens/Planta (Unidades)						Grãos/Planta (Unidades)									
	1ª Época (18/10) <sup>(2)</sup>			2ª Época (28/11)			1ª Época (18/10) <sup>(2)</sup>			2ª Época (28/11)						
	Densidade		Média <sup>(2)</sup>	Densidade		Média <sup>(2)</sup>	Densidade		Média <sup>(2)</sup>	Densidade		Média <sup>(2)</sup>				
	Maior	Menor	Maior	Menor	Maior	Menor	Maior	Menor	Maior	Menor	Maior	Menor				
BRS 232	B 32	A 45	38	cd	B 36	a	A 46	abc	A 57	A 79	68	ef	B 64	ab	A 81	bc
BRS 242 RR	A 34	A 43	38	cd	B 27	ab	A 37	cd	A 70	A 90	80	cde	B 59	ab	A 78	bc
BRS 255 RR	B 30	A 45	38	cd	A 29	ab	A 34	d	B 62	A 87	75	ef	B 63	ab	A 74	c
BRS 260	A 44	A 50	47	b	B 28	ab	A 43	abcd	A 103	A 117	110	ab	B 63	ab	A 98	ab
BRS 268	B 31	A 44	37	cd	B 25	b	A 40	abcd	B 65	A 92	79	cde	B 50	b	A 80	bc
BRS 282	B 46	A 66	56	a	B 33	ab	A 48	ab	B 95	A 136	116	a	B 70	ab	A 104	a
BRS 283	B 31	A 46	39	cd	B 30	ab	A 44	abc	B 76	A 115	95	bc	B 73	a	A 109	a
BRS 284	B 34	A 48	41	bc	B 32	ab	A 49	a	B 78	A 108	93	bcd	B 71	ab	A 106	a
BRS 294 RR	B 25	A 38	31	d	B 28	ab	A 38	bcd	A 48	A 69	59	f	B 55	ab	A 78	bc
BRS 295 RR	B 40	A 56	48	ab	B 34	ab	A 47	ab	B 93	A 127	110	ab	B 76	a	A 108	a
Média	B 35	A 48	41		B 30		A 43		B 75	A 102	88	ef	B 64		A 92	
Densidade		0,0029			0,0019		0,0019		0,0094		0,0094		0,0010		0,0010	
Genótipo		<0,0001			0,0005		0,0005		<0,0001		<0,0001		<0,0001		<0,0001	
D x G		0,8563			0,0439		0,0439		0,6722		0,6722		0,0023		0,0023	
CV (D)		16%			15%		15%		23%		23%		12%		12%	
CV (G)		16%			14%		14%		18%		18%		14%		14%	
CV (Exper.)		18%			9%		9%		16%		16%		8%		8%	

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula, dentro de cada época de semeadura, não diferem entre si na vertical pelo teste de Tukey a 5% de significância. Média precedida da letra maiúscula "A" ou "B", dentro da mesma época é respectivamente, igual ou inferior à subsequente na horizontal, pelo mesmo critério. <sup>(2)</sup>Efeito do genótipo apresentado na média das densidades, devido à inexistência de interação significativa entre densidades de plantas e genótipos.

Tabela 4. Comparações de médias<sup>(1)</sup> de massa de 100 sementes e produtividade, a 13% de umidade, em na primeira (semeadura em 18/10) e segunda época (semeadura em 28/11), e significâncias do teste F, para os fatores simples e interações de densidade de plantas (D) e genótipo (G).

Cultivar	Massa 100 sem. (g)					Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )						
	1ª época <sup>(2)</sup>		2ª época			1ª época <sup>(2)</sup>		2ª época				
			Densidade					Densidade				
	Média		Maior	Menor	Média	Média	Maior	Menor	Média			
BRS 232	18 a	A	14	A	13	13 a	3234 abc	A	2595	A	2564	2580 a
BRS 242 RR	13 d	A	11	A	11	11 b	2727 d	A	2000	A	2123	2061 c
BRS 255 RR	16 bc	A	12	A	13	12 a	2897 cd	A	2023	A	2159	2091 c
BRS 260	13 d	A	10	A	10	10 bc	3258 abc	A	2111	A	2322	2217 bc
BRS 268	16 bc	A	13	A	13	13 a	3281 abc	A	2368	A	2445	2406 ab
BRS 282	13 d	A	10	A	10	10 c	3287 ab	A	2184	A	2465	2324 abc
BRS 283	13 d	B	10	A	11	10 bc	3075 bcd	A	2610	A	2605	2607 a
BRS 284	14 cd	A	11	A	11	11 b	3609 a	A	2534	A	2701	2618 a
BRS 294 RR	17 ab	A	13	A	12	12 a	3058 bcd	A	2354	A	2322	2338 abc
BRS 295 RR	13 d	A	10	A	10	10 bc	3343 ab	A	2460	A	2457	2458 ab
Média	15	A	11	A	11	11	3177	B	2324	A	2416	2370
Densidade	0,6412						0,2583					0,0028
Cultivar	<0,0001						0,0007					0,0004
D x C	0,9102						0,8795					0,8578
CV (D)	11%						6%					2%
CV (C)	12%						10%					11%
CV (Experim.)	12%						10%					9%

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada época de semeadura, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. <sup>(2)</sup>Resultados não apresentados por densidade, por inexistência de efeito significativo.

Na primeira época, o número de vagens e grãos por planta foi maior (Tabela 3). Este resultado se deve a maiores fotoperíodos após o florescimento (Figura 2). Maiores fotoperíodos alongam o período reprodutivo (LAWN & BYTH, 1973 citados por DESTRO et al., 2001). Os fotoperíodos longos aumentaram a duração do período entre os estádios R3 e R6 em trabalho conduzido por KANTOLIC & SLAFER (2001). Essa condição aumentou a produção e a fertilidade de nós, bem como o número de vagens e grãos. Já na segunda época, conforme se verifica na Figura 2, as cultivares ficaram expostas a menores fotoperíodos e, em sua maioria, apresentaram menores números de vagens e de grãos. Os fotoperíodos curtos abreviaram o período entre R1 e R5, reduzindo o número de sementes por planta, com reflexos na produtividade (BOARD & SETTIMI, 1986).

A primeira época propiciou ainda, maior massa de 100 sementes (Tabela 4). Nessa época, o fotoperíodo continuou mais longo, entre os estádios R5 e R8, quando ocorre o enchimento dos grãos (Figura 2). A duração do fotoperíodo tem sido

relacionada à duração do desenvolvimento reprodutivo (KANTOLIC & SLAFER, 2007) e à taxa de crescimento da soja (CALVIÑO et al., 2003). CALVIÑO et al. (2003) relataram decréscimo da massa individual de grãos com o atraso na semeadura, mediada por baixa taxa de crescimento e acentuada redução na duração de períodos chaves, principalmente de R5 a R7.

O efeito positivo da primeira época sobre todos os componentes da produção se refletiu na produtividade final em grãos (Tabela 4). CALVIÑO et al. (2003) relataram decréscimo na produtividade final de grãos, com o atraso na semeadura.

De modo geral, a produtividade e os componentes de produção, para cada uma das cultivares, responderam mais ao fotoperíodo, apesar de também terem sofrido influências de outros fatores. Dentre tais fatores estão as condições hídricas entre os inícios do florescimento, e do enchimento de grãos, bem como a temperatura a partir do início de enchimento de grãos (Figuras 1 e 3). Diferentemente do fotoperíodo, essas condições favoreceram os componentes da produção, na segunda época. AMIN et al. (2009) observaram efeitos positivos da precipitação sobre o número de vagens por planta e o número de sementes por vagem. CALVIÑO et al. (2003) relacionaram baixas temperaturas a baixos valores de componentes da produção.

Antes do florescimento os fotoperíodos foram mais longos na segunda época. Portanto, foram mais favoráveis a um período vegetativo de maior duração (RODRIGUES et al., 2001). Como o florescimento mais tardio condiciona melhor desenvolvimento da estrutura vegetativa, é provável que tenha resultado em maior desenvolvimento de componentes de produção em alguns casos. O número de vagens por planta responde ao índice de crescimento vegetativo (YANG & WANG, 2000 citados por CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2005), que está relacionado à estrutura da planta. Sendo assim, houve razões para as cultivares mais sensíveis à estrutura inicial, às precipitações ou às temperaturas apresentarem maiores valores de componentes de produção na segunda época. Outro fato importante é a relação entre número de grãos e número de vagens por planta, além das correlações com as demais variáveis. MORRISON et al. (2000) observaram correlação negativa entre número de grãos e massa individual de grãos, e positiva com a produtividade final.

O fator genético foi o mais influente sobre a produtividade e seus componentes (Tabelas 3 e 4).

A cultivar BRS 284 foi a única a apresentar produtividade final de grãos estatisticamente distinta das apresentadas pelas cultivares com produtividades intermediárias, em ambas as épocas. Na primeira época, essa cultivar apresentou valores intermediários de vagens por planta, grãos por planta e massa de 100 sementes. Na segunda época, o seu número de vagens e de grãos se relacionou entre os maiores, e a sua massa de 100 sementes foi intermediária, em ambas as densidades.

A cultivar BRS 232 se manteve no grupo de maior produtividade em ambas as épocas, tendo inclusive se destacado das cultivares com produtividades intermediárias, na segunda época. Essa cultivar apresentou maior massa de 100 sementes, em ambas as épocas. Além disso, na segunda época, foi uma das que apresentaram maior número de vagens, em ambas as densidades.

As cultivares BRS 268, BRS 282 e BRS 295 RR também apresentaram produtividade final de grãos equivalente às maiores, em ambas as épocas. Na BRS 268, esse resultado decorreu da massa de 100 sementes, entre as maiores ou intermediárias, em ambas as épocas. Nas BRS 282 e BRS 295 RR, o destaque em produtividade resulta de números de vagens e grãos relacionados entre os maiores.

As cultivares BRS 283, BRS 260 e BRS 294 RR apresentaram produtividade final entre os maiores na segunda época. Na BRS 283, o determinante desse resultado foi o número de vagens e de grãos, na BRS 260, o número de grãos, e na BRS 294 RR, a massa de 100 sementes.

Conforme se observa, as maiores produtividades estiveram relacionados aos maiores números de vagens e de grãos ou às maiores massas de 100 sementes, ou ainda com valores concomitantemente intermediários desses componentes. A produtividade pode ser determinada pela disponibilidade de fotoassimilados, que afeta o enchimento de grãos, e também pela quantidade de grãos (BORRÁS et al., 2004).

O principal efeito da densidade sobre a produtividade limitou-se ao número de grãos e vagens por planta (Tabelas 3 e 4). A maior densidade reduziu o número de

vagens e grãos por planta, para a maioria das cultivares. A variação do número de vagens e de grãos por planta foi inversa à alteração da densidade de plantas, em resultados de PEIXOTO et al. (2000), entre outros autores.

Na segunda época o efeito da densidade sobre a produtividade e os componentes da produção foi ligeiramente superior. Aparentemente, esse resultado decorreu das condições de maiores fotoperíodos e umidade, durante o período vegetativo. Tais condições são mais favoráveis ao maior crescimento das plantas, principalmente as de crescimento do tipo determinado. Essas condições podem ter aumentado o diferencial de sombreamento entre densidades.

Nas cultivares BRS 242 RR e BRS 260 RR a sensibilidade à densidade, em número de vagens e grãos por planta, condicionou-se à época. Ela ocorreu apenas na segunda época. Nas cultivares BRS 232 e BRS 294 RR essa sensibilidade também se restringiu à primeira época, e ocorreu apenas no número de grãos. Portanto, essas cultivares apresentaram menor sensibilidade à densidade, nos componentes avaliados, nas condições da primeira época. Por outro lado, na cultivar BRS 255 RR o efeito da densidade ocorreu apenas sobre o número de vagens, na segunda época. Portanto essas cultivares apresentaram maior tolerância à densidade de plantas, em relação aos caracteres analisados. BALL et al. (2001) relataram diferenças entre cultivares no efeito da densidade sobre a redução do número de vagens por nó fértil.

A cultivar BRS 283 foi a única que manifestou diferença significativa entre densidades, em termos de massa de 100 sementes. Provavelmente, esse resultado diz respeito ao maior grau de competição entre plantas, no período de enchimento de grãos. A competição teria se estendido até essa fase, em função do tipo de crescimento indeterminado da cultivar. A equivalência da massa de 100 sementes entre as densidades observada na maioria das comparações não é uma constatação isolada. COBER et al. (2005) estão entre os autores a relatar esse resultado. EGLI (1998) citado por BOARD et al. (2003) afirma que os efeitos dos fatores ambientais sobre a produtividade através do tamanho das sementes é secundário. Entre esses fatores estaria a competição entre plantas.

A menor densidade promoveu o aumento da média geral de produtividade, apenas na segunda época (Tabela 4). As plantas menos adensadas apresentam superioridade significativa de 92 kg ha<sup>-1</sup>, na média das cultivares. Apesar disso, analisadas individualmente, nenhuma das cultivares demonstrou efeito da densidade na produtividade final de grãos. Nesse caso, na maioria das comparações, constatou-se o resultado final da plasticidade da cultura. Os componentes da produção foram alterados pelas plantas de forma a apresentarem produtividades independentes da densidade, corroborando afirmações em TECNOLOGIAS ..., (2008).

## **Conclusões**

Nas condições em que o trabalho foi conduzido, pode-se concluir que:

1. Os fotoperíodos observados a partir da floração determinam maior produtividade nas plantas resultantes da semeadura em 18/10, em relação às da semeadura de 28/11.
2. O fator genético é o que exerce mais influência sobre a produtividade e os componentes da produção, em semeaduras de 18 de outubro e 28 de novembro.
3. As cultivares BRS 284, BRS 232, BRS 268, BRS 282 e BRS 295 RR apresentam maiores produtividades, em ambas as semeaduras (18 de outubro e 28 de novembro).
4. As maiores produtividades estão relacionadas aos maiores números de vagens e de grãos ou às maiores massas de 100 sementes, ou ainda com valores concomitantemente intermediários desses componentes de produção.
5. Nas semeaduras de 18/10 e 28/11, na maioria das cultivares, o principal efeito da densidade sobre a produtividade se restringe à redução do número de grãos e de vagens por planta, prevalecendo a plasticidade da cultura na produtividade final.

## REFERÊNCIAS

- ADENIYAN, O. N.; AYOOLA, O. T. Evaluation of four improved soybean varieties under different planting date in relayed cropping system with maize under soybean/maize/cassava intercrop. **African Journal of Biotechnology**, Abraka, Nigéria, v. 6, n. 19, p. 2220-2224, out. 2007.
- AKUNDA, E. M. Inter cropping and population density effects on yield component, seed quality and photosynthesis of sorghum and soybean. **The Journal of Food Technology in Africa**, v. 6, n. 3, p. 96-100. jul.-set. 2001.
- AMIN, A.K.M.R.; JAHAN, S.R.A.; HASANUZZAMAN, M. Yield components and yield of three soybean (*Glycine max* L.) varieties under different irrigation management. **American-Eurasian Journal of Scientific Research**, v. 4. n. 1 p 40-46, 2009.
- ARATANI, R. G.; LAZARINI, E.; MARQUES, R. M. Adubação potássica na cultura da soja em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.2, n.3, p.208-211, jul.-set., 2007.
- BALL, R.A.; et al. Path analyses of population density effects on short-season soybean yield. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 187-195, 2001.
- BERGAMASCHI, H. **Fotoperiodismo**. Disponível em: <[www.ufrgs.br/agropfagrom/disciplinas/502/fotoper.doc](http://www.ufrgs.br/agropfagrom/disciplinas/502/fotoper.doc)>. Acesso em: 11 jan. 2010.
- BIANCHI, M.A.; FLECK, N.G.; DILLENBURG, L.R.. Partição da competição por recursos do solo e radiação solar entre cultivares de soja e genótipos concorrentes. **Planta daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, dez. 2006.
- BOARD, J.E.; KANG, M.S.; BODRERO, M.L. Yield Components as Indirect Selection Criteria for Late-Planted Soybean Cultivars. . **Agronomy Journal**, v. 95, p. 420-429, 2003.

- BOARD, J.E.; SETTIMI, J.R. Photoperiod Effect before and after Flowering on Branch Development in Determinate Soybean. **Agronomy Journal**, v. 78. p. 995-1002, 1986.
- BORRÁS, L.; SLAFER, G.A.; OTEGUI, M. Seed dry weight response to source–sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. **Field Crops Research**, v. 86, p. 131-146, mar. 2004.
- BRUIN, J.L.de; PEDERSEN, P. New and Old Soybean Cultivar Responses to Plant Density and Intercepted Light. **Crop Science**, v 49. p. 2225-2232. Madison, USA, 2009.
- BUTLER, W.L.; LANE, H.C. Dark transformations of phytochrome in vivo. II. **Plant Physiology**, v. 40, p. 13-17, 1965.
- CALVIÑO, P.A.; SADRAS, V.O.; ANDRADE, F.H. Development, growth and yield of late-sown soybean in the southern Pampas. **European Journal of Agronomy**, v. 19, n. 2, p. 265-275, maio 2003.
- CÂMARA, G. M. de S. et al. Desempenho vegetativo e produtivo de cultivares e linhagens de soja de ciclo precoce no município de Piracicaba-SP. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 403-412, 1998.
- CÂMARA, G. M. de S; HEIFIGG, L. S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. In: CÂMARA, G. M. de S. **Soja: tecnologia de produção II**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2000. p. 81-117.
- CÂMARA, G. M. S. et al. Influence of photoperiod and air temperature on the growth, flowering and maturation of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, n. spe, p.149-154, jun. 1997.
- CÂMARA, G.M.S. **Bases de fisiologia da cultura da soja**. Piracicaba. 2000. Disponível em:  
<[www.potafos.org/ppiweb/pbrazil.nsf/926048f0196c9d4285256983005c64de/2364d9f75](http://www.potafos.org/ppiweb/pbrazil.nsf/926048f0196c9d4285256983005c64de/2364d9f75)

2603bcf83256c70005850b7/\$FILE/Anais%20Gil%20Miguel%20de%20Souza%20C%C3%A2mara.doc>. Acesso em: 26 jun. 2007

CARLSON, J. B. Morphology. In: CALDWELL, B. E. (Ed.). **Soybeans: improvement, production, and uses**. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy, 1973. p. 17-95.

CARNEIRO, L. C. **Caracterização epidemiológica da resistência parcial e análise da tolerância de genótipos de soja à ferrugem asiática**. 2007. 75 f. Tese (Doutorado em Agronomia. Área de concentração: Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; GASTALDI, L. F.; PÍPOLO, A. E. Correlações fenotípicas entre caracteres quantitativos em soja. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 11-16, jan./mar. 2005.

CARRARO, I. M. et al. Efeito da época de semeadura sobre altura e rendimento de doze cultivares de soja em Cascavel (PR). In: SEMINÁRIO NACIONAL DA SOJA, 3., 1984, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Soja, 1984. p. 70-81.

CARVALHO, C. P. de et al. Interação Genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 989-1000, jul. 2002b.

CASAROLI, D. et al. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja – uma revisão. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 14, n.2, p. 102-120. 2007.

COBER, E.; CURTIS, D. F. Both promoters and inhibitors affected flowering time in grafted soybean flowering-time isolines. **Crop Science**, Madison, USA, v. 43, n. 43, mai.-jun. 2003.

COBER, E.R.; et al. Genetic Improvement Rates of Short-Season Soybean Increase with Plant Population. **Crop Science**, Madison, USA, v. 45, p. 1029-1034, 2005.

COOPER, R. L. Influence of soybean production practices on lodging and seed yield in highly productive environments. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, n. 3, p. 490-493. 1971.

COSTA, N. P. da et al. Efeito da época de semeadura sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja no Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 107-112, 1995.

**CULTIVARES de Soja 2007/2008 região centro-sul**, Londrina: Embrapa Soja: Fundação Meridional, Londrina, 2008. 80 p. (Documentos, n. 299).

**CULTIVARES de soja região centro-sul 2009-2010**. Londrina: EMBRAPA SOJA: Fundação Meridional, 2009. 76 p. (EMBRAPA SOJA. Documentos, 318).

DAROISH, M.; HASSAN, Z.; AHAD, M. Influence of Planting Dates and Plant Densities on Photosynthesis Capacity, Grain and Biological Yield of Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] in Karaj, Iran. **Journal of Agronomy**, Tehran, Iran, v.4, n.3, p.230-237, 2005.

DESTRO, D.; CARPENTIERI-PIPOLO, V.; KIIHL, R.A. de S.; ALMEIDA, L.A. de. Photoperiodism and genetic control of the long juvenile period in soybean: a review. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.1. p. 72-92, 2001.

EMBRAPA SOJA. **Considerações sobre o florescimento precoce**. Sistema de Alerta. Disponível em: <[www.cnpso.embrapa.br/alerta/ver\\_alerta.php?cod\\_pagina\\_sa=214&cultura=1](http://www.cnpso.embrapa.br/alerta/ver_alerta.php?cod_pagina_sa=214&cultura=1)>. Acesso em :10 jan. 2010.

EMBRAPA. **Banco de dados climáticos do Brasil**. Disponível em: <[www.bdclima.cnpq.embrapa.br/resultados/balanco.php?UF=&COD=177](http://www.bdclima.cnpq.embrapa.br/resultados/balanco.php?UF=&COD=177)>, acesso em: 11 jan. 2010.

FARIA, L.C. et al. Avaliação de sete cultivares de soja em três épocas de semeadura e em quatro densidades de plantio. In: REUNIAO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIAO CENTRAL DO BRASIL, 22., 2000, Cuiabá. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2000. p.116.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 9 p. (Circular técnica, n. 48).

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E.. **Stages of soybean development**. Iowa: Iowa State University. Cooperative Extension Service, Ames, 1977. 12 p. (Special report 80).

GAN, Y.; STULEN, I.; VAN, KEULEN H.; KUIPER, P.J.C. Physiological response of soybean genotypes to plant density. **Field Crops Research**, 74 (2-3), pp. 231-241. 2002.

GARCIA, A. **Estudo do índice de colheita e de outras características agrônômicas de dez cultivares de soja, *Glycine max* (L.) Merrill, e de suas correlações com a produção de grãos, em duas épocas de semeadura**. 1979, 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

GESCH, R. W.; FORCELLA, F.; BARBOUR, N.; PHILLIPS. B.; WOORHEEES, W. B. Yeld and Growth Response of Cuphea to Sowing Date. **Crop Science**, v. 42, p. 1959-1965. nov.-dez., 2002.

GOODSPEED, M.J. **Computer routines for solar position, daylength and related quantities**. CSIRO Division of Water and Land Resources, Canberra, Austrália. 1975. (Techinal Memorandum).

HAN, T.; WU, C.; TONG, Z.; MENTREDDY, R.S.; TAN, K.; GAI, J. Postflowering photoperiod regulates vegetative growth and reproductive development of soybean. **Environmental and Experimental Botany**, v. 55, n. 1-2, p. 120-129, Jan., 2006.

HEIFFIG, L. S. et al. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

HEIFFIG, L. S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002, 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia) – Departamento de Produção Vegetal, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

HUYGHE, C. Genetics and genetic modifications of plant architecture in grain legumes: a review. **Agronomie**, Paris, v. 18, p. 381-411. 1998.

KANTOLIC, A.G.; SLAFER, G.A. Development and Seed Number in Indeterminate Soybean as Affected by Timing and Duration of Exposure to Long Photoperiods after Flowering. **Annals of Botany** , v. 99, p. 925–933, 2007.

KANTOLIC, A.G.; SLAFER, G.A. Photoperiod sensitivity after flowering and seed number determination in indeterminate soybean cultivars. **Field Crops Research**, v. 72, n. 2, p. 109-118. set., 2001.

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

MARCHIORI, L. F. S. et al. Desempenho vegetativo de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] em épocas normal e safrinha. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.2, p.383-390, 1999.

MARTIGNONE, R. A. et al. Efecto de la fecha de siembra sobre el comportamiento fenológico y agronómico en cultivares de soja de diferentes grupos de maduración. In: CONGRESSO DE SOJA DO MERCOSUR, 2006, Rosário. **Libro de Mesas Científico - Técnicas Resúmenes Expandidos**, Rosário: ACSOJA, 2006. p.47-50.

MARTINS, M. C. et al. Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 851-858, 1999.

MATSUMURA, H; et al. Mapping of soybean maturity gene E4. **Journal of Heredity Advance Access published**, Fev. 2008. Disponível em: <<http://jhered.oxfordjournals.org/cgi/content/full/esm114v1>>. Acesso em: nove de mar. 2010.

MBAH, E. U.; MUONEKE, C. O.; OKPARA, D. A. Evaluation of cassava (*Manihot esculenta* (Crantz) planting methods and soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] sowing dates on the yield performance of the component species in cassava/soybean intercrop under the humid tropical lowlands of southeastern Nigeria. **African Journal of Biotechnology**. Abraka, Nigéria, v. 8, n. 1, p. 042-047, jan. 2008.

MEDEIROS, A. F. A. **Caracteres agronômicos e qualidade de sementes de soja influenciados pelo arranjo de plantas**. 2005. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Fitotecnia)-Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

MIRANDA, M.A.C.; BRAGA, N.R.; LOURENÇÃO, A.L.; MIRANDA, F.T.S.; UNÊDA, S.H.; ITO, M. F. Descrição, produtividade e estabilidade da cultivar de soja IAC-24, resistente a insetos. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.29-37, 2003.

MORRISON, M.J.; VOLDENG, H. D.; COBER, E.R. Agronomic changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada. **Agronomy Journal**, v. 92, p. 780-784, 2000.

MUNIER-JOLAIN; NEY, B. Seed growth rate in grain legumes II. Seed growth rate depends on cotyledon cell number. **Journal of Experimental Botany**, v. 49, n. 329, p. 1972-1976, dez. 1998.

NUNES JUNIOR, J. et al. Avaliação de onze cultivares de soja em quatro épocas de semeadura e em três densidades de plantio. In: REUNIAO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIAO CENTRAL DO BRASIL, 22., 2000, Cuiabá. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2000. p.117

NUNES JÚNIOR, J. et al. Incidência de fungos em sementes de soja submetidas a diferentes épocas de semeadura e densidade de plantas. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 25., 2003, Uberaba. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, EPAMIG, Fundação Triângulo, 2003. p. 164-165.

PEDERSEN, P.; LAUER, J.G. Soybean Growth and Development in Various Management Systems and Planting Dates. **Crop Science**, Madison, v. 44, p. 508-515, 2004.

PEIXOTO, C. P. et al. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n.1, p. 89-96, 2000.

PENDLETON, J. W.; HARTWIG, E. E. Manegement. In: CALDWELL, B. E. (Ed.). **Soybeans: improvement, production, and uses**. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy, 1973. p. 211-237.

PEREIRA, L. A. G. et al. Efeito da época de semeadura sobre a qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v 1, n 3, p 77-90, 1979.

PIEIDADE, S. M. DE S. **Análise de grupos de experimentos em faixas**. 1987. 148 f.. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em “Estatística e Experimentação Agronômica”)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PIRES, J. L. F. et al. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 41-46, jan. 2000.

QUEIROZ, E. F. **Efeito de época de plantio e população sobre o rendimento e outras características agronômicas de quatro cultivares de soja *Glycine max* (L.) Merrill.** 1975, 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – área de concentração Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RANGEL, M. A. S.; TEIXEIRA, M. do R. de O. **Influência da população de plantas e de épocas de semeadura sobre o comportamento da soja**, em Dourados, MS, safra 2000/2001. Dourados: Embrapa Pecuária Oeste, 2001. 4 p. (Comunicado Técnico, 50).

RAY, C.L.; SHIPE, E.R.; BRIDGES, W.C. Planting Date Influence on Soybean Agronomic Traits and Seed Composition in Modified Fatty Acid Breeding Lines. **Crop Science**, Madison, v.48, p. 181-188, 2008.

RODRIGUES, O. et al. **Efeito do fotoperíodo e da temperatura do ar no desenvolvimento da área foliar da soja (*Glycine max* (L.) Merrill).** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 28 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento online, 33). Disponível em <[www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p\\_bp33.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp33.pdf)>. Acesso em 03 fev. 2010.

RODRIGUES, O. et al. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 431-437, mar. 2001.

SCHÖFFEL, E.R.; VOLPE, C. A. Contribuição relativa da temperatura do ar no desenvolvimento de três cultivares de soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 97- 104, 2002.

SILVA, J. F. et al. Estudo de população de duas cultivares e quatro linhagens em seis densidades de semeadura. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 23., 2001, Londrina. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2001. p. 156-157.

- SILVEIRA NETO, A. N. et al. Desempenho de linhagens de soja em diferentes locais e épocas de semeadura em Goiás. **Pesquisa agropecuária tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 103-108, 2005.
- STEWART, D.W. et al. Modeling genetic effects on the photothermal response of soybean phenological development, **Agronomy Journal**, v. 95, n. 1, p: 65-70, 2003.
- TANCREDI, F.D.; SEDIYAMA, T.; REIS, M.S.; CECON, P.R.; TEIXEIRA, R.C. Efeito da remoção do meristema apical no crescimento e desenvolvimento de plantas de soja em condições de casa de vegetação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.22, n.2, p.53-60, 2006.
- TECNOLOGIAS de produção de soja - região central do Brasil 2009 e 2010. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 262 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 13).
- TEIXEIRA, J. P. F. et al. Acúmulo de substâncias de reserva em grãos de soja. I: matéria seca, óleo e ácidos graxos. **Bragantia**, Campinas, v. 44, n. 1, p. 295-309. 1985.
- TORRES, E. **Efeito de Época de Semeadura, Espaçamento entre Fileiras e população de Plantas sobre o Rendimento de Grãos e Outras Características Agronômicas da Soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em Londrina – PR.** 1981. 107 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia) - Departamento de fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M. de; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, ago. 2002.
- VENTURA, F. et al. Validation of development models for winter cereals and maize with independent agrophenological observations in the BBCH scale. **Italian Journal of Agrometeorology**. v. 3, p. 17-26, 2009.

WASHBURN, C.F.; THOMAS J.F. Reversion of flowering in *Glycine max* (Fabaceae). **American Journal of Botany**. v. 87, n. 10, p. 1425-1438, 2000.

WATANABE, R. T. et al. Produtividade da cultura de soja em função da densidade populacional e da porcentagem de cátions (Ca, Mg e K) no complexo sortivo do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, V. 26, n. 4, p. 477-484, out./dez. 2005.

WILKERSON, G.G., JONES, J.W., BOOTE, K.J., BUOL, G.S. Photoperiodically sensitive interval in time to flower of soybean. **Crop Science**. v. 29. p. 721-726, 1989.

WU, C.; MA,Q; YAM, K.; CHEUNG, M.; XU, Y.; HUAN, T.; LAM, H.; CHONG, K. In situ expression of the GmNMH7 gene is photoperiod-dependent in a unique soybean (*Glycine max* [L.] Merrill) flowering reversion system. **Planta**, v. 223, n. 4, p. 725-735, out. 2005.

YAMANAKA, N. et al. Correlação entre 21 características observadas em 225 genótipos de soja do noroeste da China. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4., 2006, Londrina. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2006. p.103-104.