

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PPGA
MESTRADO**

**CRESCIMENTO E DESEMPENHO PRODUTIVO DE CULTIVARES DE
SOJA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA NO CENTRO-SUL
DO ESTADO DO PARANÁ**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CLOVIS PIEROZAN JUNIOR

**GUARAPUAVA-PR
2012**

CLOVIS PIEROZAN JUNIOR

**CRESCIMENTO E DESEMPENHO PRODUTIVO DE CULTIVARES DE SOJA EM
DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA NO CENTRO-SUL DO ESTADO DO
PARANÁ**

Dissertação de mestrado apresentada à
Universidade Estadual do Centro-Oeste,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia -
Mestrado, área de concentração em Produção
Vegetal, para obtenção do título de Mestre

Prof. Dr. Jackson Kawakami
Orientador

GUARAPUAVA-PR
2012

Catálogo na Publicação
Biblioteca do CEDETEG - UNICENTRO, Campus Guarapuava

P619c Pierozan Junior, Clovis
Crescimento e desempenho produtivo de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura no Centro-Sul do Estado do Paraná / Clovis Pierozan Junior. -- Guarapuava, 2012.
xiii, 89 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2012.

Orientador: Prof. Dr. Jackson Kawakami

Co-orientador: Prof. Dr. Marcelo Marques Lopes Müller

Banca examinadora: Prof. Dr. Claudemir Zucareli, Dr. Juliano Luiz de Almeida

Bibliografia

1. Soja. 2. Semente. 3. Produtividade. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

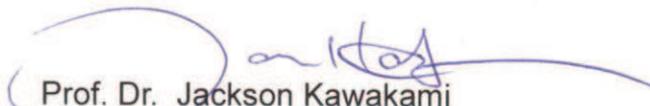
CDD 633.34

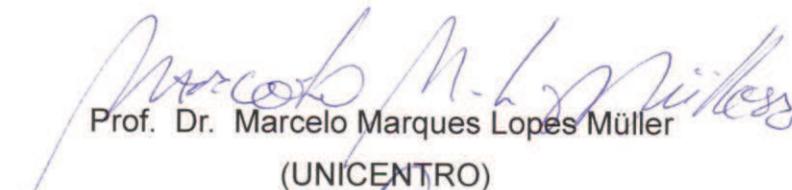
CLOVIS PIEROZAN JUNIOR

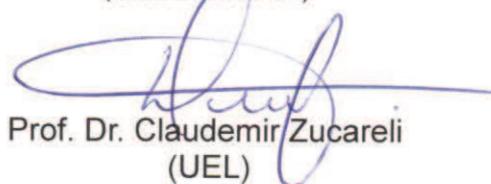
**“CRESCIMENTO E DESEMPENHO PRODUTIVO DE CULTIVARES DE SOJA EM
DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA NO CENTRO-SUL DO ESTADO DO
PARANÁ.”**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 1º de fevereiro de 2012.


Prof. Dr. Jackson Kawakami
(UNICENTRO)


Prof. Dr. Marcelo Marques Lopes Müller
(UNICENTRO)


Prof. Dr. Claudemir Zucareli
(UEL)


Dr. Juliano Luiz de Almeida
(FAPA/AGRÁRIA)

GUARAPUAVA-PR
2012

À minha avó Lídia Socoloski Orane (*in memoriam*)

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À UNICENTRO pelo oferecimento do curso de mestrado.

Ao professor Jackson Kawakami pela paciência, por estar presente em todos os momentos necessários e pelo exemplo de pessoa e profissional o qual eu admiro.

À CAPES pelo fornecimento de bolsa de estudo.

Aos meus pais Clovis e Cleuzy, e toda a minha família pelo apoio em todas as horas.

À minha namorada Kélin Schwarz pelo companheirismo, carinho, compreensão, paciência, auxílio nas análises, no trabalho, nos estudos, na vida.

Aos estagiários que colaboraram com a realização das inúmeras e árduas análises.

Aos amigos em especial Marcelo Bridi e Leandro Michalovickz que mesmo sem compromisso também ajudaram nas análises, bem como no fornecimento de produtos para uso no campo.

Aos professores que cederam equipamentos para uso no campo, quanto equipamentos de laboratório.

À FAPA pelo fornecimento de sementes utilizadas.

Às secretárias do Mestrado especialmente à Lucília.

Aos funcionários da UNICENTRO que colaboraram com a realização do experimento, especialmente ao “Seu” Elias.

Aos meus colegas de república e amigos que sempre estavam presentes pra matear ao fim das tardes, e a Hilda de Lara que sempre cuidou da nossa república e nos tratou com o carinho de mãe.

A DEUS.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS	ii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Geral	3
2.2. Específicos	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
3.1. Época de Semeadura na Cultura da Soja	4
3.2. Principais Fatores Abióticos Influentes no Ciclo da Cultura da Soja	5
3.2.1. Fotoperíodo	5
3.2.2. Temperatura	6
3.2.3. Necessidade Hídrica	8
3.2.4. Radiação Solar	9
3.3. Referências Bibliográficas	13
4. CAPÍTULO I – DESEMPENHO PRODUTIVO DE CULTIVARES DE SOJA SEMEADAS EM DIFERENTES ÉPOCAS.....	18
RESUMO.....	18
4.1. Introdução	20
4.2. Material e Métodos.....	21
4.3. Resultados e Discussão	24
4.4. Conclusão.....	34
4.5. Referências Bibliográficas	36
5. CAPÍTULO II – ESTUDOS FENOLÓGICOS E BIOMÉTRICOS DE CULTIVARES DE SOJA SEMEADAS EM DIFERENTES ÉPOCAS E SUA RELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE DE SEMENTES.....	39
RESUMO.....	39
5.1. Introdução	41
5.2. Material e Métodos.....	42

5.3. Resultados e Discussão	43
5.4. Conclusões	56
5.5. Referências Bibliográficas	57
6. CAPÍTULO III – ÍNDICES FISIOLÓGICOS DE CULTIVARES DE SOJA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA.....	60
RESUMO.....	60
6.1. Introdução	62
6.2. Material e Métodos.....	63
6.3. Resultados e Discussão	64
6.4. Conclusão.....	71
6.5. Referências Bibliográficas	72
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Visão geral do experimento (a); coleta de plantas durante análise no período vegetativo (b); subparcela após coleta de plantas na colheita (c).	23
Figura 2. Comparação entre os dados climáticos da média de 1999 – 2009 e da safra 2010/2011 em Guarapuava, PR: a) Temperatura; b) Precipitação; c) Radiação solar. Fonte: Estação Meteorológica do Campus CEDETEG, e IAPAR, 2011.	25
Figura 3. a) Produtividade de sementes (kg ha^{-1}) e b) massa de 100 sementes (g) ajustadas para umidade de 13%, de quatro cultivares de soja em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR ¹	32
Figura 4. Número de nódulos (planta^{-1}) e massa de matéria seca de nódulos (MS, g m^{-2}) em a) três épocas de semeadura e b) quatro cultivares de soja, no estágio de desenvolvimento de plantas R5.3 na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR ¹	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Altura de inserção da 1ª vagem de quatro cultivares de soja em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR.....	26
Tabela 2. Número total de nós, de ramificações, de nós da haste primária e nós das ramificações (m^{-2}) de cultivares de soja em épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR.....	27
Tabela 3. Número de vagens por nó, número de sementes por vagem, número de sementes por nó, e massa de matéria seca (MS) de sementes por nó, de quatro cultivares de soja em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR	29
Tabela 4. Resultados da análise de variância para produtividade, massa de matéria seca (MS) de 100 sementes, número de vagens e de sementes (m^{-2}) de quatro cultivares de soja semeadas em três épocas na safra 2010 / 2011 em Guarapuava, PR	30
Tabela 5. Número de vagens (m^{-2}) e número de sementes (m^{-2}) de quatro cultivares de soja em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR.	31
Tabela 6. Duração dos estádios de desenvolvimento das plantas (dias) e dados climáticos durante os estádios para a cultura da soja em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR.....	44
Tabela 7. Altura de plantas (cm) de quatro cultivares de soja, em quatro estádios de desenvolvimento de plantas em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR.....	46
Tabela 8. Diâmetro da haste principal (mm) de quatro cultivares de soja, em quatro estádios de desenvolvimento de plantas em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR.....	48
Tabela 9. Número de ramificações ($planta^{-1}$) de quatro cultivares de soja, em quatro estádios de desenvolvimento de plantas em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR.....	50
Tabela 10. Número de nós da haste principal ($planta^{-1}$) de quatro cultivares de soja, em quatro estádios de desenvolvimento de plantas em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR.....	52

Tabela 11. Índice de área foliar de quatro cultivares de soja, em quatro estádios de desenvolvimento de plantas em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR.....	54
Tabela 12. Coeficientes de correlação entre os índices biométricos analisados e produtividade final de sementes de quatro cultivares de soja em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR.....	56
Tabela 13. Índice de área foliar médio (IAF médio) de plantas de quatro cultivares de soja, em quatro intervalos de desenvolvimento, semeadas em três épocas na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR.....	65
Tabela 14. Taxa de crescimento da cultura ($\text{g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) de plantas de quatro cultivares de soja, em quatro intervalos de desenvolvimento, semeadas em três épocas na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR.....	66
Tabela 15. Taxa de assimilação líquida ($\text{g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) de plantas de quatro cultivares de soja, em quatro intervalos de desenvolvimento, semeadas em três épocas na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR.....	68
Tabela 16. Duração de dias do período de enchimento de sementes de plantas de quatro cultivares de soja, em quatro estádios de desenvolvimento, semeadas em três épocas na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR.	69
Tabela 17. Taxa de enchimento de sementes ($\text{g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) de plantas de quatro cultivares de soja, semeadas em três épocas na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR ¹	70
Tabela 18. Índice de colheita (%) de plantas de quatro cultivares de soja, semeadas em três épocas na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR.	71

RESUMO

PIEROZAN JUNIOR, Clovis. **Crescimento e desempenho produtivo de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura no Centro-Sul do Estado do Paraná.** Guarapuava: UNICENTRO, 2012. 87f. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal).

O estudo teve como objetivo avaliar o crescimento e o desempenho produtivo de quatro cultivares de soja, (FPS Urano RR, BMX Apolo RR, BMX Energia RR e BRS 284), em três épocas de semeadura, (21 de outubro, 18 de novembro e 20 de dezembro de 2010), no Centro-Sul do Estado do Paraná. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições em um arranjo de parcelas subdivididas, sendo as épocas de semeadura dispostas nas parcelas e as cultivares nas subparcelas. No estágio R8, foi realizada a colheita analisando-se a produtividade de sementes e seus componentes, bem como índices biométricos importantes para garantir a produtividade. Durante o ciclo de crescimento, foram coletadas plantas nos estádios de crescimento V4, V9, R2 e R5.3, analisando-se características biométricas e índices fisiológicos das plantas. A cultivar BRS 284 obteve o maior número de sementes por área, porém a menor massa de 100 sementes. A massa de 100 sementes diminuiu com o atraso da semeadura, exceto para a cultivar BRS 284. A produtividade diminuiu com o atraso da semeadura nas cultivares que sofreram redução da massa de 100 sementes. A cultivar BMX Energia RR foi a melhor opção para semeaduras precoces obtendo a maior massa de sementes e produtividade e a cultivar BRS 284 mostrou ser uma boa opção para semeaduras tardias. Constatou-se redução do crescimento de plantas de todas as cultivares com o atraso da semeadura, porém, a cultivar FPS Urano RR, mostrou a menor diferença na biometria final de plantas nas diferentes épocas de semeadura. A definição da biometria final das plantas aconteceu depois do estágio fenológico V9. O índice de área foliar em R5.3 foi o caractere morfológico com maior correlação com a produtividade final de sementes das plantas. O atraso da semeadura resultou em maiores valores de taxa de assimilação líquida, mas menores de taxa de crescimento de cultura. A cultivar BMX Energia RR apresentou maior taxa de enchimento de sementes e índice de colheita em todas as épocas de semeadura, mostrando-se mais eficiente que as demais cultivares.

Palavras-chave: *Glycine max*, índice de área foliar, massa de sementes, taxa de enchimento de sementes.

ABSTRACT

PIEROZAN JUNIOR, Clovis. **Growth and yield performance of soybean cultivars at different sowing dates in Mid-South of Parana State.** Guarapuava: UNICENTRO, 2012. 87p. (Dissertation – Master of Science in Agronomy, Concentration area of Plant Production).

The study objectived to evaluate the growth and yield performance of four soybean cultivars (FPS Urano RR, BMX Apolo RR, BMX Energia RR and BRS 284), sowed at three dates (October 21st, November 18th and December 20th, 2010), in Mid-South of Parana State. The experimental design was a randomized block with three replications, in a split-plot arrangement, being the sowing dates allocated to plots and the cultivars to subplots. At R8 growth stage, it was realized the harveste and seed yield and its components, as well as morphological parameters important to ensure the yield, were analyzed. During growth development, plants were sampled at growth stages: V4, V9, R2 and R5.3, analyzing its biometrical characteristics and the plants physiological parameters. The cultivar BRS 284 had highest number of seeds per area, but the lowest mass of 100 seeds. The mass of 100 seeds decreased with the sowing delay, except to the cultivar BRS 284. The seed yield decreased with the sowing delay in the cultivars that had reduction in the 100 seeds mass. The cultivar BMX Energia RR was the best option for the early sowing obtaining the highest seed mass and yield and the cultivar BRS 284 showed to be a good option for late sowing. It was found reduction of plant growth in all cultivars with delaying sowing dates, however, the cultivar FPS Urano RR showed the lowest difference in the final plants morphology among the different sowing dates. The definition of the final morphology of the plants occurred after the phenological stage V9. Leaf area index at R5.3 was the morphological character with highest correlation with final plant seed yield. The delay of sowing date resulted in higher net assimilation rate, but smaller crop growth rate than early sowing date. The cultivar BMX Energia RR showed the highest seed filling rate and harvest index at all dates of sowing, being more efficient than the others cultivars.

Keywords: *Glycine max*, leaf area index, seeds mass, seed filling rate.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A cultura da soja no Brasil assume grande valor social e econômico, devido à importância de seus produtos, principalmente farelos, óleo vegetal e seus derivados, destinados tanto para o mercado interno como externo, o que resulta em uma considerável geração de empregos nos diversos setores da economia (EMBRAPA, 2006). A soja é a principal fonte de óleos vegetais no mundo e, é a cultura capaz de produzir mais proteínas por área quando comparada com qualquer outra espécie cultivada em larga escala (MINUZZI et al., 2009).

O Paraná, com uma produção de 14,2 milhões de Mg na safra 2009/2010, foi o segundo estado que mais produziu soja no Brasil (CONAB, 2010), sendo que 50% da área cultivada com a cultura no Estado do Paraná é de soja geneticamente modificada resistente ao herbicida glifosato (SILVEIRA e RESENDE, 2010).

Segundo Bonato et al. (1998) ao longo do seu ciclo a soja está sujeita a estresses causados pelas necessidades hídricas, térmicas e fotoperiódicas que resultam na redução tanto da produtividade quanto da qualidade do produto, sendo que a época de semeadura tem interferência em ambos os fatores. Dessa forma a época de semeadura é, provavelmente, a prática cultural isolada mais importante para a cultura da soja (PEIXOTO et al., 2000). Essa prática é a variável que produz maior impacto sobre a cultura, pois interfere de modo acentuado no desenvolvimento e na arquitetura das plantas e conseqüentemente na produção da soja (NAKAGAWA et al., 1983; STÜLP, 2009).

Segundo Câmara (1998) e Cruz (2010) o estudo fenológico de uma espécie é uma ferramenta que possibilita identificar índices biométricos da planta em determinados momentos fisiológicos, associados a uma série de necessidades do vegetal que, se atendidas, possibilitarão um normal desenvolvimento da cultura e conseqüentemente uma elevada produtividade. Destaca-se que a capacidade de adaptação da soja ao ambiente depende das características genótípicas da cultivar e como os genótipos podem responder diferentemente ao ambiente, as indicações da melhor época para cada cultivar devem ser precedidas de ensaios regionalizados (QUEIROZ et al., 1998).

A região de Guarapuava apresenta-se como grande produtora nacional de cereais de inverno, sendo que no ano de 2008 o município foi o 8º colocado no ranking nacional de

produção de trigo com 62.000 Mg produzidas, o 1º colocado em produção de cevada com 51.100 Mg produzidas e o 3º em produção de triticale com 8.145 Mg (IBGE, 2010).

De acordo com o zoneamento agrícola de 2010, para Guarapuava a época de semeadura de cevada se inicia em 01/06 e vai até 10/07, para cultivares de qualquer grupo de maturação. Isso significa que considerando o ciclo da cevada de 120 a 135 dias da semeadura até o ponto de colheita, as áreas cultivadas com cevada seriam disponibilizadas para a soja entre o início de outubro e meados de novembro (MAPA, 2010). Já para o trigo o zoneamento de 2010 recomenda a semeadura de 01/06 a 20/07, e, considerando o ciclo de 125 a 140 dias da semeadura até o ponto de colheita, a semeadura da soja seria possível entre o início de novembro e o final de dezembro (MAPA, 2010), sempre considerando-se condições normais de velocidade de emergência e ausência de chuvas no período da colheita, caso contrário, a semeadura da soja poderá sofrer maior atraso.

Considerando esses fatores, nota-se que a semeadura da soja em Guarapuava e região em muitas áreas onde é feito o cultivo de cereais de inverno, pode ser forçado a ser realizado até o final de dezembro. Entretanto, em outras áreas em que os cereais de inverno tardios não são cultivados, ou são utilizadas culturas de ciclo mais curto, a semeadura de soja pode ser feita logo no início do mês de outubro, visto isso, nota-se um longo período de semeadura da soja na região.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade e os componentes produtivos, a biometria e o crescimento de plantas de quatro cultivares de soja, semeadas em três épocas na região de Guarapuava – PR.

2.2. Específicos

- Verificar a produtividade e definir quais os componentes produtivos variam conforme a época de semeadura para cada uma das cultivares.

- Verificar como, e a partir de quando, a época de semeadura interfere nos índices biométricos e na fenologia das diferentes cultivares, bem como a relação dos índices biométricos com a produtividade;

- Avaliar os índices fisiológicos das plantas e inferir como a mudança da época de semeadura altera o crescimento de cada cultivar de soja em cada época de semeadura, e a relação com a produtividade.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Época de Semeadura na Cultura da Soja

A duração do ciclo da cultura da soja é um dos fatores mais influenciados pela época de semeadura (MOTA et al., 2000). Uma previsão precisa da duração do período entre a emergência das plantas e a floração é de suma importância, pois com a estimação do período vegetativo, no caso da soja, pode-se fazer o planejamento para que a cultura vegete satisfatoriamente, produza matéria seca suficiente e obtenha uma elevada produção de sementes (WANG et al., 1997). Além disso, o controle do período vegetativo pode fornecer indicações sobre como manejar a cultura para livrar-se de algumas situações de estresse característicos (como por exemplo, a falta de água e o acamamento) em alguns ambientes, em determinadas regiões de cultivo de soja (RODRIGUES et al., 2001).

Dessa forma, a semeadura quando realizada em épocas em que as condições climáticas são adequadas às necessidades da soja, contribui tanto para a redução de riscos de fatores abióticos, como por exemplo, a necessidade hídrica nos períodos mais críticos do desenvolvimento da cultura, quanto para fatores bióticos, como o ataque de pragas e doenças (SANTOS et al., 2003).

Em relação ao acamamento, Santos (1988) cita que o acamamento acentuado pode ser considerado como um dos principais pontos de estrangulamento para o bom desempenho de cultivares de soja, especialmente em regiões produtoras com altitude elevada, acima de 700 metros, como a Mesoregião Centro-Sul do Estado do Paraná, que compreende o município de Guarapuava. Nos últimos anos, a seleção de cultivares menos susceptíveis ao acamamento viabilizou o cultivo de soja e o aumento de produtividade de soja na região de Guarapuava, porém fez com que cultivares com elevada produtividade, mas susceptíveis ao acamamento, não fossem mais utilizadas por agricultores da região.

Atualmente, os fatores mais importantes na escolha das cultivares a serem utilizadas são as características quantitativas, como componentes do rendimento (número de vagens por planta, número de sementes por vagem e massa dos sementes), altura de planta, duração do ciclo e produtividade, justamente as características mais influenciadas pelo manejo (PEIXOTO et al., 2000).

Desta forma, as cultivares semeadas em diferentes épocas expressam suas potencialidades conforme as condições ambientais, que por sua vez se modificam no espaço e no tempo. Como os genótipos podem responder diferentemente ao ambiente, a indicação da melhor época de semeadura para cada cultivar deve ser precedida de ensaios regionalizados (PELÚZIO et al., 2006).

Para a definição da época ideal de semeadura, fatores como o fotoperíodo, temperatura e precipitação devem ser levados em consideração, pois estes interferem diretamente em características agrônômicas das plantas como o porte e o ciclo de maturação, que por sua vez influenciam diretamente na produtividade (PEIXOTO et al., 2001).

3.2. Principais Fatores Abióticos Influentes no Ciclo da Cultura da Soja

3.2.1. Fotoperíodo

A soja é uma planta sensível à duração das horas de luz, florescendo quando o comprimento dos dias (horas de luz) é inferior a determinado valor, denominado fotoperíodo crítico (CÂMARA et al., 1997). A indução floral provoca a transformação dos meristemas vegetativos (que dão origem a hastes e folhas) em reprodutivos (primórdios florais), determinando o tamanho final das plantas (número de nós) e, portanto, seu potencial de produtividade. O tempo requerido para a floração depende do comprimento do dia, sendo que a indução é mais rápida com dias curtos do que com dias longos (RODRIGUES et al., 2001).

De acordo com Rangel (2006) para que a soja floresça é necessário um período de luz inferior a 13 horas. Marion (2004) cita que em períodos de luminosidade superiores a 16 horas, o florescimento e a frutificação da soja são inibidos. Porém, Rodrigues et al. (2001) relatam que a sensibilidade ao fotoperíodo é dependente das características genéticas da cultivar, e o seu grau de resposta ao estímulo fotoperiódico é o principal determinante da área de adaptação das diferentes cultivares. Portanto, existem cultivares que não obedecem a regra em que, somente há florescimento em períodos luminosos inferiores a 13 horas.

Os fitocromos, que são pigmentos presentes nas plantas, determinam ou não o florescimento da soja, de acordo com a luminosidade. Nas plantas, a passagem dos fitocromos vermelho extremo para fitocromos vermelho, que acontece lentamente e em períodos sem luz, faz com que seja reduzida a síntese das enzimas giberelina 20 oxidase e 3 β hidroxilase,

responsáveis por transformar giberelina 12 (de 20 carbonos) em giberelina 1 (de 19 carbonos). Com isso em períodos mais longos de escuro, se tem uma menor quantidade de fitocromos vermelho extremo, menor síntese das enzimas giberelina 20 oxidase e 3 β hidroxilase, maior concentração de giberelina 12 (pouco ativa) e menor concentração de giberelina 1 (mais ativa). Esta baixa concentração de giberelina 1, por sua vez, seria responsável pelo florescimento nas plantas de dia curto, como a maioria das cultivares de soja, o que não acontece para as plantas de dia longo, em que o florescimento é estimulado pela alta concentração de giberelina 1 (TAIZ e ZEIGER, 2006).

Porém, segundo Rangel (2006), esta sensibilidade ao fotoperíodo não está presente em todo o ciclo da soja, sendo que, logo após a emergência, no estágio fenológico V1, as plantas de soja são insensíveis ao fotoperíodo, sendo este período conhecido como período juvenil. Entretanto, quando as plantas emitem seu quinto ou sexto trifólio, a sensibilidade ao fotoperíodo aumenta.

De maneira geral, atualmente as cultivares utilizadas nas regiões de menores latitudes do Brasil (Cerrado) foram melhoradas geneticamente para serem menos sensíveis ao fotoperíodo, devido aos menores períodos luminosos da região central do Brasil, quando comparada com regiões dos Estados do Sul na estação do verão. Devido a esse menor período luminoso nas regiões do Cerrado, as cultivares não adaptadas floresciam muito precocemente. A partir da década de 70, programas de hibridações visaram à transferência de genes que conferem às plantas de soja um período juvenil longo, fazendo com que as plantas vegetassem mais, justamente no período de insensibilidade ao fotoperíodo, e nesse meio tempo produzissem fotoassimilados suficientes para se obter uma produtividade relativamente alta (SPEHAR et al., 2000). Dessa forma, em razão do melhoramento dessa leguminosa, visando à obtenção de cultivares menos sensíveis ao fotoperíodo, é possível o cultivo de soja nas regiões de menores latitudes do Brasil.

3.2.2. Temperatura

A soja, que é uma planta com metabolismo C3 de fixação de carbono, se desenvolve melhor na faixa de temperatura entre 20-30°C (HOFSTRA, 1972; HESKETH et al., 1973; EGLI e WARDLAW, 1980) sendo seu desenvolvimento ideal em 30°C (COSTA, 1996; FARIAS, 2000; EMBRAPA, 2006), e, abaixo de 10°C o crescimento é paralisado (GARNER

e ALLARD, 1930). Para a germinação, o ideal é uma temperatura do solo de 25°C, sendo que abaixo de 20°C a germinação é prejudicada (EMBRAPA, 2006).

Além do fotoperíodo, a temperatura também é um fator que afeta a indução floral, interferindo dessa maneira, no ciclo e na biometria das plantas. Segundo Pascale (1969) existe uma relação inversa entre a temperatura média e o número de dias necessários para a floração, ou seja, as temperaturas mais baixas estimulam o aumento no período para que ocorra o florescimento, quando comparadas com temperaturas mais elevadas (EMBRAPA, 2008).

Pascale (1969) relata que em situações de temperaturas médias do ar noturnas em torno de 24°C, em dias longos, condicionam rápido crescimento vegetativo, promovendo florescimento precoce, e temperaturas médias abaixo de 24°C normalmente retardam o florescimento em cerca de 2 a 3 dias, para cada 0,5°C de decréscimo (WHIGHAM e MINOR, 1978).

O florescimento da soja só é induzido em situações em que se têm temperaturas superiores a 13°C, e, temperaturas acima de 40°C causam distúrbios na floração e o abortamento de vagens. Ainda, temperaturas ligeiramente abaixo de 40°C promovem a aceleração da maturação da soja e aceleram o florescimento (EMBRAPA, 2008).

Tanto o florescimento quanto o estabelecimento de vagens podem ser prejudicados devido a temperaturas abaixo de 21°C, ou acima de 32°C, sendo que as temperaturas mais elevadas provocam um maior abortamento de flores (NOGUEIRA¹, 1983, citado por PEREIRA, 2002). Summerfield et al. (1993) citam que na fase de colheita, as temperaturas baixas podem provocar atraso na data de colheita, além de provocar retenção foliar.

Na região de Guarapuava tratando-se do período de cultivo da soja, as temperaturas máximas mais elevadas e a menor variação de temperatura ocorrem nos meses de novembro (meados), dezembro, janeiro, fevereiro e março (início). Já os meses de setembro, outubro e novembro (início) tendem a apresentar temperaturas máximas menores e mais variáveis, em comparação com os outros meses em que a cultura se desenvolve. Já as temperaturas mínimas se elevam desde setembro até o final de dezembro, momento no qual se estabilizam até meados de março, quando voltam a cair (WAGNER, 2009).

¹NOGUEIRA, S.S.S. **Ciclo biológico, características fisiológicas, produção e composição química da semente dos cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill.] UFV-1 e IAC-7 em diversas épocas de semeadura.** Piracicaba: ESALQ, 1983. 96p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1983.

De modo geral, em Guarapuava, a faixa de temperatura na qual a soja tem adequado desenvolvimento durante todo o seu ciclo está sempre dentro dos limites nos meses de cultivo. Porém, se a semeadura for antecipada para o mês de setembro, a cultura no início de seu desenvolvimento, passará por temperaturas baixas, próximas a 10°C o que pode diminuir drasticamente, ou paralisar seu desenvolvimento.

De acordo com Camargo et al. (1971), as temperaturas médias de pleno verão consideradas ótimas para o desenvolvimento da soja, devem estar em torno de 24 a 25°C, sendo assim, Guarapuava, em que a temperatura média do ar no período de 1999 a 2009 foi de aproximadamente 18°C em outubro, com máxima em torno de 20°C em janeiro, está portanto, abaixo da ideal para a cultura. Porém, as temperaturas máximas para Guarapuava, estão na faixa que segundo o autor, são ótimas para o desenvolvimento da soja. De acordo com Wagner (2009), em estudo com os dados meteorológicos de Guarapuava do ano de 1984 a 2008, nos meses de outubro, novembro e dezembro, a temperatura apresenta comportamento significativamente crescente, sendo de 17°C, 19°C e 20°C, respectivamente, sendo que, no mês de dezembro a temperatura se estabiliza, sendo estatisticamente igual em relação a janeiro e fevereiro que apresentam médias de 21°C e 20°C. A partir de fevereiro, a temperatura começa a cair significativamente, apresentando médias de aproximadamente 19°C e 17°C nos meses de março e abril, respectivamente.

3.2.3. Necessidade Hídrica

Durante seu ciclo, a soja exige entre 450-800 litros de água m⁻² para alcançar boas produtividades, sendo que essa variação na necessidade hídrica se deve à interação com outros fatores climáticos e sistema de manejo (DOORENBOS e KASSAN, 1979; REICHARDT, 1987). De maneira geral, a necessidade hídrica aumenta conforme o avanço do ciclo da cultura. Entretanto, a disponibilidade de água é fundamental no período de germinação-emergência e na floração-enchimento de vagens. De acordo com Berlato et al. (1986) a necessidade máxima se dá na floração e no enchimento de vagens, sendo necessários 7 a 8 mm dia⁻¹ disponíveis para a cultura nesta fase.

O déficit hídrico também é um fator que, quando combinado com temperaturas próximas a 40°C, agravam o problema de antecipação da floração e, conseqüentemente, redução do ciclo vegetativo (EMBRAPA, 2008).

Teoricamente na Região Centro-Sul do Paraná a precipitação no período de cultivo da soja é suficiente para as necessidades da cultura, porém em alguns meses a precipitação é menor que em outros, o que implica na possibilidade da cultura passar por estresses hídricos em períodos de extrema necessidade de água como na floração e no enchimento de vagens. Na média dos últimos dez anos em Guarapuava, verificou-se que o mês de março obteve precipitação média acumulada de 120 mm, o que significa que a média diária foi de 3 mm. Em casos de semeaduras tardias, realizadas na segunda quinzena de dezembro, muito provavelmente, a cultura da soja ainda estará na fase de enchimento de vagens no início de março, dessa forma poderá dispor de uma necessidade hídrica inferior a 50% do necessário para a cultura durante esse período fenológico.

Dessa maneira, a necessidade hídrica também é um fator que pode ser alterado pela época de semeadura em Guarapuava. Farias et al. (2001), citam que é necessário o conhecimento da quantia de água consumida pela cultura em cada um dos vários períodos de crescimento, sendo que dessa maneira, é possível ajustar as datas da semeadura de forma que as fases de crescimento mais críticas coincidam com os períodos aos quais é mais provável a água estar disponível.

3.2.4. Radiação Solar

A radiação solar é um dos fatores que mais interfere no crescimento e desenvolvimento vegetal, pois toda a energia necessária para a realização da fotossíntese, ou seja, transformação do CO₂ atmosférico em energia metabólica é proveniente da radiação solar (TAIZ e ZIEGER, 2006). Monteith (1965) cita que quando o suprimento de água e nutrientes é adequado para as plantas, o fator que mais interfere na produção é a radiação.

Dessa maneira, a radiação solar está intimamente ligada à produtividade da soja devido ao fato de interferir na fotossíntese, alongação de haste principal e ramificações, expansão foliar, pegamento de vagens e sementes e fixação biológica de nitrogênio (CÂMARA, 2000). A energia solar é conservada na forma de ATP e NADPH, sendo que esses substratos serão posteriormente utilizados no ciclo de Calvin e Benson, para produzir açúcares e/ou cadeias de carbono para rotas de biossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2006).

Além da produção de carboidratos como fonte de energia e cadeias carbônicas para biossíntese de diversos compostos, a radiação solar também está relacionada com a taxa

respiratória, em que plantas de sol respiram de 10 a 40 vezes mais do que plantas de sombra, e a respiração aumenta conforme o incremento da taxa de crescimento e em condições de senescência, até um determinado momento (JONES, 1994; PEREIRA, 2002; TAIZ e ZIEGER, 2006).

Outros mecanismos fisiológicos são influenciados pela radiação solar, como o movimento estomático (SHIMAZAKI et al., 1993) e a ativação de diversas enzimas que estão envolvidas no processo fotossintético (TAIZ e ZIEGER, 2006).

A soja, se submetida a baixas intensidades luminosas, apresenta menores taxas tanto de fitomassa, como de crescimento e de assimilação líquida, além de um elevado estiolamento, o que favorece o acamamento das plantas nas condições de campo. Isso enaltece ainda mais a importância de se conhecer o clima da região de cultivo e a época de semeadura, que poderão ser fatores limitantes quando se espera altas produtividades nessa cultura, acima de 3.000 kg ha⁻¹ (MELGES et al., 1989; PEREIRA, 2002).

Melges et al.(1989), em um experimento com níveis de irradiância no crescimento e desenvolvimento da soja, verificaram que o número de folhas e vagens decresce em função do sombreamento da cultura, que a taxa de acúmulo de fitomassa em cada órgão é maior quanto maior a densidade de fluxo de radiação solar, até a saturação luminosa, que a taxa de acúmulo de fitomassa seca, devido ao sombreamento, é menor nas raízes do que nos outros órgãos, e que devido ao sombreamento, plantas apresentam maior estatura, maior alongamento dos entrenós e aumento da dominância apical, e ainda, que quanto maior o nível de sombreamento, maior o retardamento da maturação. Taiz e Zeiger (2006) ainda relatam que as plantas que crescem sob altas intensidades luminosas apresentam mesófilo foliar mais desenvolvido, e que a densidade estomática, tanto abaxial quanto adaxial, é maior devido ao efeito da luz na diferenciação celular.

Por outro lado, Adams e Adams (1992) e Jiang et al. (2006) citam que quantidades muito altas de intensidades de radiação solar absorvidas pelas plantas podem levá-las à saturação luminosa, diminuindo a eficiência no uso da radiação. Essa radiação em excesso pode promover a produção de energia que, se não for utilizada ou dissipada pode ser repassada ao oxigênio, transformando-o em formas danosas, como por exemplo, peróxidos (H₂O₂[•]) e superóxidos (O₂⁻²), que promovem a degradação das proteínas do complexo antena do cloroplasto das células (TAIZ e ZEIGER, 2006).

As plantas para se protegerem da radiação em excesso, podem exercer mecanismos de alteração na anatomia foliar (JIANG et al., 2006) ou alterações no metabolismo, como por exemplo a dissipação do excesso de energia absorvida pelas folhas pelo ciclo das xantofilas e outros carotenóides (ADAMS e ADAMS, 1996), ou pela redistribuição da energia excedente entre os fotossistemas (TAIZ e ZAIGER, 2006).

Pengelly et al. (1999) citam que a interceptação de radiação solar é uma função entre o índice de área foliar (IAF) e o coeficiente de extinção luminosa. Conforme aumenta o IAF, ocorre também um aumento na interceptação luminosa, até um ponto onde esse aumento se estabiliza devido ao auto-sombreamento, com isso, mesmo o IAF crescendo, a interceptação luminosa não se eleva (PEREIRA, 2002).

Porém, segundo Schöffel e Volpe (2001), o aumento linear de fitomassa seca, em função da radiação interceptada, nem sempre resulta em aumentos lineares de produtividade, devido ao fato de haver outros fatores relacionados com a produtividade, como potencial genético e disponibilidade de água e nutrientes. Os autores citam ainda que, na cultura da soja, a variação da eficiência do uso de radiação se deve ao estágio de desenvolvimento e à atividade metabólica da cultura. A eficiência no uso da radiação aumenta no período vegetativo a partir da emissão do quinto trifólio, momento no qual a intensidade de acúmulo de fitomassa seca é alta, mantendo-se elevada até o enchimento de sementes, onde se acentua a translocação de fotoassimilados dos órgãos vegetativos para os reprodutivos.

No período de enchimento de sementes, de acordo com Pereira (2002) a eficiência no uso da radiação aumenta de forma linear. Mesmo a planta apresentando auto-sombreamento e um baixo incremento de massa seca de folhas, esse aumento na eficiência é explicado pelo fato que, nesse período, há um aumento da translocação de fotoassimilados para as sementes, principal dreno da planta de soja nesta fase do desenvolvimento.

Wagner (2009) mostrou que a radiação em Guarapuava varia conforme a época do ano, havendo um aumento significativo durante os meses, iniciando em julho até novembro, momento no qual se estabiliza até janeiro, voltando a decrescer até julho. Isto mostra que, conforme a época de semeadura de soja na região, a radiação incidente sobre as plantas é diferente e, com isso, todos os efeitos sobre a cultura podem acontecer de forma diferenciada. Verificou-se na média dos últimos 10 anos (1999 a 2009) em Guarapuava, que a soja semeada precocemente, pode sofrer as menores radiações no início de seu ciclo e as maiores radiações na fase de floração e enchimento de vagens, já quando semeada tardiamente, as plantas

podem ter as maiores quantidades de radiação disponível no início de seu desenvolvimento, com menores radiações na fase de enchimento de sementes.

3.3. Referências Bibliográficas

- ADAMS, D.B.; ADAMS, W.W.N. Photoprotection and other responses of plants to high light stress. **Annual Reviews of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.43, p.599-626, 1992.
- BERLATO, M. A.; MATZENAUER, R. BREGAMASCHI, H. Evapotranspiração máxima da soja e relações com a evapotranspiração calculada pela equação de Penman, evaporação do tanque “classe A” e radiação solar global. **Agronomia Sulriograndense**, v.22, p.251-259, 1986.
- BONATO, E.R., BERTAGNOLLI, P.F., IGNACZAK, J.C.; TRAGNAGO, J.L.; RUBIN, S de A, L. Desempenho de cultivares de soja em três épocas de semeadura, no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.879-884, 1998.
- CÂMARA, G. M. de S. Ecofisiologia da soja e rendimento. In: CÂMARA, G. M. de S. (Coord.). **Soja - Tecnologia da Produção**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Departamento de Agricultura) – USP, 1998. 293 p. p.256-577.
- CÂMARA, G.M.S. **Soja: tecnologia da produção II**. Gil Miguel de Sousa Câmara (editor). Piracicaba: G.M.S. Câmara, 2000. 450p.
- CÂMARA, G.M.S.; SEDIYAMA, T.; DOURADO-NETO, D.; BERNARDES, M.S. Influence of photoperiod and air temperature on the growth, flowering and maturation of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agricola**, v.54, p.149-54, 1997.
- CAMARGO, A.P.; CHIARINI, J.V.; DONZELI, P.L.; SICHMANN, W. **Zoneamento da aptidão ecológica para a cultura de soja, girassol e amendoim no Estado de São Paulo**. São Paulo: INSTIOLES – Instituto privado para o fomento de oleaginosas, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, 1971. 35p.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Safras – Sementes – Soja Brasil. Série Histórica de Produção. Safras 1976/77 a 2008/09**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>>. Acesso em: 02 jul. 2010.
- COSTA, J. A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: Evangraf, 1996. 234p.
- CRUZ, T.V. da; PEIXOTO, C.P.; MARTINS, M.C. Crescimento e produtividade de soja em diferentes épocas de semeadura no oeste da Bahia. **Scientia Agraria**, v.11, p.33-42, 2010.
- DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 235p. (Irrigation and Drainage Paper, 33).
- EGLI, D.B.; WARDLAW, I.F. Temperature response of seed growth characteristics of soybeans. **Agronomy Journal**, v.72, p.560-564, 1980.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: Paraná – 2007. Londrina: Embrapa Soja, 2006. 217p.

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja**: Região Central do Brasil, 2009 e 2010. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados : Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 262p. (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, n.13).

FARIAS, A. D. Baixos rendimentos no Rio Grande do Sul. **Anuário Brasileiro da Soja**, Santa Cruz do Sul, p. 22, 2000.

FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEIDA, I. R.; EVANGELISTA, B. A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L.. Caracterização do risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, p.415-421, 2001.

GARNER, W.W.; ALLARD, H.A. Photoperiodic response of soybeans in relation to temperature and other environmental factors. **Journal of Agricultural Research**, v.41, p.719-735, 1930.

HESKETH, J.D.; MYHRE, D.L. WILLEY, C.R. 1973 Temperature control of time intervals between vegetative and reproductive events in soybeans. **Crop Science**, v.13, p.250-254, 1973.

HOFSTRA G. Response of soybeans to temperature under high light intensities. **Canadian Journal of Plant Science**, v.52, p.535-543, 1972.

IAPAR. **Histórico climático 1976-2011**(resumo: 1999-2009) da estação meteorológica da cidade de Guarapuava – PR. 2011.

IBGE. SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática) **Banco de Dados Agregados**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl1.asp?c=1612&n=0&u=0&z=t&o=1&i=P>>. Acesso em: 03 set. 2010.

JIANG, A.C.D.; GAO, H.Y.; ZOU, Q.; JIANG, G.M.; LI, L. H. Leaf orientation, photorespiration and xanthophyll cycle protect young soybean leaves against high irradiance in field. **Environmental and Experimental Botany**, v.55, p.87-96, 2006.

JONES, H.G. **Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 428p.

MARION, E. **Parâmetros hídricos para estimativa do rendimento de sementes de soja**. 2004. 102f. Dissertação (Mestrado). UFSC, Florianópolis, 2004.

MELGES, E.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A. Crescimento e conversão da BMX Energia RR solar em soja cultivada sob quatro níveis de radiação solar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, p.1065-1072, 1989.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Secretaria de política agrícola. Departamento de gestão de risco rural. Coordenação-geral de zoneamento agropecuário portaria nº 79, de 30 de março de 2010.

MINUZZI, A.; RANGEL, M.A.; BRACCINI, A. de LUCCA e; SCAPIM, C.A.; MORA, F.; ROBAINA, A.D. Rendimento, teores de óleo e proteínas de quatro cultivares de soja, produzidas em dois locais no Estado do Mato Grosso do Sul. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.1047-1054, 2009.

MONTEITH, J.L. Light distribution and photosynthesis in field crops. **Annals of Botany**, v.29, p.17- 37, 1965.

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R. Épocas de semeadura da soja: I., efeitos na produção de sementes e nos componentes da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.18, p.1187-1198, 1983.

PASCALE, A. J. Tipos agroclimáticos para el cultivo dela soya en la Argentina. **Revista de La Facultad de Agronomía e Veterinaria**, v.17, p.31-38, 1969.

PEIXOTO, C.P.; CÂMARA, G.M.S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.; GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Sowing date and plant density of soybean: I., yield components and grain yield. **Scientia Agricola**, v.57, p.153-162, 2000.

PEIXOTO, C.P.; CÂMARA, G.M.S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.; Características agrônômicas e rendimento de soja em diferentes épocas de semeadura e densidade de plantas. **Magistra**, v.13, p.77-86, 2001.

PELÚZIO, J.M.; FIDELIS, R.R.; ALMEIDA JÚNIOR, D.; BARBOSA, V.S.; RICHTER, L.H.M.; SILVA, R.R. da; AFFÉRI, F.S. Desempenho de cultivares de soja, em duas épocas de semeadura, no sul do estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, v.22, p.69-74, 2006.

PENGELLY, B.C.; BLAMEY, F.P.C.; MUCHOW, R.C. Radiation interception and the accumulation of biomass and nitrogen by soybean and three tropical annual forage legumes. **Field Crops Research**, v.63, p.99-112, 1999.

PEREIRA, C.R. **Análise do crescimento e desenvolvimento da cultura de soja sob diferentes condições ambientais**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, 2002, 282p.

QUEIROZ, E. F.; GAUDÊNCIO, C. A.; GARCIA, A.; TORRES, E.; OLIVEIRA, C. N. Efeito de época de plantio sobre o rendimento da soja, na Região Norte do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.512-519, 1998.

RANGEL, M.A.S. **Minha soja floresceu com porte baixo e agora?** Embrapa artigos. Disponível em: <<http://www.embrapa.gov.br/imprensa/artigos/2006/artigo.2006-01-12.1615609604/>>. Acesso em: 05 ago. 2010.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 178p.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; LHAMBY, J.C.B.; BERTAGNOLLI, P.F.; LUIZ, J.S. da. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.431-7, 2001.

SANTOS, J.M.B.; PEIXOTO, C.P.; BRANDELERO E.M.; MORAES, J.C. de C.; PEIXOTO, M. F.S.P.; SILVA V. Desempenho vegetativo e produtivo de cultivares de soja em duas épocas de semeadura no Recôncavo Baiano. **Magistra**, v.15, p.111-121, 2003.

SANTOS, O.S. **A cultura da soja, 1: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná**. Osmar Souza dos Santos, coord. – Rio de Janeiro: Globo, 1988.

SCHÖFFEL, E.R.; VOLPE, C.A. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela soja para produção de fitomassa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, p.241-249, 2001.

SHIMAZAKI, K.; OMASA, K.; KINOSHITA, T.; NISHIMURA, M. Properties of the signals transduction pathway in the blue light response of stomatal guard cells of *Vicia faba* and *Commelina benghalensis*. **Plant Cell Physiology**, v.8, p.1321-1327, 1993.

SILVEIRA, J.V.F.; RESENDE, L.M. Estratégias de mercado no agronegócio paranaense: soja convencional vs. transgênica. **Produção**, v.20, p.54-65, 2010.

SPEHAR, C.R.; SOUZA, P I de M. de; MOREIRA, C.T.; KIIHL, R.A.S.; ALMEIDA, L.A.; FARIAS, A.L.; AMABILE, R.F.; URBEN FILHO, G.; MONTEIRO, P.M.F.O.. BRS Carla – alternativa de soja com ciclo médio para os sistemas de produção de sementes nos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.35, p.661-664, 2000.

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

SUMMERFIELD, R.J.; LAWN, R.J.; QI, A.; ELLIS, R.H.; ROBERTS, E.H.; CHAY, P.M.; BROUWER, J.B.; ROSE, J.L.; SHANMUGASUNDARAM, S.; YEATES, S.J.; SANDOVER, S. Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. II. Soyabean (*Glycine max*). **Experimental Agriculture**, v.29, p.253-289, 1993.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. Eliane Romanato Santarém et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719p.

WAGNER, M.V. **Características hidroclimáticas para a cultura do milho em Guarapuava – PR**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2009, 78p.

WANG, Z.; REDDY, R. V.; QUEBEDEAUX, B. Growth and photosynthetic responses of soybean to short-term cold temperature. **Environmental and Experimental Botany**, v.37, p.13-24, 1997.

WHIGHAM, D.K.; MINOR, H.C. Agronomic characteristics and environmental stress. In: NORMAN, A.G. (Ed.). **Soybean physiology, agronomy, and utilization**. New York: Academic Press, 1978. p.78-116.

4. CAPÍTULO I – DESEMPENHO PRODUTIVO DE CULTIVARES DE SOJA SEMEADAS EM DIFERENTES ÉPOCAS

RESUMO – A época de semeadura é a prática cultural isolada de maior interferência na produtividade da cultura da soja, porém a intensidade da interferência depende da interação genótipo x ambiente. O estudo teve como objetivo avaliar a produtividade e os componentes produtivos de quatro cultivares de soja, semeadas em três épocas recomendadas para o cultivo na Região Centro-Sul do Estado do Paraná. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições em um arranjo de parcelas subdivididas, onde a época de semeadura (21/10, 18/11 e 20/12 da safra 2010/2011) foi alocada na parcela e as cultivares (FPS Urano RR, BMX Apolo RR, BMX Energia RR e BRS 284) na subparcela. Foram analisados a altura de inserção da primeira vagem na haste principal, o número de nós da haste principal, das ramificações e total das plantas, o número de ramificações, o número de vagens, sementes e a massa de sementes por unidade de área e por nó, a massa de 100 sementes e a produtividade de sementes. O número de vagens e sementes diferiram apenas entre as cultivares avaliadas, e a cultivar BRS 284 obteve os melhores resultados. A massa de 100 sementes e a produtividade diminuíram com o atraso da semeadura, exceto para a cultivar BRS 284, que apresentou a maior estabilidade produtiva. A cultivar BMX Energia RR foi a melhor opção para semeaduras precoces obtendo a maior produtividade, enquanto a cultivar BRS 284 mostrou-se uma boa alternativa para semeaduras tardias.

Palavras-chave: *Glycine max*, altura de inserção da primeira vagem, massa de sementes, número de sementes, número de nós.

YIELD PERFORMANCE OF THE SOYBEAN CULTIVARS AT DIFFERENT SOWING DATES

ABSTRACT – The sowing date is the crop management practice with higher interference on soybean seed yield, although the interference intensity is dependent on the genotype x environment interaction. This study evaluated the yield and the yield components of four soybean cultivars, sowed at three recommended dates to cultivation in Mid-South of Parana State. The experimental design was a randomized blocks in a split-plot arrangement with three replications, being the sowing date (10/21, 18/11 and 20/12, in cropping season 2010/2011) allocated to main plots and the cultivars (FPS Urano RR, BMX Apolo RR, BMX Energia RR e BRS 284) to subplot. The first pod insertion at the main stem, the number of nodes on the main stem, on the branches and total of the plants, the number of branches, the number of the pods, seeds and the mass of seeds per area and node, the mass of 100 seeds and the seed yield were analyzed. The number of pods and seeds differed just among the cultivars, and the cultivar BRS 284 showed the best results. The mass of the 100 seeds and the yield decreased with the sowing delay, except to the cultivar BRS 284 that showed high yield stability. The cultivar BMX Energia RR was the best option for the early sowing obtaining the highest yield, and the cultivar BRS 284 showed to be a good alternative for late sowing.

Keywords: *Glycine max*, height of the first pod insertion, seeds mass, seeds number, number of nodes.

4.1. Introdução

A produtividade da soja é determinada pela quantidade de vagens por unidade de área, multiplicado pelo número de sementes por vagem e pela massa de sementes, sendo que estes componentes produtivos são influenciados pelas condições ambientais, práticas de manejo e cultivares utilizadas (MANDAL et al., 2009). O potencial produtivo é, possivelmente, aumentado quando há um maior número de nós, servindo de locais para desenvolvimento reprodutivo, e quando os períodos são maiores para a floração, formação de vagens e enchimento de sementes (BASTIDAS et al., 2008).

Por outro lado, aumentar o tamanho da fonte, em relação ao dreno, pode não ser um método eficiente para fazer com que o dreno aumente (EGLI e BRUENING, 2003). Bruening e Egli (1999) citam que o aumento na assimilação de carbono por nó, não aumenta necessariamente o número de vagens ou sementes por nó, porém, a redução do número de flores ou vagens, pode comprometer o tamanho do dreno, e com isso a produtividade (WITTENBACH, 1983).

A data de semeadura é talvez o mais importante e menos dispendioso trato cultural que causa impacto na produtividade de soja (POPP et al., 2002; ROBINSON et al., 2009). A antecipação da semeadura pode causar o aumento da produtividade (WILCOX e FRANKENBERGER, 1987) ou não alterá-la (GRAU et al., 1994). Para cultivares de hábito de crescimento indeterminado, semeaduras precoces resultam em maior número de nós por planta (WILCOX e FRANKENBERGER, 1987), bem como maior número de vagens e sementes (PERDERSEN e LAUER, 2004). Semeaduras precoces também podem contribuir para um período mais longo de enchimento de sementes (BASTIDAS et al., 2008) e com isso aumentar a produtividade se a taxa de enchimento de sementes não for alterada.

De maneira antagônica, semeaduras tardias podem causar a redução da produtividade devido a diversos fatores como: (1) baixas temperaturas durante o enchimento de sementes (GIBSON e MULLEN, 1996) que podem aumentar o abortamento de vagens e o crescimento de sementes (THOMAS e RAPER, 1978; GIBSON e MULLEN, 1996); (2) encurtamento do período vegetativo devido a altas temperaturas no desenvolvimento inicial das plantas, podendo causar o menor crescimento de plantas e acarretar em um menor número de folhas e nós viáveis por área (BOARD e HARVILLE, 1996; BALL et al., 2000); e (3) encurtamento

do período de enchimento de sementes devido ao fotoperíodo (MAYOR et al., 1975; KANTOLIC e SLAFER, 2001; HAN et al., 2006).

Todos estes fatores podem sofrer maior ou menor interação com o ambiente, sendo que a produtividade da cultura será o produto da interação entre genótipo e ambiente (LIU e HERBERT, 2000). Lin e Binns (1994) citam que a característica de uma cultivar apresentar menor variação da produtividade entre anos de cultivo, ou seja, em diferentes ambientes chama-se estabilidade, o que pode garantir uma maior segurança para uma faixa de produtividade esperada, sendo uma característica desejável em anos de cultivo, em que a previsão climática não é altamente favorável para a cultura. Sob outro ponto de vista, é interessante para o agricultor escolher uma cultivar que apresente características que possibilitem uma maior produtividade em um determinado ambiente, favorecendo a produtividade (METZ et al., 1982), sendo esta prática adotada pela grande maioria dos produtores de soja na região de Guarapuava.

Sendo assim, é importante para o engenheiro agrônomo e para o agricultor conhecer o comportamento dos componentes produtivos de diferentes cultivares submetidas a diferentes ambientes, tornando-se possível planejar e proporcionar um melhor ambiente de desenvolvimento para determinada cultivar, ou ainda para escolher determinada cultivar que apresente algum componente produtivo menos prejudicado quando se tem a previsão de que a cultura estará em ambiente menos favorável. Dessa maneira, o presente estudo objetivou avaliar o desempenho produtivo e seus principais componentes, de quatro cultivares de soja, semeadas em três épocas em Guarapuava – PR.

4.2. Material e Métodos

O experimento foi realizado no município de Guarapuava, situado na zona subtropical do Paraná (MAACK, 2002), sob as coordenadas geográficas 25°23'02" de latitude sul e 51°29'43" de longitude oeste e 1.026 m de altitude. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é temperado de altitude - Cfb, caracterizado por temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), verões amenos, temperatura média no mês mais quente inferior a 22°C, sem estação seca definida e com geadas severas (IAPAR, 2000).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Bruno (POTT et al., 2007), cuja caracterização química (0-20 cm), realizada três meses antes da primeira época de

semeadura, revelou pH (CaCl₂) de 5,2; 42 g dm⁻³ de matéria orgânica, teores de 3,98 cmol_c dm⁻³ de Ca; 2,04 cmol_c dm⁻³ de Mg; 0,18 cmol_c dm⁻³ de K; 0,0 cmol_c dm⁻³ de Al e 6 mg dm⁻³ de P, com CTC (pH 7,0) de 9,73 cmol_c dm⁻³ e saturação por bases (V) de 62%. Todos os micronutrientes apresentavam teores adequados e nos últimos 4 anos o solo foi cultivado com milho para silagem, no verão, e aveia para a cobertura do solo, no inverno.

A adubação utilizada foi de 310 kg ha⁻¹ do formulado 05-25-25 na semeadura, totalizando 15,5 kg de N; 77,5 kg de P₂O₅ e 77,5 kg de K₂O, e no estágio V4 foi realizada a aplicação foliar de CoMo na dosagem de 2 g de Co e 30 g de Mo ha⁻¹ conforme recomendação técnica (EMBRAPA, 2006). As sementes foram inoculadas com inoculante turfoso, contendo as estirpes SEMIA 5019 (*Bradyrhizobium elkanii*) e SEMIA 5079 (*Bradyrhizobium japonicum*), com 5 bilhões de células viáveis g⁻¹, com a dosagem recomendada pelo fabricante, e o controle de plantas daninhas, pragas e doenças foi realizado seguindo as recomendações técnicas, conforme a necessidade.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em um arranjo de parcelas subdivididas, com três repetições (Figura 1 a). As parcelas principais tiveram como fonte de variação três épocas de semeadura, todas dentro da recomendação do zoneamento agrícola para a cultura na região e comumente utilizadas pelos produtores, sendo: 21/10, 18/11 e 20/12, do ano de 2010. Nas subparcelas foram alocadas quatro cultivares de soja utilizadas na região de estudo: (1) FPS Urano RR: ciclo médio, pertencente ao grupo de maturação 6.2; (2) BMX Apolo RR: ciclo precoce, pertencente ao grupo de maturação 5.5; (3) BMX Energia RR: ciclo precoce, pertencente ao grupo de maturação 5.0 e (4) BRS 284: ciclo médio pertencente ao grupo de maturação 6.5. Das cultivares somente a FPS Urano apresenta hábito de crescimento determinado, e as demais hábito indeterminado. Cada uma das subparcelas foi constituída por 4 linhas de cultivo, espaçadas por 0,4 m e com 11 m de comprimento, totalizando 17,6 m². Foram semeadas 20 sementes por metro linear, totalizando uma população de 500.000 plantas ha⁻¹, que em estágio VC/V1 (escala de FEHR e CAVINESS, 1977) foram raleadas para que o estande final apresentasse 260.000 plantas ha⁻¹ (10,4 plantas m⁻¹) para todas as cultivares, dentro da recomendação dos respectivos obtentores para a região do estudo.

Para as análises foram coletadas plantas de 3 m lineares das 2 linhas centrais de cada subparcela, totalizando em média 62,4 plantas por subparcela no estágio R8 (Figura 1 c). Foram avaliados a altura de inserção da primeira vagem na haste principal em relação ao nível

do solo (cm), o número de nós da haste principal, das ramificações e total das plantas (m^{-2}), o número de ramificações (m^{-2}), o número de vagens, sementes e a MS de sementes ($nó^{-1}$ e m^{-2}), o número de sementes ($vagem^{-1}$) e a produtividade de sementes ($kg\ ha^{-1}$). A massa de sementes foi padronizada em 13% de umidade.



Figura 1. Visão geral do experimento (a); coleta de plantas durante análise no período vegetativo (b); subparcela após coleta de plantas na colheita (c).

Os dados das variáveis estudadas foram submetidos à análise de variância utilizando o programa Sisvar e quando verificada significância estatística, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Quando foi observada interação significativa entre os tratamentos com $p \leq 5\%$, foi realizado o desdobramento estatístico dos tratamentos.

4.3. Resultados e Discussão

O clima durante o cultivo da soja no presente estudo, de maneira geral, foi semelhante à média dos últimos dez anos em Guarapuava. Na Figura 2 (a) observa-se que as temperaturas médias não diferiram da média histórica em nenhum dos meses em que as plantas estiveram no campo, com exceção do mês de outubro. Dessa forma as plantas semeadas em outubro, tiveram seu desenvolvimento inicial sob temperaturas mais baixas, do que as plantas semeadas nas outras épocas.

A precipitação (Figura 2 b) também foi semelhante à média histórica, sendo superior à média apenas nos meses de dezembro e janeiro. Sendo assim, todas as plantas já estavam em desenvolvimento nos períodos de maior pluviosidade, porém as plantas semeadas em outubro tiveram toda a floração e formação de vagens, além de praticamente todo o período de enchimento de sementes, no período mais chuvoso. Já as plantas semeadas em novembro e dezembro, durante todo o ciclo, passaram pelo período de maior pluviosidade, com exceção do final do período de enchimento de sementes para a semeadura de novembro, e de praticamente todo o período de enchimento de sementes para a semeadura de dezembro.

A radiação (Figura 2 c) foi o fator climático que apresentou maior diferença com a média histórica, sendo que, na safra 2010/2011, a radiação foi superior nos meses de outubro, novembro e abril, ou seja, no início do desenvolvimento das plantas semeadas em outubro, e no final período de enchimento de sementes das plantas semeadas em dezembro. A radiação foi inferior à média dos últimos dez anos no mês de dezembro, período do início do desenvolvimento das plantas semeadas em outubro, e foi também inferior no mês de fevereiro, onde as plantas semeadas em outubro estavam no período de enchimento de sementes, as semeadas em novembro no período de floração e formação de vagens e as semeadas em dezembro estavam iniciando o florescimento. Entretanto, apenas no mês de novembro houve diferença mais acentuada entre a radiação da safra 2010/2011 com a medida durante os últimos dez anos.

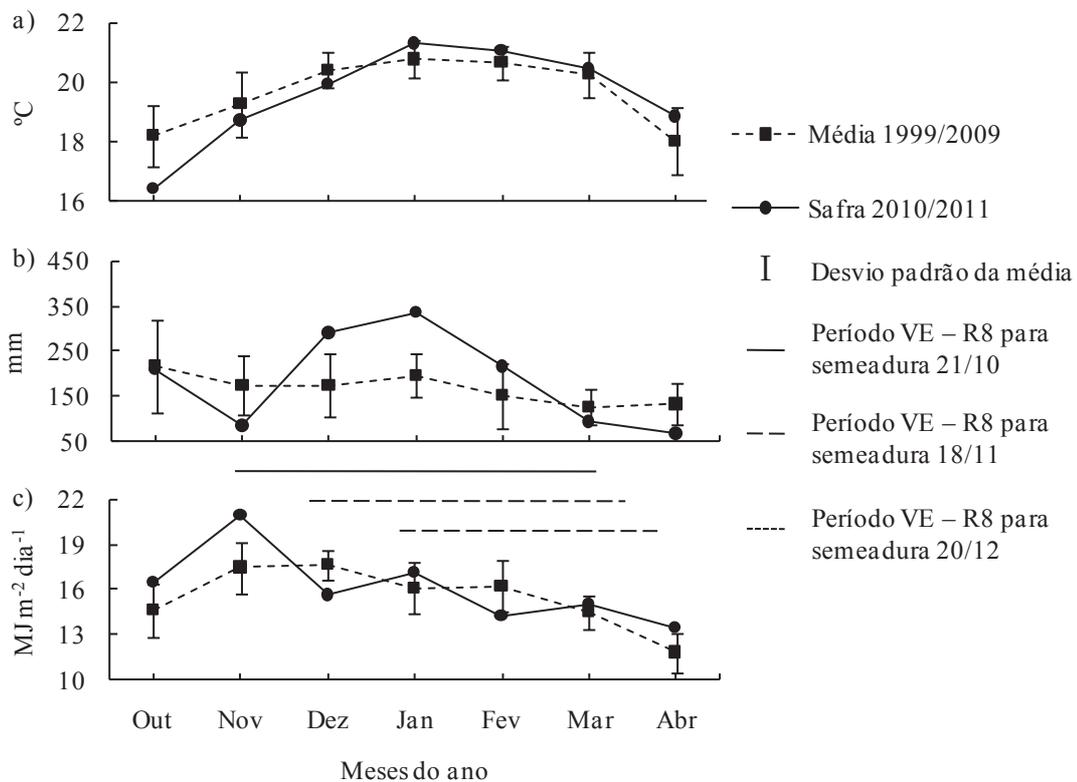


Figura 2. Comparação entre os dados climáticos da média de 1999 – 2009 e da safra 2010/2011 em Guarapuava, PR: a) Temperatura; b) Precipitação; c) Radiação solar.

Fonte: Estação Meteorológica do Campus CEDETEG, e IAPAR, 2011.

Contatou-se interação significativa entre a época de sementeira e cultivares em relação à altura de inserção da primeira vagem (Tabela 1). Nota-se que, para todas as cultivares, a altura de inserção diminui com o atraso da sementeira, porém as cultivares BMX Apolo RR e BMX Energia RR apresentam as maiores reduções de altura de inserção com o atraso da sementeira, sendo que para estas cultivares, a sementeira realizada em dezembro pode acarretar em problemas com a colheita mecanizada. As cultivares BMX Apolo RR e BMX Energia RR pertencem aos grupos de maturação 5.5 e 5.0, respectivamente, enquanto FPS Urano RR e BRS 284 aos grupos 6.2 e 6.5, respectivamente, sendo estas últimas as mais tardias, e as que provavelmente apresentaram as maiores alturas de plantas na sementeira de dezembro. Ou seja, as cultivares mais precoces provavelmente apresentaram as menores alturas de plantas, e isso refletiu na menor altura de inserção da primeira vagem.

Ludwig et al. (2010) encontraram correlação positiva entre a altura de inserção da

primeira vagem e a altura de plantas. Motta et al. (2000) citam que alturas de inserção da primeira vagem abaixo de 10 cm são prejudiciais à colheita mecanizada. Dessa maneira, na semeadura de dezembro, a cultivar BMX Apolo RR, e principalmente a cultivar BMX Energia RR, podem apresentar problemas na colheita mecanizada devido à baixa inserção da primeira vagem. Este problema pode ser parcialmente remediado com o aumento da densidade de semeadura para se estimular uma maior altura de plantas e uma maior altura de inserção da primeira vagem (MARTINS et al., 1999).

Tabela 1. Altura de inserção da 1ª vagem de quatro cultivares de soja em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR¹.

Cultivar	Época			Médias
	21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	23,3 Aa	19,6 Bab	16,4 Ba	19,8
BMX Apolo RR	22,0 Aa	15,9 Bbc	13,1 Bab	17,0
BMX Energia RR	21,7 Aa	14,3 Bc	11,2 Bb	15,7
BRS 284	23,7 Aa	21,5 Aa	16,5 Ba	20,6
Médias	22,7	17,8	14,3	

¹Letras maiúsculas comparam médias nas linhas, e minúsculas na coluna. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A época de semeadura não causou diferença estatística significativa no número total de nós e no número de nós das ramificações (Tabela 2). Entretanto, o número de nós da haste principal diminuiu com a postergação da data de semeadura.

Entre as cultivares, a BRS 284 foi a que apresentou o menor número de nós total, devido ao menor número de ramificações que a cultivar apresenta, o que não permitiu que o número de nós das ramificações obtivesse valores comparados às demais cultivares. A cultivar BMX Energia RR, de modo oposto, foi a que apresentou o maior número de ramificações e de nós nas ramificações.

De acordo com Câmara et al. (1997) e Kantolic e Slafer (2007) o número de nós da haste principal é maior quanto maior é o período luminoso, explicando os dados do presente trabalho, em que, as plantas semeadas em outubro e novembro, passaram por maiores períodos luminosos durante seus ciclos. Os autores citam que o número de nós das ramificações foi maior apenas nos tratamentos em que as plantas foram submetidas a duas horas a mais de fotoperíodo durante nove dias consecutivos e entre os estádios de

desenvolvimento R5 e R6, sendo que, com o mesmo tratamento em estádios de desenvolvimento anteriores, não foi notada diferença no número de nós das ramificações entre os tratamentos e a testemunha, corroborando desta forma com os resultados do presente estudo.

Tabela 2. Número total de nós, de ramificações, de nós da haste primária e nós das ramificações (m⁻²) de cultivares de soja em épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR¹.

Época/ cultivar	Nº nós total (m ²)			Médias	Nº ramificações (m ²)			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	723	707	743	724 a	100	94	121	105 b
BMX Apolo RR	728	704	682	705 a	115	97	134	115 ab
BMX Energia RR	778	714	685	726 a	135	106	128	123 a
BRS 284	603	636	601	613 b	58	45	79	61 c
Médias	708	690	678		102 B	85 C	116 A	

Época/ cultivar	Nº nós haste 1 ^a (m ²)			Médias	Nº nós ramificações (m ²)			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	470	447	434	450	253	245	309	269 ab
BMX Apolo RR	490	440	408	446	239	220	274	244 b
BMX Energia RR	489	448	381	439	289	261	304	285 a
BRS 284	495	483	438	472	109	104	163	125 c
Médias	486 A	454 A	415 B		222	207	263	

¹Letras maiúsculas comparam médias nas linhas, e minúsculas na coluna. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao número de vagens por nó, constatou-se interação significativa entre os fatores época de semeadura x cultivar (Tabela 3). Observou-se os maiores valores para a cultivar BRS 284, especialmente para a semeadura de outubro, sendo que, este valor decresce com o atraso da semeadura. Para as demais cultivares o número de vagens nó⁻¹ manteve-se estável independente da época de semeadura. Porém, notou-se que as cultivares BMX Apolo RR e BMX Energia RR, apresentaram as menores médias na semeadura de outubro, e na semeadura de dezembro suas médias equiparam-se a da cultivar FPS Urano.

O fato da cultivar BRS 284 reduzir o número de vagens com o atraso da semeadura, pode ser devido ao abortamento de flores e vagens, que é ligeiramente menor quando há maior quantidade de fotoassimilados disponíveis, porém o pegamento de vagens pode depender de outros fatores além da quantidade de fotoassimilados disponíveis (BRUENING e EGLI, 2000).

Egli e Bruening (2006) verificaram que, a porcentagem de vagens abortadas foi em média 15% maior nas ramificações do que na haste principal. Dessa maneira pode-se atribuir o fato da cultivar BRS 284 apresentar o maior número de vagens por nó, ao menor abortamento de vagens, devido a esta cultivar possuir menor número de ramificações e, conseqüentemente nós nas ramificações.

O número de sementes por vagem e sementes por nó não diferiram entre as épocas de semeadura, nem apresentaram interação entre os tratamentos, sendo que diferiram apenas entre as cultivares. A cultivar FPS Urano RR foi a única que diferiu das demais, pois apresentou o menor número de sementes por vagem na média das três épocas. Jin et al. (2010) citam que, nos últimos 55 anos, as cultivares aumentaram suas produtividades através do melhoramento vegetal, sendo que, o número de sementes por vagem aumentou na mesma proporção, apresentando correlação positiva de 0,756 com a produtividade. Illipronti Jr. et al. (2000) relatam que sementes mais pesadas são encontradas na porção da vagem mais distante da inserção da vagem com o nó, sendo desta forma, mais vantajosa uma maior quantidade de sementes por vagem.

Entretanto analisando-se o número de sementes por nó, as cultivares FPS Urano RR, BMX Apolo RR e BMX Energia RR mostram os menores valores e a BRS 284 o maior valor na média das três épocas. Esse fato deve-se ao menor número de vagens por nó das cultivares FPS Urano RR, BMX Apolo RR e BMX Energia RR, o que faz com que o número de sementes por nó dessas cultivares diminua. Kantolic e Slafer (2007) verificaram que em uma mesma cultivar, o número de sementes por nó sofreu aumento quando submetidos a duas horas a mais de fotoperíodo no estádio R3 durante 7 dias ou mais. Os autores argumentam que o aumento do período de enchimento de sementes pode ter acarretado o incremento de sementes por nó. Neste contexto, Egli (2005) cita que o maior período de enchimento de sementes ocorre em fotoperíodos maiores. No presente estudo, tanto a cultivar BRS 284 quanto a cultivar FPS Urano RR apresentaram os períodos mais longos de enchimento de sementes, discordando da hipótese citada.

Quando mensurada a MS das sementes por nó, nota-se que quanto mais sementes por nó, maior a massa, sendo que dessa maneira os maiores valores são os da BRS 284. Para esta característica, houve redução dos valores com o atraso da semeadura. Não houve interação entre as fontes de variação, entretanto a redução da MS de sementes por nó possivelmente ocorreu devido à redução dos valores observados nas cultivares FPS Urano RR, BMX Apolo

RR e BMX Energia RR, pois a MS de sementes por nó variou menos para a cultivar BRS 284.

Illipronti Jr. et al. (2000) citam que sementes mais pesadas são produzidas no quarto superior da haste principal das plantas, ou na região das ramificações que encontram-se próximas a haste principal, sendo que, os autores explicam esse fato devido à parte superior da planta interceptar radiação solar de melhor qualidade em relação às regiões inferiores da planta, e com isso têm uma maior fotossíntese. No caso das sementes produzidas nas ramificações próximas a haste principal, a maior massa pode ser devido às vagens encontrarem-se próximas a folhas mais desenvolvidas dos ramos, capazes de suprir melhor as sementes em termos de fotoassimilados. Segundo Egli e Bruening (2003), o aumento do número de sementes não resulta em aumento da fotossíntese no período de enchimento de sementes, porém os autores verificaram que quanto mais próximas as sementes estão da folha, mais pesadas são as sementes.

Tabela 3. Número de vagens por nó, número de sementes por vagem, número de sementes por nó, e massa de matéria seca (MS) de sementes por nó, de quatro cultivares de soja em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR¹.

Época/ cultivar	Nº vagens no ⁻¹			Médias	Nº sementes vagem ⁻¹			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	1,57 Ab	1,55 Ab	1,51 Ab	1,54	2,03	1,82	2,05	1,97 b
BMX Apolo RR	1,39 Ac	1,42 Abc	1,52 Ab	1,44	2,29	2,20	2,29	2,26 a
BMX Energia RR	1,39 Ac	1,36 Ac	1,42 Ab	1,39	2,24	2,29	2,39	2,30 a
BRS 284	1,97 Aa	1,75 Ba	1,77 Ba	1,83	2,36	2,38	2,37	2,37 a
Médias	1,58	1,52	1,56		2,23	2,17	2,28	

Época/ cultivar	Nº sementes no ⁻¹			Médias	MS sementes no ⁻¹			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	3,19	2,83	3,11	3,04 b	0,65	0,52	0,54	0,57 b
BMX Apolo RR	3,17	3,13	3,48	3,26 b	0,62	0,56	0,58	0,59 b
BMX Energia RR	3,12	3,11	3,39	3,21 b	0,68	0,57	0,58	0,61 b
BRS 284	4,65	4,17	4,21	4,34 a	0,72	0,67	0,7	0,70 a
Médias	3,53	3,31	3,55		0,67 A	0,58 B	0,6 B	

¹Letras maiúsculas comparam médias nas linhas, e minúsculas na coluna. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto aos componentes produtivos, a análise de variância mostrou que o número de vagens e o número de sementes (m⁻²) não apresentaram interação estatística significativa entre a época de semeadura e as cultivares, sendo que, apenas foi verificada diferença entre as

cultivares (Tabela 4). A interação entre os tratamentos foi verificada apenas para a produtividade e para a massa de 100 sementes.

Tabela 4. Resultados da análise de variância para produtividade, massa de matéria seca (MS) de 100 sementes, número de vagens e de sementes (m^{-2}) de quatro cultivares de soja semeadas em três épocas na safra 2010 / 2011 em Guarapuava, PR¹.

Fator	Nº vagens m^{-2}	Nº sementes m^{-2}	MS 100 sementes	Produtividade
	Significância			
FV	Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc	Pr>Fc
BLOCOS	0,5761	0,3455	0,3517	0,157
ÉPOCAS	0,0608	0,0607	0,0053	0,0007
CULTIVARES	0,0015	0,0000	0,0000	0,0739
ÉPOCAS*CULTIVARES	0,4333	0,2280	0,0001	0,0211
CV 1 (%)	4,46	5,85	4,44	3,72
CV 2 (%)	6,18	6,24	3,79	6,39

¹Valores de Pr>Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença significativa à 5%, valores menores que 0,01 indicam significância à 1%.

As diferenças entre as cultivares, para o número de vagens e sementes são apresentadas na Tabela 5, onde se observa que, para os dois caracteres, a cultivar BRS 284 apresentou os maiores valores destacando-se das demais cultivares, visto que a produtividade é derivada do número de sementes multiplicado pela massa específica das sementes.

Pedersen e Lauer (2004) verificaram diferenças entre cultivares para o número de vagens e sementes, onde as cultivares que produziram maior quantidade de vagens também apresentaram o maior número de sementes. Esses resultados assemelham-se aos do presente estudo quando consideramos a cultivar BRS 284, entretanto inferimos que não se aplica a todas as cultivares como notamos com a cultivar FPS Urano RR. Os autores também não verificaram interação entre a época de semeadura e as cultivares para esses caracteres analisados. Kantolic e Slafer (2007) encontraram relação positiva entre o aumento no número de nós e aumento no número de sementes, o que não foi verificado no presente estudo, como visto, a cultivar BRS 284 foi a que apresentou o menor número de nós total.

Egli e Yu (1991) relatam correlação linear positiva entre a taxa de crescimento da cultura (TCC) entre os estádios R1-R5, com o número de sementes, o que pode ter ocorrido também para a cultivar BRS 284.

Robinson et al. (2009), em estudo com épocas de semeadura e cultivares, encontraram importante correlação entre a produtividade e o número de vagens, sendo que com o atraso da semeadura, o número de vagens diminuiu para todas as cultivares, refletindo negativamente na produtividade, o que não se observou no presente estudo (Figura 3 a).

Tabela 5. Número de vagens (m⁻²) e número de sementes (m⁻²) de quatro cultivares de soja em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR¹.

Época/ Cultivar	Número vagens (m ⁻²)			Médias	Número sementes (m ⁻²)			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	1132	1090	1123	1115 a	2301	1994	2308	2201 b
BMX Apolo RR	1011	997	1034	1014 b	2304	2189	2371	2288 b
BMX Energia RR	1085	968	976	1010 b	2431	2217	2328	2326 b
BRS 284	1186	1114	1060	1120 a	2799	2651	2516	2655 a
Médias	1103	1042	1048		2459	2263	2381	

¹Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à produtividade (Figura 3 a), notou-se que na semeadura de outubro, a cultivar BMX Energia RR se destacou, sendo aproximadamente 30% mais produtiva que a cultivar BRS 284, última colocada em produtividade nesta época de semeadura. A produtividade apresentou queda abrupta com o atraso da época de semeadura para as cultivares FPS Urano RR, BMX Apolo RR e BMX Energia RR, e, para a cultivar BRS 284 não houve diferença entre as épocas.

Dentre as cultivares, a BMX Energia RR foi a que apresentou maior taxa de enchimento de sementes, com esta mantendo-se constante durante as épocas de semeadura (dados apresentados no Capítulo III), dessa forma a maior produtividade desta cultivar na semeadura de outubro foi devido ao maior período de enchimento de sementes como também explicam Bastidas et al. (2008).

A produtividade de soja da mesorregião Centro-Sul Paranaense no ano de 2010 foi de 3.023 kg ha⁻¹ (IBGE, 2011), ou seja, bem abaixo de todas as médias de produtividade do presente estudo. Obviamente, isso é decorrente das ótimas condições experimentais proporcionadas às plantas, no que diz respeito à implantação da cultura e tratos culturais. Mesmo assim, é possível afirmar que a antecipação da semeadura para o final de outubro nessa mesorregião proporciona o aumento de produtividade da cultura, para todas as cultivares analisadas, com exceção da cultivar BRS 284, que se mostra menos responsiva à

antecipação da semeadura em termos de produtividade. Em outras palavras, o atraso na semeadura da soja fatalmente acarreta diminuição da produtividade, inclusive para a cultivar BMX Apolo RR a mais utilizada atualmente pelos produtores da mesorregião Centro-Sul Paranaense. Segundo Bastidas et al. (2008), a semeadura precoce pode ser um importante método de manejo devido à maximização do potencial produtivo da soja, sendo esse fato também aplicável à região de Guarapuava, conforme verificado no presente estudo.

A cultivar BMX Energia RR mostrou ser a melhor opção quando possível de se realizar a semeadura no final de outubro. Para as semeaduras tardias, notou-se maior produtividade da cultivar BRS 284 em novembro e igual produtividade com as demais em dezembro. A BRS 284 ainda apresentou a maior estabilidade produtiva dentre as cultivares estudadas, indicando ser uma boa opção quando não for possível realizar a semeadura da soja no mês de outubro.

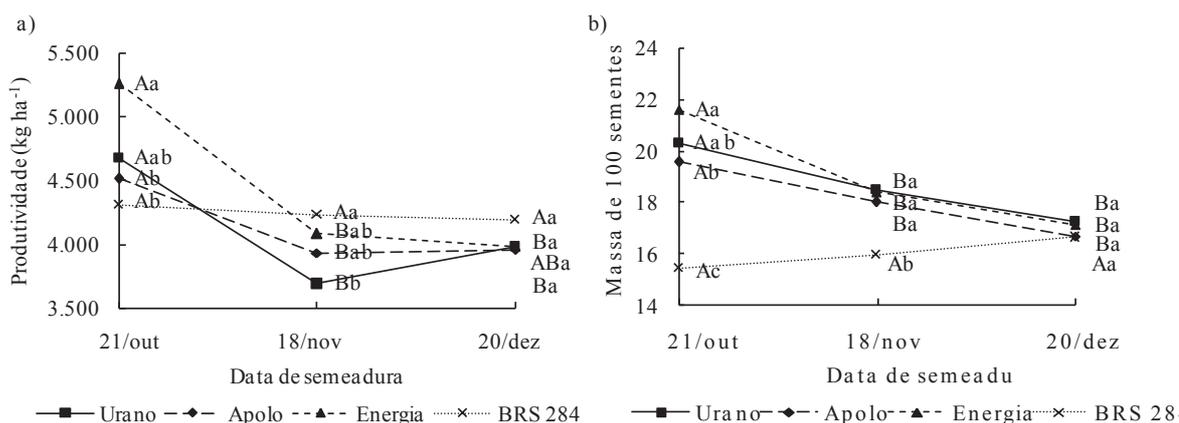


Figura 3. a) Produtividade de sementes (kg ha⁻¹) e b) massa de 100 sementes (g) ajustadas para umidade de 13%, de quatro cultivares de soja em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR¹.

¹Letras maiúsculas comparam médias das épocas, e minúsculas das cultivares. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Diferentemente do número de sementes, o massa de sementes apresentou redução com o atraso da época de semeadura para as cultivares FPS Urano RR BMX Apolo RR e BMX Energia RR, e para a cultivar BRS 284 não houve diferença entre as épocas (Figura 3 b). Apesar disso, a cultivar BRS 284, tanto na semeadura de outubro quanto na de novembro, apresentou os menores valores entre às cultivares estudadas, e apenas na semeadura de

dezembro a massa de 100 sementes se equiparou as demais cultivares, devido não ao aumento da massa das sementes da BRS 284, que não foi significativo, mas sim a redução massa das sementes das demais cultivares (Figura 3 b).

Como não houve diferença do número de sementes por unidade de área entre as épocas de semeadura, a redução da produtividade das três cultivares, foram provenientes da redução do massa de sementes, que também diminuiu conforme atrasou-se a semeadura. Diferentemente das demais, a cultivar BRS 284 manteve constante a produtividade (Figura 3 a) e o massa de 100 sementes (Figura 3 b). Sendo assim, para as cultivares que sofrem redução do massa de sementes com o atraso de semeadura, a semeadura realizada em outubro permitiu um maior acúmulo de massa nas sementes e conseqüentemente, maior produtividade. Pedersen e Lauer (2004) também citam que existe correlação positiva entre a MS de sementes e a produtividade da soja.

Cox et al. (2008), em estudo realizado no Estado de Nova Iorque, concordam com o presente estudo a respeito da produtividade, onde as maiores produtividades foram provenientes de semeaduras precoces, sofrendo redução com o atraso da semeadura, porém a maior produtividade foi devida ao maior número de sementes, sendo que a massa de 100 sementes não sofreu alterações conforme a época de semeadura, sempre mantendo a média próxima à $19,3 \text{ g } 100 \text{ sementes}^{-1}$, diferindo do presente estudo neste aspecto

Sobre a interação entre cultivar x época, Rao et al. (2002) citam que diferentes ambientes influenciam na massa de 100 sementes, porém, os genótipos apresentam maior influência. De Bruin e Pedersen (2008) verificaram em seus estudos uma determinada cultivar que praticamente não altera a massa de sementes em diferentes épocas de semeadura ou espaçamento.

Kumudini et al. (2001) relatam que as novas cultivares do grupo precoce, apresentam maior massa de sementes, porém mesmo número de sementes, quando comparada as cultivares antigas do mesmo grupo de maturação, e atribuem esse fato ao maior período e taxa de enchimento de sementes. Os autores ainda citam que as novas cultivares do grupo de maturação tardio apresentam maior número de sementes por área quando comparadas às cultivares antigas, porém a massa de sementes não é diferente. No presente estudo a cultivar BMX Energia RR é a cultivar mais precoce, apresentando também, maior massa de sementes, enquanto a cultivar BRS 284 é a cultivar mais tardia, apresentando maior número de sementes por área, porém, menor e constante massa de sementes. Além do ponto de vista produtivo,

sementes grandes, com massa seca superior a 20 g 100 sementes⁻¹, são preferíveis pelos fabricantes de tofu (RAO et al., 2002).

Kantolic e Slafer (2005) relatam em seu estudo, redução da massa de sementes em detrimento ao aumento do crescimento vegetativo das plantas, quando estas foram submetidas a períodos luminosos superiores a 1:30 horas no período de enchimento de vagens. No presente estudo a semeadura de outubro apresentava 45 minutos a mais de fotoperíodo na fase de enchimento de vagens do que a semeadura de dezembro, o que segundo Han et al. (2006), provavelmente ocasionou o maior número de dias para o período de enchimento de sementes na semeadura de outubro em relação às semeaduras tardias. A duração de 45 minutos a mais de período luminoso na semeadura de outubro durante o período de enchimento de sementes, não ocasionou redução da massa de sementes, pois os maiores valores entre as épocas são observados na semeadura de outubro. Calviño et al. (2003) citam que, a curta duração do período de enchimento de sementes pode reduzir a massa de sementes.

Dessa forma, verificou-se forte correlação entre a produtividade e a massa específica de sementes. Ficou claro também, que os maiores patamares produtivos são alcançados pelas cultivares capazes de translocar grandes quantidades de fotoassimilados para as sementes, e isso ocorre nas semeaduras precoces. Porém, as cultivares capazes de obter sementes mais pesadas, e atingir altas produtividades nas semeaduras precoces (principalmente a cultivar BMX Energia RR), sofrem forte queda produtiva já na semeadura de novembro, instigando dessa maneira, o uso da cultivar BRS 284, que apresenta massa específica de sementes e produtividade constante, que, apesar do teto produtivo mais baixo, faz-se uma opção interessante para as semeaduras tardias. Ainda podemos relatar que a cultivar que obteve a maior MS de sementes por nó (BRS 284), obteve o menor massa de sementes, podendo ser este um gargalo para que ela atingisse maiores produtividades, recomendando pesquisas mais aprofundadas neste sentido.

4.4. Conclusão

O atraso na semeadura reduziu a altura de inserção da primeira vagem e o número de nós da haste principal. O maior número de sementes por unidade de área foi da cultivar BRS 284, mas não foi diferente entre as épocas de semeadura. A massa de 100 sementes foi o único componente produtivo que apresentou interação cultivar x época de semeadura e foi

maior na semeadura de outubro para a cultivar FPS Urano RR, BMX Apolo RR e BMX Energia RR, e para essas cultivares, a produtividade depende da massa de sementes. A época de semeadura não apresentou interferência no variou o peso de 100 sementes e a produtividade para a cultivar BRS 284. Na região de Guarapuava, a cultivar BMX Energia RR foi a melhor opção para a semeadura de outubro, e a BRS 284 uma boa opção para a semeadura de dezembro.

4.5. Referências Bibliográficas

BALL, R.A.; PURCELL, L.C.; VORIES, E.D. Optimizing soybean plant population for a short-season system in the southern USA. **Crop Science**, v.40, p.757-764, 2000.

BASTIDAS, A.M.; SETIYONO, T.D.; DOBERMANN, A.; CASSMAN, K.G.; ELMORE, R.W.; GRAEF, G.L.; SPECHT, J.E. Soybean sowing date: the vegetative, reproductive, and agronomic impacts. **Crop Science**, v.48, p.727-740, 2008.

BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. Growth dynamics during the vegetative period affects yield of narrow-row, late-planted soybean. **Agronomy Journal**, v.88, p.567-572, 1996.

BRUENING, W.P.; EGLI, D.B. Leaf starch accumulation and seed set at phloem-isolated nodes in soybean. **Field Crops Research**, v.68, p.113-120, 2000.

BRUENING, W.P.; EGLI, D.B. Relationship between photosynthesis and seed number at phloem isolated nodes in soybean. **Crop Science**, v.39, p.1769-1775, 1999.

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, p.265-275, 2003.

CÂMARA, G.M. DE S.; SEDIYAMA, T.; DOURADO-NETO, D.; BERNARDES, M.S. Influence of photoperiod and air temperature on the growth, flowering and maturation of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agricola**, v.54, p.149-154, 1997.

COX, W.J.; SHIELDS, E.; CHERNEY, J.H. Planting date and seed treatment effects on soybean in the northeastern United States. **Agronomy Journal**, v.100, p.1662-1665, 2008.

DE BRUIN, J.L.; PEDERSEN, P. Effect of row spacing and seeding rate on soybean yield. **Agronomy Journal**, v.100, p.704-710, 2008.

EGLI, D.B. Flowering, pod set and reproductive success in soya bean. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.191, p.283-291, 2005.

EGLI, D.B.; BRUENING, W.P. Increasing sink size does not increase photosynthesis during seed filling in soybean. **European Journal of Agronomy**, v.19, p.289-298, 2003.

EGLI, D.B.; BRUENING, W.P. Temporal profiles of pod production and pod set in soybean. **European Journal of Agronomy**, v.24, p.11-18, 2006.

EGLI, D.B.; YU, Z.; Crop growth rate and seeds per unit area in soybean. **Crop Science**, v.31, p.439-442, 1991.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: Paraná – 2007**. Londrina: Embrapa Soja, 2006. 217p.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11p.

GIBSON, L.R.; MULLEN, R.E. Soybean seed quality reductions by high day night temperatures. **Crop Science**, v.36, p.1615-1619, 1996.

GRAU, C.R.; OPLINGER, E.S.; ADEE, E.A.; HINKENS, E.A.; MARTINKA, M.J. Planting date and row width effect on severity of brown stem rot and soybean productivity. **Journal of Production Agriculture**, v.7, p.347-351, 1994.

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

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema de Recuperação Automática – SIDRA**. 2011. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 04/12/2011.

ILLIPRONTI JR., R.A.; LOMMENI, W.M.; LANGERAK, C.; STRUIK, P.C. Time of pod set and seed position on the plant contribute to variation in quality of seeds within soybean seed lots. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.48, p.165-180, 2000.

JIN, J.; LIU, X.; WANG, G.; MI, L.; SHEN, Z.; CHEN, X.; HERBERT, S.J. Agronomic and physiological contributions to the yield improvement of soybean cultivars released from 1950 to 2006 in northeast China. **Field Crops Research**, v.115, p.116-123, 2010.

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

KANTOLIC, A.G.; SLAFER, G.A. Reproductive development and yield components in indeterminate soybean as affected by post-flowering photoperiod. **Field Crops Research**, v.93, p.212-222, 2005.

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.

KUMUDINI, S.; HUME, D.J.; CHU, G. Genetic improvement in short season soybeans: I. dry matter accumulation, partitioning, and leaf area duration. **Crop Science**, v.41, p.391-398, 2001.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. Concepts and methods of analyzing regional trial data for cultivar and location selection. **Plant Breeding Reviews**, v.12, p.271-297, 1994.

LIU, X.B.; HERBERT, S.J. Some aspects of yield physiology research in soybean. **Journal of Northeast Agricultural University**, v.7, p.171-178, 2000.

LUDWIG, M.P.; DUTRA, L.M.C; LUCCA FILHO, O.A.; ZABOT, L.; UHRY, D.; LISBOA, J.I.; JAUER, A. Características morfológicas de cultivares de soja convencionais e *Roundup Ready*TM em função da época e densidade de semeadura. **Ciência Rural**, v.40, p.759-767, 2010.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3. ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002. 440p.

MANDAL, K.G.; HATI, K.M.; MISRA, A.K. Biomass yield and energy analysis of soybean production in relation to fertilizer-NPK and organic manure. **Biomass and Bioenergy**, v.33, p.1670-1679, 2009.

MAYOR, D.; JOHNSON, D.; TANNER, J.; ANDERSON, I. Effects of day length and temperature on soybean development. **Crop Science**, v.15, p.174-179, 1975.

METZ, G.L.; GREEN, D.E.; SHIBLES, R.M. Relationship between soybean yield in narrow rows and leaflet, canopy, and developmental characters. **Crop Science**, v.24, p.462-547, 1982.

MOTTA, I. de S.; e BRACCINI, A. de L.; SCAPIM, C.A.; GONÇALVES, A.C.A.; BRACCINI, M. do C.L. Características agronômicas e componentes da produção de sementes de soja em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, p.153-162, 2000.

PEDERSEN, P.; LAUER, J.G. Response of soybean yield components to management system and planting date. **Agronomy Journal**, v.96, p.1372-1381, 2004.

POPP, M.P.; KEISLING, T.C.; MCNEW, R.W.; OLIVER, L.R.; DILLON, C.R.; WALLACE, D.M. Planting date, cultivar, and tillage system effects on dryland soybean production. **Agronomy Journal**, v.94, p.81-88, 2002.

RAO, M.S.S.; MULLINIX, B.G.; RANGAPPA, M.; CEBERT, E.; BHAGSARI, A.S.; SAPRA, V.T.; JOSHI, J.M.; DADSON, R.B. Genotype x environment interactions and yield stability of food-grade soybean genotypes. **Agronomy Journal**, v.94, p.72-80, 2002.

ROBINSON, A.P.; CONLEY, S.P.; VOLENEC, J.J.; SANTINI, J.B. Analysis of high yielding, early-planted soybean in Indiana. **Agronomy Journal**, v.101, p.131-139, 2009.

THOMAS, J.F.; RAPER JR., C.D. Effect of day and night temperatures during floral induction on morphology of soybean. **Agronomy Journal**, v.70, p.893-898, 1978.

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

WITTENBACH, V.A. Effect of pod removal on leaf photosynthesis and soluble protein composition of field grown soybeans. **Plant Physiology**, v.73, p.121-124, 1983.

5. CAPÍTULO II – ESTUDOS FENOLÓGICOS E BIOMÉTRICOS DE CULTIVARES DE SOJA SEMEADAS EM DIFERENTES ÉPOCAS E SUA RELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE DE SEMENTES

RESUMO – O estudo dos índices biométricos da soja possibilita detectar características que interferem na produtividade, sendo que o desenvolvimento morfológico pode variar conforme a interação do genótipo com o ambiente e o estágio fenológico da planta. O presente estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento morfológico em diferentes estádios fenológicos de quatro cultivares de soja, (FPS Urano RR, BMX Apolo RR, BMX Energia RR e BRS 284) semeadas em três épocas, (outubro, novembro e dezembro), recomendadas para o cultivo na Região Centro-Sul do Estado do Paraná. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições, em um arranjo de parcelas subdivididas onde as épocas de semeaduras foram alocadas nas parcelas e as cultivares nas subparcelas. Foram analisados a altura de plantas, diâmetro da haste principal, número de ramificações, número de nós da haste principal e índice de área foliar (IAF), nos estádios de desenvolvimento V4, V9, R2 e R5.3, além do número e massa de matéria seca (MS) de nódulos em R5.3, e a correlação de cada parâmetro analisado em R5.3 com a produtividade de semente das plantas. Os resultados mostraram redução de crescimento de todas as cultivares com o atraso da semeadura, porém, a cultivar FPS Urano RR, mostrou-se menos responsiva às diferentes épocas de semeadura, possivelmente pelo seu hábito de crescimento determinado. A MS de nódulos foi maior na semeadura de outubro, e a cultivar BRS 284 obteve maior MS de nódulos do que as demais cultivares. A definição da biometria final das plantas aconteceu depois do estágio fenológico V9, e o IAF em R5.3 foi o caractere morfológico com maior correlação com a produtividade das plantas.

Palavras-chave: *Glycine max*, índice de área foliar, altura de plantas, nodulação, número de ramificações.

PHENOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL STUDIES OF SOYBEAN CULTIVARS SOWED AT DIFFERENT DATES AND ITS RELATION TO SEED YIELD

ABSTRACT – The study of the soybean morphology enable us to detect characteristics that interfere on yield, and the morphological development may vary according to the interaction between the genotype with the environment and the phenological development stage of the plant. This study evaluated the morphological development and its relation to seed yield of four soybean cultivars (FPS Urano RR, BMX Apolo RR, BMX Energia RR and BRS 284), sowed at October, November and December, 2010 in Mid-South of Parana State. The experimental design was a split plot with three replications, being the sowing date allocated to main plot and the cultivars to subplot. Height of plants, diameter and number of nodes of the main stem, number of the branches and leaf area index (LAI) were analyzed at four growth stages: V4, V9, R2 and R5.3, and number and dry matter (DM) of the nodules at R5.3 growth stage, and the correlation of the each parameter analyzed at R5.3 with the seed yield. The results showed reduction of growth in all cultivars with delaying sowing dates, however, the cultivar FPS Urano RR showed to be lesser responsive to different sowing dates than the other cultivars, possibly because it is the only cultivar of determinate growth habit. The DM of nodules was higher when plants were sowed on October, and the cultivar BRS 284 obtained higher DM of nodules than the others cultivars. The definition of the final morphology of the plants occurred after the phenological growth stage V9, and the LAI at R5.3 was the morphological character with highest correlation with final plant seed yield.

Keywords: *Glycine max*, leaf area index, plants height, nodulation, number of branches.

5.1. Introdução

O estudo fenológico de uma espécie vegetal é uma ferramenta que possibilita identificar caracteres biométricos da planta, em determinados estádios de desenvolvimento, associados a uma série de necessidades do vegetal, que, se atendidas, possibilitarão um normal desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, uma alta produtividade (CRUZ, 2010).

A soja é uma planta altamente dependente da interação genótipo x ambiente, podendo variar seu ciclo e seu desenvolvimento vegetativo, dependendo da interação, sendo que os principais fatores ambientais responsáveis pela variação do desenvolvimento da cultura são a temperatura e o fotoperíodo (SINCLAIR et al., 2005). Portanto, a época de semeadura é provavelmente, a prática fitotécnica isolada mais importante para a cultura da soja, pois interfere diretamente nos fatores ambientais (PEIXOTO et al., 2000). Dessa maneira, como genótipos divergentes podem responder diferentemente ao ambiente, as indicações da melhor época de semeadura para cada cultivar devem ser precedidas de ensaios regionalizados (QUEIROZ et al., 1998; PEDERSEN e LAUER, 2004).

Na Região Sul do Brasil, onde culturas de inverno, como o trigo, triticale, cevada e aveia, são largamente cultivadas, a cultura da soja pode ser semeada tardiamente. No entanto, o atraso da semeadura pode acarretar em baixo crescimento do dossel, reduzindo o índice de área foliar (IAF), acúmulo e translocação de biomassa e, conseqüentemente, a produtividade (RAO et al., 2002; SETIYONO et al., 2008), o que também é verificado em regiões de baixas latitudes sul (<25°), como nos trabalhos realizados por Calviño et al. (2003) e Sinclair et al. (2005).

Temperaturas desfavoráveis (WANG et al., 1997), fora da faixa entre 24 e 34°C (EGLI e BRUENING, 2000), baixas radiação solar (SETIYONO et al., 2010) e a curta duração do fotoperíodo, que pode afetar a floração (HAN et al., 2006), são os fatores abióticos mais comuns que ocorrem nas semeaduras tardias e que podem interagir com o genótipo das plantas de soja, afetando assim o crescimento e desenvolvimento da cultura.

Estádios chaves no crescimento e desenvolvimento da soja estão presentes tanto no período vegetativo, quanto reprodutivo das plantas (SETIYONO et al., 2008), e a duração dos estádios de desenvolvimento, especialmente pós floração, também interfere no crescimento da planta de soja, bem como em sua produtividade (KANTOLIC et al., 2007). Dessa maneira, é

notória a importância de se estudar o crescimento de cultivares de soja com respostas contrastantes ao ambiente conduzidas em diferentes condições ambientais, podendo assim inferir quais combinações de cultivares e épocas de semeadura resultam em menor influência negativa do ambiente e melhor desenvolvimento morfológico.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a influência de diferentes ambientes na biometria de plantas ao longo do ciclo de quatro cultivares de soja, sendo estas as mais cultivadas e/ou promissoras na região de Guarapuava - PR, semeadas em três diferentes épocas.

5.2. Material e Métodos

O local do experimento, bem como os tratamentos, os manejos fitossanitários, o delineamento experimental e a amostragem da colheita final, estão descritos no Capítulo I.

Para as análises, foram coletadas plantas de 0,4 m linear das 2 linhas centrais de cada subparcela, totalizando em média 8,32 plantas por subparcela (Figura 1 b), em quatro diferentes estádios de desenvolvimento, sendo eles: V4, V9, R2 e R5.3. Foram coletadas plantas inteiras, com o sistema radicular. Foram retiradas as raízes dispostas até a metade da entre-linha (20 cm de distância da linha de semeadura) e em 15 cm de profundidade. Para a definição do estágio de desenvolvimento, a cultivar FPS Urano RR foi utilizada como padrão para as coletas, ou seja, quando esta cultivar estava em um dos estádios citados, fazia-se a coleta de plantas das quatro cultivares no mesmo dia, independentemente do estágio das demais. Para a determinação do estágio fenológico, observou-se diariamente 7 plantas aleatórias por bloco e este foi definido quando 50% ou mais (4 plantas) estavam no mesmo estágio. Entre uma coleta e outra, foi deixado uma bordadura de 0,4 m linear.

Foram avaliados a altura de plantas (cm), número de nós (planta^{-1}), diâmetro (mm) da haste principal, número de hastes (planta^{-1}), índice de área foliar (IAF), estimado pelo programa Image-J (ABRAMOFF et al., 2004) através de fotografia digital, e na última coleta (R5.3), também o número (planta^{-1}) e a massa de matéria seca (MS) de nódulos (g m^{-2}). A MS de nódulos foi determinada após secagem em estufa de aeração forçada (70°C) até se atingir massa constante.

Os dados climáticos utilizados foram provenientes da estação meteorológica do IAPAR, instalada na Universidade Estadual do Centro-Oeste, localizada a cerca de 100 m do experimento.

Os dados das variáveis estudadas foram submetidos à análise de variância utilizando o programa Sisvar e quando verificada significância estatística, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Quando foi observada interação significativa entre os tratamentos com $p \leq 5\%$, foi realizado o desdobramento estatístico dos tratamentos. Foi também realizada a análise de correlação de Pearson entre os índices biométricos avaliados e a produtividade de sementes, e a significância das correlações foi avaliada pelo teste T de Student.

5.3. Resultados e Discussão

Os dados climáticos apresentados na Tabela 6 mostram as temperaturas máximas, mínimas e médias, precipitação, radiação solar e fotoperíodo durante os períodos de desenvolvimento das plantas, além do número de dias de desenvolvimento que as plantas tiveram em cada período. Nota-se de maneira geral, diminuição do ciclo das plantas com o atraso da semeadura, sendo mais acentuada nos períodos V9-R2 e R2-R5.3.

Analisando-se o período VE a R5.3, nota-se que, as temperaturas máximas, mínimas e médias, são menores para a semeadura de outubro, aumentando com o atraso da semeadura. Já a radiação total e o fotoperíodo médio, são maiores na semeadura de outubro e decrescem com o atraso da semeadura. A radiação média para as plantas semeadas em novembro e dezembro são similares, porém como o número de dias entre VE e R5.3 é maior para as plantas semeadas em novembro, a radiação total é superior para as plantas semeadas em novembro, quando comparadas com as semeadas em outubro.

Nota-se também que as chuvas foram bem distribuídas, havendo apenas uma redução da precipitação no último período de desenvolvimento das plantas semeadas em dezembro, porém sem a ocorrência de secas. As precipitações médias entre VE e R5.3 foram de 7,9; 9,2 e 8,2 para as semeaduras de outubro, novembro e dezembro, respectivamente, estando acima da média necessária para a cultura. Nota-se também que a radiação média não foi menor nos períodos mais chuvosos, evidenciando a ocorrência de dias nublados, porém sem chuva.

Tabela 6. Duração dos estádios de desenvolvimento das plantas (dias) e dados climáticos durante os estádios para a cultura da soja em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR.

Época de semeadura	Duração dos estádios	Estádios						
		VE-V4						
		T ^o Máx. ^a	T ^o Mín. ^b	T ^o Méd. ^c	Ppt. ^d	Rad. ^e	Radm. ^f	Fot. ^g
21/out	30	25,5	13,0	18,5	141	624	20,8	13:19
18/Nov	25	25,0	16,3	19,8	248	385	15,4	13:38
20/dez	24	26,9	17,0	21,0	276	437	18,2	13:37
V4-V9								
21/out	15	23,9	15,9	19,1	222	201	13,4	13:39
18/Nov	15	26,7	17,1	21,0	47	270	18,0	13:42
20/dez	17	26,8	18,3	21,5	141	260	15,3	13:20
V9-R2								
21/out	18	26,4	17,0	20,8	52	322	17,9	13:42
18/Nov	13	26,9	17,3	21,1	231	224	17,2	13:37
20/dez	8	24,9	18,2	20,6	73	111	13,9	13:05
R2-R5.3								
21/out	27	27,3	17,6	21,4	324	464	17,2	13:32
18/Nov	31	26,5	18,2	21,3	242	471	15,2	13:15
20/dez	19	25,0	16,9	20,3	57	295	15,5	12:45
VE-R5.3								
21/out	90	25,9	15,6	19,9	711	1611	17,9	13:30
18/Nov	84	26,1	17,3	20,7	773	1352	16,1	13:28
20/dez	69	26,2	17,5	20,9	566	1111	16,1	13:13

VE: emergência de plantas; V4: quarto trifólio; V9: nono trifólio; R2: pleno florescimento; R5.3: 26% a 50% de granação. ^aTemperatura máxima, ^btemperatura mínima e ^ctemperatura média em °C dia⁻¹, ^dprecipitação em mm período⁻¹, ^eradiação em MJ m⁻² período⁻¹, ^fradiação média em MJ m⁻² dia⁻¹ e ^gFotoperíodo médio em horas de luz dia⁻¹.

Quanto à altura de planta durante os quatro estádios vegetativos avaliados (Tabela 7) pôde-se observar, de maneira geral, que os valores observados no estádio V9 não foi um bom parâmetro para predizer a altura que as plantas atingiriam em R5.3, sendo que, somente após o estádio V9 definiu-se claramente a interferência das épocas de semeadura na altura de planta ao final do ciclo. Em R2, as plantas já apresentam valores de altura decrescente com o atraso da semeadura, sendo que na semeadura de dezembro a altura das plantas foi inferior às outras épocas de semeadura, para todas as cultivares, e na semeadura de novembro há uma redução mais evidente das alturas de plantas das cultivares BMX Apollo RR e BMX Energia RR.

Comparando-se os dados obtidos de altura das plantas no final do ciclo com os valores descritos pelas empresas obtentoras, as cultivares BMX Energia RR (média de 92 cm) e FPS Urano RR (média de 73 cm) ficaram próximas das alturas previstas quando semeadas em outubro, fato que, para BRS 284 (média de 100 cm) e BMX Apolo RR (média de 73 cm) ocorreu na semeadura de novembro. Para as cultivares BRS 284 e BMX Apolo RR, a antecipação na semeadura acarretou em plantas mais altas do que o relatado pelas empresas obtentoras dos registros, mostrando que para estas cultivares a antecipação da semeadura na região de Guarapuava contribui para um desenvolvimento vegetativo maior do que o normal. Esta antecipação muitas vezes é desnecessária, por não contribuir com o aumento da produtividade em alguns casos, e elevar o risco de acamamento em outros, como no caso da cultivar BRS 284, que dentre as cultivares estudadas é a que apresenta risco moderado ao acamamento segundo a empresa obtentora, tendo sido a cultivar que desenvolveu a maior altura no presente estudo.

Todas as cultivares apresentaram acentuada redução no crescimento entre o período V9 e R2 na semeadura de dezembro. As plantas semeadas em outubro e novembro aumentaram sua altura em média 99% e 95%, respectivamente, no período entre V9 e R2, já as semeadas em dezembro, tiveram aumento de apenas 28% em sua altura no mesmo período. Pode-se atribuir este fato à redução do número de dias entre V9 e R2: 18, 13 e 8 dias para a semeadura de outubro, novembro e dezembro, respectivamente (Tabela 6), e ao florescimento precoce das cultivares, causado pela possível sensibilidade à diminuição do fotoperíodo, aliado à maior temperatura entre VE e V9 (Tabela 6) com o atraso da época de semeadura (BARNI e MATZENAUER, 2000).

Observou-se interação significativa no último estágio de desenvolvimento avaliado (R5.3), onde na semeadura de dezembro todas as cultivares apresentaram redução de suas alturas em relação a semeadura de outubro. Porém, a cultivar FPS Urano RR apresentou redução menos abrupta de sua altura com o atraso da semeadura em relação as demais cultivares. Este fato é provavelmente devido à característica de seu hábito de crescimento determinado, que no estágio R2 já atingira cerca de 70% de sua altura final, enquanto as demais cultivares apresentavam em torno de 55, 60 e 65% de suas alturas finais na 1ª, 2ª e 3ª épocas de semeadura, respectivamente. Resultados semelhantes quanto à redução de altura de planta em cultivares de hábito de crescimento determinado foram observados por Bastidas et

al. (2008). Já as cultivares de hábito indeterminado, continuam reduzindo suas alturas pós florada devido provavelmente ao menor fotoperíodo como explicam Han et al. (2006).

Tabela 7. Altura de plantas (cm) de quatro cultivares de soja, em quatro estádios de desenvolvimento de plantas em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR¹.

Época / cultivar	V4			Médias	V9			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	15,8	13,9	14,0	14,6 a	30,8	29,7	36,2	32,3 b
BMX Apolo RR	10,8	8,3	9,8	9,6 c	20,2	19,1	26,1	21,8 d
BMX Energia RR	12,2	9,3	11,0	10,8 b	23,2	22,0	29,3	24,9 c
BRS 284	16,0	14,4	14,7	15,0 a	33,6	33,5	39,5	35,5 a
Médias	13,7 A	11,5 C	12,4 B		27,0 B	26,1 B	32,8 A	

Época / cultivar	R2			Médias	R5.3			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	52,1	52,0	43,6	49,2 b	73,4 Ac	66,5 Bc	60,3 Cb	66,7
BMX Apolo RR	46,1	44,8	35,2	42,0 c	92,2 Ab	73,3 Bb	56,1 Cb	73,9
BMX Energia RR	52,5	46,0	37,6	45,4bc	91,7 Ab	73,1 Bb	54,9 Cb	73,2
BRS 284	65,1	60,8	52,9	59,6 a	112,6 Aa	99,8 Ba	81,1 Ca	97,8
Médias	53,9 A	50,9 B	42,3 C		92,5	78,2	63,1	

V4: quarto trifólio; V9: nono trifólio; R2: pleno florescimento; R5.3: 26% a 50% de granação. ¹Letras maiúsculas comparam médias nas linhas, e minúsculas na coluna. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao diâmetro da haste principal (Tabela 8), não se constatou efeito significativo das fontes de variação em V4 e interação para nenhum dos estádios. De maneira análoga à altura de plantas, se notou os maiores valores de diâmetro da haste na semeadura de dezembro na avaliação realizada em V9, porém esse panorama muda a partir deste estádio. Em R2 e R5.3 a semeadura em dezembro resultou em menores diâmetros das hastes sem haver interação significativa entre os fatores em nenhum estádio de desenvolvimento avaliado. Marchiori et al. (1999), em trabalho realizado com cultivares, espaçamento em duas épocas de semeadura, também não verificaram interação entre os tratamentos para o diâmetro de hastes, observando menores valores nas semeaduras tardias, em concordância com os resultados do presente estudo.

Na comparação entre cultivares, observou-se que plantas da cultivar BRS 284 apresentaram o menor diâmetro de hastes nos estádios V9 e R5.3.

Verificou-se no presente trabalho no estádio R5.3, aumento de 0,12; 0,12 e 0,13 mm de diâmetro da haste principal para cada 1 cm de aumento na altura das plantas nas sementeiras de outubro, novembro e dezembro, respectivamente, mostrando ligeiro incremento do diâmetro do caule em relação a altura, com o atraso da sementeira. Em relação às cultivares, o aumento médio do diâmetro da haste com o aumento da altura foi de: 0,15; 0,13; 0,13 e 0,09 para FPS Urano RR, BMX Apolo RR, BMX Energia RR e BRS 284, respectivamente, justificando a maior susceptibilidade da cultivar BRS 284 ao acamamento. Também foi verificado que a mudança da época de sementeira não acarretou em aumento de diâmetro da haste em relação ao aumento de altura nas cultivares FPS Urano RR e BRS 284, porém as cultivares BMX Apolo RR e BMX Energia RR apresentaram valores de 0,11; 0,13 e 0,15 mm nas sementeiras de outubro, novembro e dezembro, respectivamente. Tal aumento pode ter sido ocasionada pela maior competição entre as plantas nas sementeiras precoces, onde as alturas das plantas foram maiores.

Desta forma, pressupõe-se que a cultivar FPS Urano RR não sofreu competição entre as plantas independentemente da época de sementeira, e que a cultivar BRS 284, por apresentar sempre a menor relação de aumento do diâmetro por aumento de altura, sofreu competição entre as plantas em todas as épocas.

Marvel et al. (1992) citam que, em soja, a competição entre plantas é responsável pela diminuição do diâmetro da haste. Seiter e Altemose (2004) relatam que em R5.5 plantas de soja apresentaram os maiores diâmetros de caule em densidades menores, resultado da competição entre plantas, porém até R3 esse comportamento ainda não havia sido notado. Segundo Reddy et al. (1998), plantas de soja apresentam menor aumento do diâmetro da haste por unidade de crescimento quando submetidas a menores regimes hídricos, o que não foi o caso deste trabalho onde os regimes hídricos foram em média de 6,2; 7,5 e 7,5 mm dia⁻¹ para as sementeiras de outubro, novembro e dezembro, respectivamente.

Tabela 8. Diâmetro da haste principal (mm) de quatro cultivares de soja, em quatro estádios de desenvolvimento de plantas em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR¹.

Época / cultivar	V4			Médias	V9			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	5,5	5,0	5,5	5,3	7,4	7,7	8,2	7,8 ab
BMX Apolo RR	5,4	4,6	5,5	5,2	7,8	7,9	8,0	7,9 a
BMX Energia RR	5,4	5,1	5,6	5,4	7,9	7,9	8,3	8,0 a
BRS 284	4,8	4,7	5,4	5,0	6,8	7,2	8,1	7,4 b
Médias	5,3	4,9	5,5		7,5 B	7,7 B	8,1 A	

Época / cultivar	R2			Médias	R5.3			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	9,4	9,8	8,9	9,4	11,3	9,8	8,6	9,9 a
BMX Apolo RR	9,6	10,0	9,3	9,6	10,9	9,9	8,5	9,8 ab
BMX Energia RR	9,8	10,1	8,7	9,5	10,3	9,3	8,4	9,3 bc
BRS 284	8,5	9,3	8,9	8,9	10,2	8,9	8,1	9,1 c
Médias	9,3 AB	9,8 A	9,0 B		10,7 A	9,5 B	8,4 C	

V4: quarto trifólio; V9: nono trifólio; R2: pleno florescimento; R5.3: 26% a 50% de granação. ¹Letras maiúsculas comparam médias nas linhas, e minúsculas na coluna. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No estádio V4, observou-se na média, maior número de hastes por plantas na semeadura de outubro e na cultivar Urano (Tabela 9). O maior período de desenvolvimento na semeadura de outubro e o rápido desenvolvimento inicial da cultivar FPS Urano RR contribuíram para este fato.

Na análise realizada em R2, a época de semeadura não interferiu no número de ramificações das plantas, e em R5.3 o número de hastes foi maior na primeira época de semeadura, menor na segunda e intermediário na última. Notou-se também, que na segunda época de semeadura houve redução do número de hastes em R5.3 comparado com R2. Essa diminuição do número de ramificações provavelmente ocorreu pelo auto-sombreamento no terço inferior da planta. Na semeadura de outubro, apesar das plantas perderem as hastes formadas, o maior fotoperíodo pode ter induzido à formação de novas hastes na parte mediana da planta, como citam Han et al. (2006) e Jiang et al. (2011). Porém isto não aconteceu na segunda época de semeadura, devido ao menor fotoperíodo, e, na última época, como o auto-sombreamento foi bem menor, houve provavelmente uma menor queda das hastes no terço inferior das plantas.

Entre as cultivares, as plantas da cultivar BRS 284 apresentaram os menores números de ramificações nos estádios R2 e R5.3, sendo inversamente proporcional ao observado quanto à altura das plantas. Heiffig et al. (2009) citam que a competição intra-específica nas plantas de soja pode determinar o porte da planta e sua ramificação, sendo estas duas características morfológicas inversamente proporcionais, corroborando com os resultados observados no presente estudo. Kantolic e Slafer (2001) não verificaram diferenças do número de hastes em plantas de soja submetidas a um fotoperíodo estendido em duas horas por luz artificial, porém verificaram diferenças entre cultivares e épocas de semeadura, sendo que as cultivares do grupo de maturação mais longo, produziram mais ramificações e o atraso na época de semeadura contribuiu para a menor ramificação das plantas. Os autores explicam que os resultados são devidos à maior temperatura na primeira semeadura, e ao maior período em dias de R3-R6. Em complemento, citam que o fotoperíodo altera o número de dias entre R3-R6, porém o crescimento da planta depende não apenas disso, mas também de outros fatores ambientais e que a ramificação depende de fatores pré e pós floração.

Em V9, observou-se interação significativa entre os tratamentos, com as plantas das cultivares aumentando de forma significativa o número de ramificações na semeadura de novembro em relação à de outubro. Porém, as plantas da cultivar FPS Urano RR continuaram aumentando o número de ramificações na semeadura de dezembro em relação a novembro, fato não observado nas plantas das outras cultivares.

Tabela 9. Número de ramificações (planta⁻¹) de quatro cultivares de soja, em quatro estádios de desenvolvimento de plantas em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR¹.

Época/ cultivar	V4			Médias	V9			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	1,3	1,0	1,1	1,1 a	2,1 Ca	2,3 Bab	4,8 Aa	3,0
BMX Apolo RR	1,0	1,0	1,0	1,0 b	1,7 Ba	3,1Aab	3,5 Ab	2,8
BMX Energia RR	1,0	1,0	1,0	1,0 b	2,4Ba	3,8 Aa	3,5 Ab	3,2
BRS 284	1,0	1,0	1,0	1,0 b	1,3 Ba	2,7 Ab	2,5Ab	2,2
Médias	1,1 A	1,0 B	1,0 B		1,9	3,0	3,6	

Época/ cultivar	R2			Médias	R5.3			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	5,8	6,6	5,2	5,9 a	6,0	4,8	5,2	5,3 a
BMX Apolo RR	6,1	6,5	6,0	6,2 a	6,2	4,6	5,6	5,4 a
BMX Energia RR	6,6	6,7	5,5	6,3 a	6,0	4,7	5,7	5,5 a
BRS 284	3,5	3,5	3,6	4,5 b	3,8	2,0	3,0	3,0 b
Médias	5,5	5,8	5,1		5,5 A	4,0 C	4,9 B	

V4: quarto trifólio; V9: nono trifólio; R2: pleno florescimento; R5.3: 26% a 50% de granação. ¹Letras maiúsculas comparam médias nas linhas, e minúsculas na coluna. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O número de nós da haste principal (Tabela 10), de maneira geral, apresentou comportamento semelhante ao observado para a altura de plantas. No estádio V9, o maior número de nós ocorreu na semeadura de dezembro, e em R2 o decréscimo no número de nós ocorre de maneira gradativa com o atraso da semeadura, porém de forma significativa apenas na semeadura de dezembro.

Entre as cultivares, notou-se que, durante todo o ciclo das plantas, as cultivares FPS Urano RR e BRS 284 apresentam maior número de nós que as cultivares BMX Apolo RR e BMX Energia RR, porém na última avaliação realizada, a cultivar FPS Urano RR apresentou menor número de nós na primeira época de semeadura comparada às demais cultivares. Tal fato é explicado por Setiyono et al. (2007), que verificaram aumento do número de nós quanto maior o período entre R1 e R5, havendo maior produção de nós das cultivares de hábito indeterminado.

Observou-se interação significativa em V4, com uma maior estabilidade do número de nós das cultivares BMX Energia RR e BRS 284, porém nesse período também chama a atenção o rápido desenvolvimento inicial da cultivar FPS Urano RR, que apresentou os

maiores valores entre as cultivares em todas as épocas de semeadura. Em R5.3, também constatou-se interação significativa entre as fontes de variação, e novamente a cultivar FPS Urano RR foi a menos afetada pelo atraso da semeadura, mostrando, assim como para a altura de plantas, uma menor proporção da diminuição do número de nós de R2 para R5.3 com o atraso da semeadura.

Sinclair et al. (2005) encontraram correlações positivas entre o aumento do número de nós e a temperatura. Desta forma, o maior número de nós até V9 na semeadura de dezembro pode ser explicado no presente estudo pelo aumento da temperatura constatada neste período (Tabela 6). A partir de V9, mesmo a temperatura mantendo-se ligeiramente mais altas na semeadura de dezembro, o número de dias entre os estádios diminui bruscamente com o atraso da semeadura, o que explica os maiores número de nós nas duas primeiras épocas de semeadura em relação à última.

Da mesma maneira, Bastidas et al. (2008) verificaram interação significativa entre data de semeadura e cultivar para o número de nós e explicaram este resultado afirmando que cultivares com predisposição a formarem menor número de nós tendem a perder menos nós do que cultivares com predisposição a maior número de nós. Assim, no presente estudo reafirma-se este fato, e ainda acrescenta-se que a cultivar FPS Urano RR, por apresentar o hábito de crescimento determinado, semelhantemente a cultivar que apresentou a menor perda no número de nós no estudo de Bastidas et al. (2008), já realizou a maior parte de seu desenvolvimento vegetativo até R2, sofrendo menos com o ambiente desfavorável que ocorre a partir de então. Os autores também verificaram que as plantas apresentavam maior número de nós até o estágio V9 quando a semeadura foi realizada tardiamente, sendo que posteriormente este fato se reverteu, concordando com os resultados do presente estudo.

Tabela 10. Número de nós da haste principal (planta⁻¹) de quatro cultivares de soja, em quatro estádios de desenvolvimento de plantas em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR¹.

Época/ cultivar	V4			Médias	V9			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	6,7 Aa	6,2Ba	6,5 Aba	6,5	10,2	10,7	11,2	10,7 a
BMX Apolo RR	6,1Ab	5,6 Bb	6,0ABb	5,9	9,4	9,8	10,5	9,9 b
BMX Energia RR	6,0Ab	5,9Aab	6,0 Ab	6,0	9,3	9,6	10,6	9,9 b
BRS 284	6,0Ab	6,2 Aa	6,2 Aab	6,2	10,2	10,6	11,5	10,8 a
Médias	6,2	6,0	6,2		9,8 B	10,2 B	11,0 A	

Época/ cultivar	R2			Médias	R5.3			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	15,1	15,0	14,0	14,7 a	17,8 Ac	17,4 Acb	16,0 Ba	17,1
BMX Apolo RR	13,9	13,9	12,6	13,4 b	20,1Ab	18,1 Bb	14,9 Cb	17,7
BMX Energia RR	14,3	13,4	12,4	13,4 b	19,2Ab	17,1 Bc	14,6 Cb	16,9
BRS 284	15,1	15,0	13,7	14,6 a	21,1 Aa	19,8 Ba	16,5 Ca	19,1
Médias	14,6 A	14,3 A	13,2 B		19,5	18,1	15,5	

V4: quarto trifólio; V9: nono trifólio; R2: pleno florescimento; R5.3: 26% a 50% de granação. ¹Letras maiúsculas comparam médias nas linhas, e minúsculas na coluna. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A época de semeadura não influenciou o IAF das plantas de soja no estágio V9 (Tabela 11), porém, em R2 houve influência das épocas de semeadura no crescimento das plantas, sendo que, neste estágio de desenvolvimento, os menores valores encontrados na terceira época de semeadura. Em R5.3, nota-se claramente o maior IAF das plantas semeadas em outubro (6,51), valores médios para a semeadura de novembro (4,14) e menores para dezembro (3,62). Tais resultados podem ser explicados pelo menor período de desenvolvimento das plantas que foi de 88, 83 e 67 DAE para a primeira, segunda e terceira época de semeadura, respectivamente. Porém o fator mais influente sobre este aspecto é o fotoperíodo pós-floração, que é decrescente com o atraso da semeadura, pois segundo Han et al. (2006), o fotoperíodo é o fator ambiental mais influente no crescimento e desenvolvimento de plantas de soja após a floração. No final de dezembro / início de janeiro, dias de maior fotoperíodo no ano, as plantas semeadas em outubro estão em R2.

Entre as cultivares, os maiores valores finais de IAF são os da BRS 284 (5,43), cultivar que tem como característica a grande produção de folhas, o que garante os maiores

valores de IAF mesmo com as condições desfavoráveis. Segundo Sauer et al. (2007), IAF's de 5,5 em plantas de soja garantem grande interceptação de luz pelo dossel das plantas, tanto de ondas curtas quanto de longas, e em tal IAF a quantidade de luz que chega ao solo é extremamente baixa, e com isso a evaporação de água do solo é pequena.

Houve interação significativa quanto ao IAF entre os tratamentos no estágio V4, sendo os maiores valores na primeira época de semeadura devido ao maior período de desenvolvimento das plantas (30 DAE) e pelo período de maior radiação média diária entre as épocas (Tabela 6). Neste estágio, na semeadura de novembro, as cultivares BMX Apolo RR e BMX Energia RR apresentaram os menores valores de IAF em comparação com as demais cultivares. Isso foi decorrente, provavelmente da baixa radiação como explicam Calviño et al. (2003), o que leva a entender, que tais cultivares necessitam de radiações mais altas para a produção de folhas.

Modelos de estimativa de crescimento, como os de Sinclair (1986), Boote et al. (1998), Supit e Van der Groot (2003) e Setiyono et al. (2010), utilizam a radiação solar como um dos parâmetros para o crescimento vegetativo, e Sinclair (1986) ainda sugere um modelo linear de aumento de biomassa e do IAF com o aumento da radiação. Em V4, a cultivar FPS Urano RR obteve o maior IAF em todas as épocas de semeadura, mostrando-se mais eficiente que as demais para o desenvolvimento foliar inicial da cultura.

A produtividade verificada apresentou valores médios de 4.691, 3.984 e 4.032 kg ha⁻¹ para as semeaduras de outubro, novembro e dezembro, respectivamente. Assim, nota-se que a redução do IAF das plantas de outubro para novembro em R5.3, pode ter contribuído para a redução da produtividade. Porém, a produtividade foi reduzida em novembro, devido à diminuição da produtividade da cultivar FPS Urano RR, BMX Apolo RR e BMX Energia RR, sendo que a cultivar BRS 284, não apresentou redução da produtividade entre outubro e novembro (4.313 e 4.233 kg ha⁻¹, respectivamente), mesmo apresentando redução do IAF.

Mesmo não havendo interação entre os fatores, notamos que o maior valor de IAF foi o da cultivar BRS 284, sendo que, dessa maneira, a cultivar tem como característica maior IAF, o que provavelmente contribuiu com a não redução da produtividade desta cultivar.

Tabela 11. Índice de área foliar de quatro cultivares de soja, em quatro estádios de desenvolvimento de plantas em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR¹.

Época / cultivar	V4			Médias	V9			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	1,06 Aa	0,72 Ca	0,82 Ba	0,87	3,00	2,66	3,04	2,85 a
BMX Apolo RR	0,80 Abc	0,49 Cc	0,63 Bb	0,64	2,17	2,35	2,13	2,22 b
BMX Energia RR	0,88 Ab	0,53 Cbc	0,66 Bb	0,69	2,81	2,23	2,47	2,50ab
BRS 284	0,73 Ac	0,62 Cb	0,68 ABb	0,68	2,47	2,46	2,86	2,60ab
Médias	0,87	0,59	0,70		2,57	2,42	2,63	

Época / cultivar	R2			Médias	R5.3			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	5,17	5,26	3,45	4,63	6,87	4,70	3,72	5,10 ab
BMX Apolo RR	4,41	4,61	3,08	4,03	5,75	3,47	3,25	4,16 c
BMX Energia RR	4,87	4,65	2,94	4,15	5,87	3,50	3,67	4,35 bc
BRS 284	4,44	5,04	3,65	4,38	7,56	4,88	3,84	5,43 a
Médias	4,72 A	4,89 A	3,28 B		6,51 A	4,14 B	3,62 C	

V4: quarto trifólio; V9: nono trifólio; R2: pleno florescimento; R5.3: 26% a 50% de granação. ¹Letras maiúsculas comparam médias nas linhas, e minúsculas na coluna. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A avaliação do número e da MS de nódulos das raízes em R5.3 (Figura 4), mostrou que o número de nódulos foi maior nas semeaduras de outubro e novembro, e a MS (Figura 4 a) foi maior apenas na semeadura de outubro, demonstrando que nesta época de semeadura formaram-se nódulos maiores.

A cultivar BRS 284 apresentou a maior MS de nódulos (Figura 4 b), provavelmente por se tratar da cultivar mais apta à simbiose com a estirpe utilizada, e não por apresentar o maior crescimento vegetativo necessitando de uma maior quantidade de nódulos para o suprimento de nitrogênio. Francisco Jr e Harper (1995), em estudo com enxerto e enraizamento de folhas e estacas de soja com cultivares normais e mutantes capazes de hiper-nodular, concluíram que as folhas, em comparação com os outros órgãos das plantas de soja, são as grandes responsáveis pela nodulação da soja, por produzir a maior parte dos sinais fisiológicos responsáveis por controlar a infecção pelo *Rhizobium*. Porém não é a quantidade de folhas a grande responsável pelo controle da nodulação, e sim o genótipo da planta.

Vollmann et al. (2011) enfatizam a importância da nodulação das plantas, relacionando-a com o aumento do teor de clorofila das folhas, com a produtividade e com teor

de proteínas e óleo das sementes. Zhang et al. (2003), em estudo conduzido com diferentes cultivares e estirpes em solo canadense com limitação de nodulação devido a baixas temperaturas, verificaram diferenças de massa e número de nódulos entre cultivares, porém as diferenças mais evidentes nas quantidades de N fixadas variaram entre as estirpes utilizadas. Além disso, os autores verificaram que quanto maior a quantidade de nódulos (tanto em número quanto em massa), maior foi a quantidade de N (kg ha^{-1}) acumulada pela parte aérea das plantas.

Desse modo, supõe-se que existam genótipos mais aptos a nodulação e que uma maior quantidade de folhas não é responsável pela maior nodulação, porém a limitação de nódulos pode reduzir a quantidade de N acumulado pelas plantas.

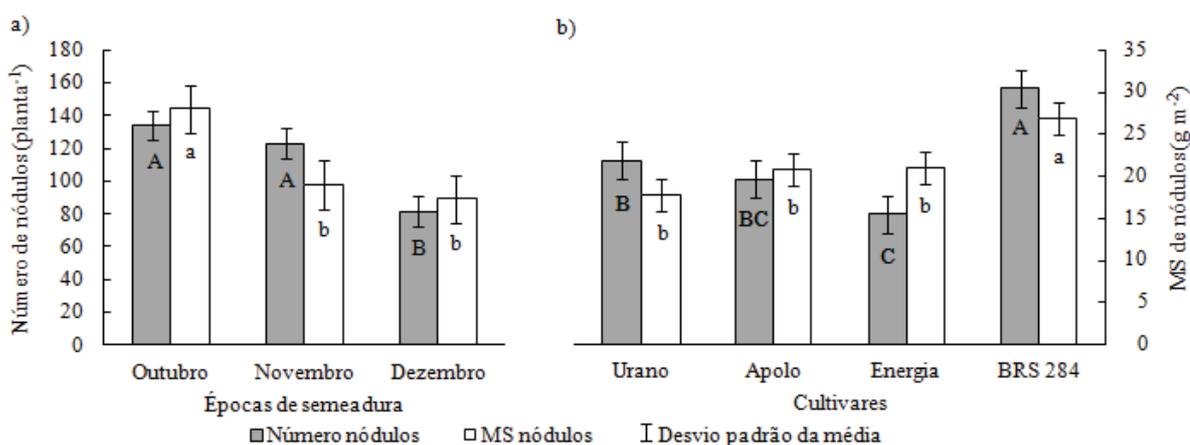


Figura 4. Número de nódulos (planta^{-1}) e massa de matéria seca de nódulos (MS, g m^{-2}) em a) três épocas de semeadura e b) quatro cultivares de soja, no estágio de desenvolvimento de plantas R5.3 na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR¹.

¹Letras maiúsculas e minúsculas comparam as médias do número e da MS de nódulos, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 12, observam-se os coeficientes de correlação entre os índices biométricos das plantas analisadas no estágio R5.3 e a produtividade. Verifica-se que o IAF é o caractere que exerceu maior influência na produtividade, e que outros caracteres como a altura de plantas, número de nós, diâmetro de hastes e MS de nódulos também influenciam a produtividade. Sauer et al. (2007) verificaram grande correlação entre o IAF e a altura de plantas, corroborando assim com os resultados do presente estudo.

Observa-se que a MS de nódulos têm maior influência na produtividade que o número

de nódulos. Uma vez que a MS e o número de nódulos podem variar de modo independente, como observado na Figura 4, é recomendável que se observe com mais atenção a MS do que seu número, caso a nodulação seja um parâmetro utilizado na seleção de cultivares de soja com alto potencial produtivo em programas de melhoramento.

Tabela 12. Coeficientes de correlação entre os índices biométricos analisados e produtividade final de sementes de quatro cultivares de soja em três épocas de semeadura na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR.

	Produtividade	Altura	Nº nós	Nº ramificações	Diâmetro da haste	IAF	Nº de nódulos
Altura	0,469**						
Nº nós	0,486**	0,888**					
Nº ramificações	0,242 ^{ns}	-0,427**	-0,203ns				
Diâmetro da haste	0,489**	0,394*	0,675**	0,428**			
IAF	0,571**	0,680**	0,775**	0,090ns	0,713**		
Nº de nódulos	0,072 ^{ns}	0,736**	0,726**	-0,474**	0,367*	0,640**	
MS nódulos	0,483**	0,807**	0,745**	0,067ns	0,472**	0,776**	0,705**

**Significativo a 1%, *significativo a 5%, e ^{ns} não significativo de acordo com o teste T.

5.4. Conclusões

A semeadura tardia da soja causou redução de todos os índices biométricos analisados. A cultivar de hábito determinado FPS Urano RR obteve a menor redução nos índices biométricos avaliados. Foi possível notar a real tendência de como será a biometria das plantas no final de seus ciclos, após o estágio V9, ou seja, após o final do período de vegetativo. O maior IAF é o caractere morfológico com maior correlação com a produtividade final de sementes. É preferível avaliar a MS de nódulos, do que o número de nódulos.

5.5. Referências Bibliográficas

ABRAMOFF, M.D.; MAGALHAES, P.J.; RAM, S.J. Image processing with Image J. **Biophotonics International**, v. 11, p. 36-42, 2004.

BARNI, N.A.; MATZENAUER, R. Ampliação do calendário de semeadura da soja no Rio Grande do Sul pelo uso de cultivares adaptados aos distintos ambientes. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.6, p.189-203, 2000.

BASTIDAS, A.M.; SETIYONO, T.D.; DOBERMANN, A.; CASSMAN, K.G.; ELMORE, R.W.; GRAEF, G.L.; SPECHT, J.E. Soybean sowing date: the vegetative, reproductive, and agronomic impacts. **Crop Science**, v.48, p.727-740, 2008.

BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; HOOGENBOOM, G. Simulation of crop growth: CROPGRO model. In: PEART, R.M., CURRY, R.B. **Agricultural Systems Modeling and Simulation**. New York: Marcel Dekker, p. 651-692, 1998.

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, p.265-275, 2003.

CRUZ, T.V. da; PEIXOTO, C.P.; MARTINS, M.C. Crescimento e produtividade de soja em diferentes épocas de semeadura no oeste da Bahia. **Scientia Agraria**, v.11, p.33-42, 2010.

EGLI, D.B.; BRUENING, W.P. Potential of early-maturing soybean cultivars in late plantings. **Agronomy Journal**, v.92, p. 532- 537, 2000.

FRANCISCO, P. B. JR.; HARPER, J. E. Translocatable leaf signal auto regulates soybean nodulation. **Plant Science**, v.107, p.167-176, 1995.

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

HEIFFIG, L. S. del A.; CÂMARA, G. M. de S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. de S. Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais. **Revista de Agricultura**, v.84, p.204-219, 2009.

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**. Versão 1.0. 2000. Londrina: IAPAR. (formato digital, 1 CD).

JIANG, Y.; WU, C.; ZHANG, L.; HU, PO.; HOU, W.; ZU, W.; HAN, T. Long-day effects on the terminal inflorescence development of a photoperiod-sensitive soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] variety. **Plant Science**, v.180, p.504–510, 2011.

KANTOLIC, A.G.; MERCAU J.L.; SLAFER, G.A.; SADRAS, V.O. Simulated yield advantages of extending post-flowering development at the expense of a shorter pre-flowering development in soybean. **Field Crops Research**, v.101, p.321-330, 2007.

- KANTOLIC, A.G.; SLAFER, G.A. Photoperiod sensitive after flowering and seed number determination in indeterminate soybean cultivars. **Field Crops Research**, v.72, p.109-118, 2001.
- MARTINS, M.C.; CÂMARA, G.M.S.; PEIXOTO, C.P.; MARCHIORI, L.F.S.; LEONARDO, V.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia Agricola**, v.56, p.851-858, 1999.
- MARCHIORI, L.F.S.; CÂMARA, G.M. DE S.; PEIXOTO C.P.; MARTINS, M.C. Desempenho vegetativo de cultivares de soja [*Glycine max*(L.) Merrill] em épocas normal e safrinha. **Scientia Agricola**, v.56, p.383-390, 1999.
- MARVEL, J.N.; BEYROUTY, C.A. GBUR, E.E. Response of soybean growth to root and canopy competition. **Crop Science**, v.32, p.797-801, 1992.
- PEDERSEN, P.; LAUER, J.G. Response of soybean yield components to management system and planting date. **Agronomy Journal**, v.96, p.1372-1381, 2004.
- PEIXOTO, C.P.; CÂMARA, G.M.S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.; GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de sementes. **Scientia Agricola**, v.57, p.153-162, 2000.
- QUEIROZ, E.F.; GAUDÊNCIO, C.A.; GARCIA, A.; TORRES, E.; OLIVEIRA, C.N. Efeito de época de plantio sobre o rendimento da soja, na região norte do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.512-519, 1998.
- RAO, M.S.S.; MULLINIX, B.G.; RANGAPPA, M.; CEBERT, E.; BHAGSARI, A.S.; SAPRA, V.T.; JOSHI, J.M.; DADSON, R.B. Genotype x environment interactions and yield stability of food-grade soybean genotypes. **Agronomy Journal**, v.94, p.72-80, 2002.
- REDDY, V.R.; PACHEPSKY, Y.A.; WHISLER, F.D. Allometric relationships in field-grown soybean. **Annals of Botany**, v.82, p.125-131, 1998.
- SAUER, T.J.; SINGER, J.W.; PRUEGER, J.H.; M. DESUTTER, T.M.; HATFIELD, J.L. Radiation balance and evaporation partitioning in a narrow-row soybean canopy. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.145, p.206-214, 2007.
- SEITER, S.; ALTEMOSE, C. E. Forage soybean yield and quality responses to plant density and row distance. **Agronomy Journal**, v.96, p. 960-970, 2004.
- SETIYONO, T.D.; CASSMAN, K.G.; SPECHT, J.E.; DOBERMANN, A.; WEISS, A.; YANG, H.; CONLEY, S.P.; ROBINSON, A.P.; PEDERSEN, P.; DE BRUIN, J.L. Simulation of soybean growth and yield in near-optimal growth conditions. **Field Crops Research**, v.119, p.161-174, 2010.

SETIYONO, T.D.; WEISS, A.; SPECHT, J.E.; BASTIDAS, A.M.; CASSMAN, K.G.; DOBERMANN, A. Understanding and modeling the effect of temperature and day length on soybean phenology under high-yield conditions. **Field Crops Research**, v.100, p.257–271, 2007.

SETIYONO, T.D.; WEISS, A.; SPECHT, J.E.; CASSMAN, K.G.; DOBERMANN, A. Leaf area index simulation in soybean grown under near-optimal conditions. **Field Crops Research**, v.108, p.82-92, 2008.

SINCLAIR, T.R. Water and nitrogen limitation in soybean grain production. I. Model development. **Field Crop Research**, v.15, p.125-141, 1986.

SINCLAIR, T.R.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L. Comparison of vegetative development in soybean cultivars for low-latitude environments. **Field Crops Research**, v.92, p.53-59, 2005.

SUPIT, I.; VAN DER GOOT, E. **Updated system description of the WOFOST crop growth simulation model as implemented in the Crop Growth Monitoring System applied by the European Commission**. Heelsum: Treemail. 2003. 120p.

VOLLMANN, J.; WALTER, H.; SATO, T.; SCHWEIGER, P. Digital image analysis and chlorophyll metering for phenotyping the effects of nodulation in soybean. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.75, p.190-195, 2011.

WANG, Z.; REDDY, V.R.; QUEBEDEAUX B. Growth and photosynthetic responses of soybean to short-term cold temperature. **Environmental and Experimental Botany**, v. 37, p.13-24, 1997.

ZHANG, H.; PRITHIVIRAJ, B.; CHARLES, T.C.; DRISCOLL, B.T.; SMITH, D.L. Low temperature tolerant *Bradyrhizobium japonicum* strains allowing improved nodulation and nitrogen fixation of soybean in a short season (cool spring) area. **European Journal of Agronomy**, v.19, p. 205-213, 2003.

6. CAPÍTULO III – ÍNDICES FISIOLÓGICOS DE CULTIVARES DE SOJA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA

RESUMO – Os índices fisiológicos indicam a capacidade das plantas em sintetizar e translocar a matéria orgânica aos diversos órgãos. O presente estudo teve como objetivo avaliar os índices fisiológicos de cultivares de soja e relacioná-lo com a produtividade, em diferentes épocas recomendadas para o cultivo na Região Centro-Sul do Estado do Paraná. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições em um arranjo de parcelas subdivididas, sendo as épocas de semeadura (21/10, 18/11 e 20/12 da safra 2010/2011) alocadas nas parcelas e as cultivares (FPS Urano RR, BMX Apolo RR, BMX Energia RR e BRS 284) na subparcelas. Foram analisados o índice de área foliar (IAF) médio, a taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa de assimilação líquida (TAL), número de dias entre os estádios R5-R7 (período de enchimento de sementes, PES), a taxa de enchimento de sementes (TES) e o índice de colheita (%). O atraso da semeadura contribuiu para maiores valores de TAL e menores de IAF médio e TCC. O PES foi maior na semeadura de outubro. A cultivar BMX Energia RR apresentou maior TES e índice de colheita em todas as épocas de semeadura, mostrando-se mais eficiente neste parâmetro que as demais cultivares.

Palavras-chave: *Glycine max*, análise de crescimento, período de enchimento de sementes, taxa de assimilação líquida, taxa de crescimento de cultura, taxa de enchimento de sementes.

PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF THE SOYBEAN CULTIVARS AT DIFFERENT SOWING DATES

ABSTRACT – The physiological index indicates the capacity of plants to synthesize and to translocate organic matter for several organs. The present study evaluated the physiological parameters of soybean cultivars relating them with the yield at three different sowing dates recommended for cropping of soybean in Mid-South of Parana State. The experimental design was a split plot with three replications, in a split-plot arrangement, being the sowing date (10/21, 11/18 and 12/21 at cropping season 2010/2011) allocated to main plots and the cultivars (FPS Urano RR, BMX Apolo RR, BMX Energia RR and BRS 284) to subplot. Mean leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR), number of days between the growth stages R5-R7 (period of seed filling, PSF), seed filling rate (SFR), and harvest index were evaluated. The delay of sowing date, leads to high NAR and low mean IAF and CGR. The PSF was larger in plants sowed at October than at other dates. The cultivar BMX Energia RR presented the higher SFR and harvest index at all dates of sowing, showing higher efficiency on this parameter than the other cultivars.

Keywords: *Glycine max*, growth analysis, period of seed filling, net assimilation rate, crop growth rate, seed filling rate.

6.1. Introdução

A produtividade de sementes é diretamente relacionada com a interceptação de luz, eficiência do uso da radiação e particionamento de fotoassimilados (GIFFORD et al., 1984). Na soja, o crescimento e a produtividade são limitados apenas pela radiação e pela temperatura em situações que, durante o crescimento da cultura, não há interferência de pragas, doenças, plantas daninhas, limitações ou excesso prejudicial de água e nutrientes, e a duração dos estádios de desenvolvimento das plantas ocorre normalmente (SETIYONO et al., 2010).

A temperatura é o principal fator abiótico que determina o crescimento, desenvolvimento e a produtividade da soja (HEINEMANN et al., 2006). De maneira geral, durante todo o ciclo da soja, a faixa de temperatura ideal de desenvolvimento da cultura varia de 20-30°C (HESKETH et al., 1973). Baixas temperaturas diminuem a duração do período vegetativo (SEDDIGH e JOLLIFF, 1984) e, se forem noturnas durante o início do estágio reprodutivo da planta, podem afetar o número de vagens e sementes (JONES et al., 1991). Por outro lado, aumentos excessivos na temperatura podem causar redução na assimilação de carbono (BERRY e BJORKMAN, 1980).

Outro fator que também afeta o crescimento da soja, é a intensidade de luz, pois por se tratar de uma planta C3, a difusão do CO₂ até os estômatos é o maior fator limitante à assimilação de carbono (HEINEMANN et al., 2006). A biometria das plantas pode alterar a fotossíntese e a produtividade (AINSWORTH et al., 2002), pois a quantidade de energia radiante no dossel e dentro do dossel das plantas pode variar devido a vários fatores como densidade e hábito de crescimento das plantas (SAUER et al., 2007).

A duração dos estádios fenológicos e as condições climáticas ocorridas em cada período de desenvolvimento, também são variáveis importantes no crescimento e produtividade da soja (KANTOLIC et al., 2007). Como exemplo, a produtividade de soja semeada em épocas tardias, ao sul do trópico de capricórnio, pode ser restringida por estresses ocorridos entre os estádios R3-R6 (CALVIÑO e SADRAS, 1999). Já a massa de sementes está relacionada com a duração do período R5-R7 (CALVIÑO et al., 2003). Neste contexto o fotoperíodo é de extrema importância, por regular o ciclo da cultura (KANTOLIC e SLAFER, 2007).

As análises de crescimento de plantas possibilitam o conhecimento de diferenças funcionais e estruturais entre cultivares de uma mesma espécie, ajudando na seleção para melhor atender aos objetivos, ou mesmo utilizar este estudo no processo de seleção de cultivares sob diferentes condições ambientais e de cultivo (HUNT, 1990). Estudando o crescimento, pode-se estimar a capacidade das plantas em sintetizar e translocar a matéria orgânica nos diversos órgãos, dependendo de fatores extremamente importantes à vida e à produtividade das plantas como a fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados dos locais de fixação (folhas principalmente) aos locais de utilização ou de armazenamento (FONTES et al., 2005). Portanto, as análises de crescimento expressam as condições fisiológicas da planta, podendo explicar a produção líquida, que é derivada do processo fotossintético (LARCHER, 1995). As análises podem ser estimadas a partir das medidas de massa de matéria seca (MS) dos órgãos constituintes da planta em intervalos de tempo, sem a necessidade de laboratórios e/ou equipamentos sofisticados (PEIXOTO, 2002).

O presente estudo teve como objetivo analisar os índices fisiológicos e relacioná-lo com a produtividade de quatro cultivares de soja, em três épocas de semeadura em Guarapuava – PR.

6.2. Material e Métodos

O local do experimento, bem como os tratamentos, os manejos fitossanitários, e delineamento experimental estão descritos no Capítulo I. A MS e as plantas amostradas foram determinadas e coletadas conforme descrito no Capítulo II.

Quanto aos parâmetros, avaliou-se, o IAF médio, a taxa de assimilação líquida ($TAL = TCC / IAF \text{ médio}$), taxa de crescimento de cultura ($TCC, g m^{-2} dia^{-1}$), como descrito por Gardner et al. (1985), número de dias entre os estádios VE-R1 (período de desenvolvimento vegetativo, PDV), R1-R5 (período de formação de vagens, PFV), R5-R7 (período de enchimento de sementes, PES), taxa de enchimento de sementes ($TES, g m^{-2} dia^{-1}$), e o índice de colheita (% da massa de sementes em 13% de umidade em relação a massa total da parte aérea).

Os dados das variáveis estudadas foram submetidos à análise de variância utilizando o programa Sisvar e quando verificada significância estatística, as médias foram comparadas

pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Quando foi observada interação significativa entre os tratamentos com $p \leq 5\%$, foi realizado o desdobramento estatístico dos tratamentos.

6.3. Resultados e Discussão

Observa-se na Tabela 13 que em relação as épocas de semeadura, o IAF médio é maior na semeadura de outubro no período VE-V4, devido provavelmente ao maior número de dias de desenvolvimento que as plantas tiveram nesse período na semeadura neste mês (Tabela 6), o que por sua vez, foi devido as menores temperaturas desse mês no período inicial das plantas. No período V9-R2, os menores valores são para a semeadura de dezembro, o que se repete no período R2-R5.3. Ainda em R2-R5.3 nota-se que o IAF médio decresce com o atraso da semeadura, provavelmente pelo menor período em dias que as plantas tiveram para o desenvolvimento, o que pode ser explicado pelo menor fotoperíodo das semeaduras tardias (Tabela 6) como também explicam Kantolic e Slafer, (2007).

Entre as cultivares, de modo geral notamos os maiores valores para as cultivares FPS Urano RR, e BRS 284, mostrando a características dessas cultivares apresentarem maior IAF médio. No período de desenvolvimento VE-V4 o maior valor é o da cultivar FPS Urano RR, mostrando a característica de rápido desenvolvimento inicial da cultivar.

Tabela 13. Índice de área foliar médio (IAF médio) de plantas de quatro cultivares de soja, em quatro intervalos de desenvolvimento, semeadas em três épocas na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR¹.

Período/ Época sem.	VE-V4			Médias	V4-V9			Médias
	20/out	18/nov	21/dez		20/out	18/Nov	21/dez	
FPS Urano RR	0,15	0,11	0,12	0,13 a	1,81	1,48	1,69	1,66 a
BMX Apolo RR	0,12	0,08	0,10	0,10 b	1,37	1,19	1,23	1,26 b
BMX Energia RR	0,13	0,08	0,10	0,11 b	1,66	1,18	1,37	1,40 b
BRS 284	0,11	0,10	0,10	0,10 b	1,43	1,33	1,51	1,42 b
Médias	0,13 A	0,09 B	0,11 B		1,57	1,29	1,45	

Período/ Época sem.	V9-R2			Médias	R2-R5.3			Médias
	20/out	18/nov	21/dez		20/out	18/Nov	21/dez	
FPS Urano RR	3,88	3,80	3,23	3,64 a	5,98	4,98	3,58	4,84 a
BMX Apolo RR	3,16	3,34	2,57	3,02 b	5,03	4,01	3,16	4,07 b
BMX Energia RR	3,74	3,29	2,70	3,24 ab	5,34	4,04	3,29	4,22 b
BRS 284	3,34	3,59	3,23	3,39 ab	5,84	4,96	3,75	4,85 a
Médias	3,53 A	3,51 A	2,93 B		5,55 A	4,50 B	3,44 C	

VE: emergência de plantas; V4: quarto trifólio; V9: nono trifólio; R2: pleno florescimento; R5.3: 26% a 50% de granação. ¹Letras maiúsculas comparam médias nas linhas. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A TCC aumenta com o desenvolvimento das plantas, com exceção da semeadura realizada em novembro, em que as plantas aumentaram sua TCC até o período V9-R2, diminuindo no período R2-R5.3 (Tabela 14). O aumento da TCC com o decorrer do ciclo das plantas ocorre pelo menor porte das plantas e baixo IAF quanto mais novas as plantas estão, o que não permite grandes acúmulos de MS, concordando com dados de Ball et al. (2000) e Mandal et al. (2009).

Até o período V4-V9, não há diferença entre as épocas de semeadura, que manifestam sua influência na TCC em V9-R2. Em V4-V9, não se verificou diferenças em nenhuma fonte de variação, porém é notável um aumento da TCC no período V4-V9 quando comparado com VE-V4, pois para todas as cultivares e em todas as épocas de semeadura, as plantas tiveram um aumento de IAF, permitindo uma maior TCC.

No período V9-R2, onde se inicia a interferência das épocas de semeadura na TCC, nota-se que as maiores taxas ocorrem nas semeaduras realizadas em outubro e novembro. A baixa TCC observada na semeadura de dezembro provavelmente foi ocasionada devido às plantas passarem por um período de chuvas constantes entre 07 e 16 de fevereiro, período este entre o período V4-V9 e V9-R2, em que o céu esteve nublado durante o dia, havendo dessa

forma menor radiação incidente sob as plantas. Sinclair et al. (1987) citam que o estresse hídrico pode ocasionar uma menor TCC, porém os dados meteorológicos para o período, mostram que a precipitação média diária em dezembro foi intermediária a de outubro e novembro, descartando a hipótese de estresse por déficit ou excesso hídrico no presente estudo.

Após o período V9-R2, as plantas semeadas em dezembro normalizaram seu metabolismo, sendo que tanto os valores de TCC como os de TAL (Tabela 15), no período R2-R5.3, tiveram valores superiores ao período V9-R2, quando comparadas às demais épocas de semeadura.

As cultivares diferiram na TCC apenas no desenvolvimento inicial (período VE-V4), onde a cultivar FPS Urano RR foi superior às demais.

Tabela 14. Taxa de crescimento da cultura ($\text{g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) de plantas de quatro cultivares de soja, em quatro intervalos de desenvolvimento, semeadas em três épocas na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR¹.

Período/ Época sem.	VE-V4			Médias	V4-V9			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	1,73	1,51	1,67	1,64 a	8,37	8,62	8,76	8,59
BMX Apolo RR	1,37	0,97	1,27	1,20 b	7,46	8,20	6,67	7,44
BMX Energia RR	1,45	1,16	1,31	1,31 b	8,59	8,12	7,54	8,08
BRS 284	1,13	1,26	1,27	1,22 b	8,64	8,66	8,82	8,70
Médias	1,42	1,22	1,38		8,27	8,40	7,95	
Período/ Época sem.	V9-R2			Médias	R2-R5.3			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	13,0	14,8	7,05	11,61	12,8	9,85	14,1	12,2
BMX Apolo RR	10,8	13,7	10,6	11,71	13,1	8,18	13,1	11,5
BMX Energia RR	12,6	14,5	7,81	11,61	12,5	7,32	16,1	12,0
BRS 284	11,8	12,5	7,75	10,70	18,0	10,9	14,6	14,5
Médias	12,1 AB	13,9 A	8,3 B		14,1 A	9,1 B	14,5 A	

VE: emergência de plantas; V4: quarto trifólio; V9: nono trifólio; R2: pleno florescimento; R5.3: 26% a 50% de granação. ¹Letras maiúsculas comparam médias nas linhas. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observando-se a Tabela 15, nota-se que as maiores TAL's são as observadas no período VE-V4, diminuindo gradativamente até R2-R5.3, ou seja, há uma maior eficiência fotossintética quanto mais jovem é a planta. À medida que as plantas crescem e aumentam seu IAF, a penetração luminosa é menor devido ao auto sombreamento, diminuindo a eficiência

fotossintética (PENGELLY et al., 1999). Nota-se que os maiores valores do período VE-V4 são os da semeadura de novembro e dezembro, sendo que, os valores inferiores da semeadura de outubro podem ser derivados das temperaturas mais baixas, especialmente as temperaturas mínimas (próximas a 13°C) neste período (SETIYONO et al., 2007).

No período V4-V9, observa-se os maiores valores de TAL na segunda época de semeadura. Pode-se atribuir esse fato às temperaturas superiores da semeadura de novembro e dezembro em relação à semeadura de outubro aumentando a taxa de crescimento da cultura (LAWN e HUME, 1985; CALVIÑO et al., 2003; TAIZ e ZEIGER, 2006) e devido à maior radiação média incidente (Tabela 6) para a segunda época no período em comparação com as demais (EGLI e YU, 1991; CALVIÑO et al., 2003).

Para as cultivares semeadas em novembro, o período entre R2 (21/01) e R5.3 (22/02) passou por um grande número de dias nublados, onde a radiação média diária observada foi menor do que a da primeira época de semeadura para o mesmo período, o que pode ter ocasionado a menor TAL da semeadura de novembro no período R2-R5.3 (Tabela 6). Na mesma coleta, observaram-se os maiores valores de TAL para as plantas semeadas em dezembro, o que provavelmente ocorreu pelo fato das cultivares semeadas em outubro e novembro apresentarem um IAF médio de aproximadamente 5,5 e 4,5, respectivamente, maiores que o IAF das plantas semeadas em dezembro que foi de 3,5 (Tabela, 13). O maior IAF provavelmente aumentou o auto sombreamento, resultando em uma menor TAL e em um menor crescimento da planta, além de uma maior senescência de folhas.

Entre as cultivares, houve diferença estatística no período V4-V9, sendo que neste período a cultivar BRS 284 apresentou a maior TAL, e a cultivar FPS Urano RR a menor. Koti et al. (2007) observaram diferentes respostas na eficiência fotossintética entre cultivares. Jin et al. (2004) citam que a orientação horizontal e o ângulo de inclinação das folhas são fatores que influenciam a penetração da luz e, conseqüentemente, a fotossíntese e a TAL.

Tabela 15. Taxa de assimilação líquida ($\text{g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) de plantas de quatro cultivares de soja, em quatro intervalos de desenvolvimento, semeadas em três épocas na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR¹.

Período/ Época sem.	VE-V4			Médias	V4-V9			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	11,3	13,9	13,6	13,0	4,68	5,83	5,17	5,23 b
BMX Apolo RR	11,5	12,3	13,0	12,2	5,47	6,96	5,42	5,95 ab
BMX Energia RR	11,3	13,8	12,9	12,7	5,32	6,98	5,47	5,93 ab
BRS 284	10,3	13,2	12,3	11,9	6,07	6,54	5,77	6,13 a
Médias	11,1 B	13,3 A	13,0 A		5,4 B	6,6 A	5,5 B	

Período/ Época sem.	V9-R2			Médias	R2-R5.3			Médias
	21/out	18/nov	20/dez		21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	3,35	3,90	2,21	3,15	2,15	1,98	4,02	2,71
BMX Apolo RR	3,40	4,12	4,17	3,90	2,63	2,04	4,17	2,94
BMX Energia RR	3,38	4,36	2,87	3,54	2,33	1,81	4,97	3,03
BRS 284	3,51	3,53	2,55	3,20	3,10	2,18	3,92	3,06
Médias	3,41	3,98	2,95		2,55 B	2,00 C	4,27 A	

VE: emergência de plantas; V4: quarto trifólio; V9: nono trifólio; R2: pleno florescimento; R5.3: 26% a 50% de granação. ¹Letras maiúsculas comparam médias nas linhas, e minúsculas na coluna. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No PES (Tabela 16) houve interação entre os fatores época de semeadura x cultivar, porém, sempre o maior número de dias ocorreu na semeadura de outubro, decrescendo na semeadura de novembro, e mantendo-se na semeadura de dezembro no caso da cultivar FPS Urano RR, ou então, voltando a aumentar na semeadura de dezembro como é o caso das cultivares BMX Apolo RR e BMX Energia RR. Analisando o período desde a emergência de plantas até o estágio de sementes cheias (VE-R7), tem-se em média 126, 116 e 96 dias de desenvolvimento de plantas na semeadura de outubro, novembro e dezembro, respectivamente. Asumadu et al. (1998) e Calviño et al. (2003) citam que a duração do período de desenvolvimento da soja apresenta grande influência sob a biomassa das plantas. Entre as cultivares, podemos observar que a BRS 284 no PES, apresenta o desenvolvimento mais tardio.

Durante o PES, a principal fonte para o desenvolvimento de vagens e sementes são os carboidratos fotossintetizados durante esta fase (PROULX e NAEVE, 2009). Hanson (1985) e Smith e Nelson (1986) observaram correlação entre PES e a produtividade, sendo assim é importante, além de condições ambientais favoráveis (i.e., temperatura, disponibilidade hídrica, radiação), um período adequado para as plantas fotossintetizarem e translocarem os

compostos carbônicos para as sementes.

Tabela 16. Duração de dias do período de enchimento de sementes de plantas de quatro cultivares de soja, em quatro estádios de desenvolvimento, semeadas em três épocas na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR¹.

Época semeadura/ cultivar	PES			Médias
	21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	49,0 Ab	43,0 Bb	43,3 Ba	45,1
BMX Apolo RR	44,3 Ac	33,3 Cc	37,0 Bc	38,2
BMX Energia RR	44,7 Ac	34,3 Cc	37,7 Bc	38,9
BRS 284	55,0 Aa	47,0 Ba	41,7 Cb	47,9
Médias	48,3	39,4	39,9	

PES: período de enchimento de sementes. ¹Letras maiúsculas comparam médias nas linhas, e minúsculas na coluna. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 17, onde são apresentados os dados das TES's, verifica-se interação significativa entre os tratamentos. Nota-se que a cultivar BMX Energia RR apresentou os maiores valores dentre as cultivares, para todas as épocas, e também que para a cultivar BRS 284, a TES aumenta com o atraso da semeadura, já para a cultivar BMX Apolo RR menores valores ocorrem na primeira época de semeadura. A cultivar FPS Urano RR não apresenta diferença na TES conforme a época de semeadura. Jin et al. (2010) enfatizam em seu trabalho que a eficiência da translocação de fotoassimilados é um fator crucial na produtividade da soja.

Aliando esses dados aos dados do PES, nota-se que a produtividade das cultivares FPS Urano RR e BMX Energia RR diminuem, e explica-se esse fato pela diminuição do número de dias entre R5 e R7, pois a TES não é afetada pela época para estas cultivares. Entretanto, analisando-se a cultivar BRS 284, sugere-se que a produtividade tende a manter-se estabilizada, pois apesar da redução do número de dias entre R5 e R7, há aumento da taxa de exportação de carboidratos para as sementes.

A cultivar BMX Apolo RR apresentou comportamento distinto. Na semeadura de novembro, onde há brusca diminuição do período R5-R7 em relação a outubro, há um aumento da TES, e em dezembro, onde há pequeno aumento em dias do período R5-R7, há pequena redução da TES. Dessa forma, a cultivar parece modificar a sua TES, buscando manter um padrão de sua produtividade.

Kumudi et al. (2001) não encontraram correlação entre TES ou PES e produtividade, porém, os autores citam que a produtividade é fruto destas duas taxas. Egli et al. (1984), Salado-Navarro et al. (1985) e Smith e Nelson (1986) citam que a interação do genótipo com o ambiente pode definir uma maior ou menor TES durante o PES, definindo assim a produtividade, e sendo essa interação um fator de seleção de cultivares.

Tabela 17. Taxa de enchimento de sementes ($\text{g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) de plantas de quatro cultivares de soja, semeadas em três épocas na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR¹.

Cultivar	Época			Médias
	21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	9,5 Ab	8,6 Ab	9,2 Ab	9,1
BMX Apolo RR	10,2 Bab	11,8 Aa	10,7 ABab	10,9
BMX Energia RR	11,8 Aa	11,9 Aa	10,9 Aa	11,5
BRS 284	7,8 Bc	9,0 ABb	10,1 Aab	9,0
Médias	9,8	10,3	10,2	

¹Letras maiúsculas comparam médias nas linhas, e minúsculas na coluna. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O índice de colheita das plantas de soja apresentou comportamento distinto entre as cultivares e épocas de semeadura (Tabela 18). O índice de colheita manteve-se relativamente constante entre a semeadura de outubro e novembro, mostrando que a relação, produtividade e produção de MS de plantas, não muda entre esses dois períodos, sendo esta afirmação válida para todas as cultivares, com exceção da cultivar BRS 284. Porém a produtividade em novembro foi inferior a de outubro (3.984 e 4.691 kg ha^{-1} , respectivamente), inferindo que a MS de plantas também foi menor em novembro, como notamos no menor IAF médio.

Na semeadura de dezembro, houve um aumento do índice de colheita em relação a novembro, porém como a produtividade entre esses dois períodos foi semelhante (3.984 e 4.032 kg ha^{-1} , respectivamente) a MS das plantas foram as menores em dezembro. Calviño et al. (2003) citam que a curta duração do PES, pode reduzir a massa de sementes e o índice de colheita. No presente estudo, o índice de colheita não foi prejudicado com a redução do PES causada pelo atraso da semeadura.

A cultivar BRS 284 apresentou um comportamento distinto das demais, sendo que esta obteve grande aumento do índice de colheita na semeadura de novembro. Essa cultivar manteve constante sua produtividade em outubro, novembro e dezembro (4.313 , 4.233 e 4.191 kg ha^{-1} , respectivamente), mesmo com a redução de sua biomassa. Dessa forma, com a

estabilidade produtiva da cultivar e a redução de sua MS, o índice de colheita para essa cultivar, apresentou aumento nas três épocas de semeadura.

Ainda sobre as cultivares, notamos que a cultivar BMX Energia RR, apresenta o maior índice de colheita na semeadura de outubro, e como visto o IAF médio foi maior também nesta época de semeadura, sugerindo que essa cultivar apresenta a desejável característica de conseguir translocar a mesma porcentagem de carboidratos para as sementes independente de sua massa. Dessa maneira, deve-se garantir que a cultivar apresente uma boa produção de massa, pois dessa forma será possível uma boa produtividade de sementes.

Tabela 18. Índice de colheita (%) de plantas de quatro cultivares de soja, semeadas em três épocas na safra 2010/2011 em Guarapuava, PR¹.

Cultivar	Época			Médias
	21/out	18/nov	20/dez	
FPS Urano RR	59,1 Bab	53,3 Bb	73,5 Aa	62,0
BMX Apolo RR	61,5 Ba	64,7 Bab	78,1 Aa	68,1
BMX Energia RR	68,6 Aa	69,3 Aa	72,0 Aa	70,0
BRS 284	48,1 Cb	61,9 Bab	76,2 Aa	62,0
Médias	59,3	62,3	75,0	

¹Letras maiúsculas comparam médias nas linhas, e minúsculas na coluna. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.4. Conclusão

A TAL aumentou com o atraso da semeadura, porém, a TCC foi maior nas semeaduras precoces, devido ao maior IAF médio que acarreta na maior TCC. O PES foi maior em outubro, porém apenas a cultivar BMX Energia RR apresentou elevada TES nesse período. A melhor TES observada foi a da cultivar BMX Energia RR, sugerindo que se o PES for longo sua produtividade será alta. O índice de colheita da cultivar BMX Energia RR foi constante entre as épocas de semeadura, dessa maneira deve-se assegurar que esta cultivar consiga acumular grande quantidade de MS para a obtenção de produtividades elevadas.

6.5. Referências Bibliográficas

AINSWORTH, E.A.; DAVEY, P.A.; BERNACHHI, C.J.; DERMODY, O.C.; HEATON, E.A.; MOORE, D.J.; MORGAN, P.B.; NAIDU, S.L.; RA, H.S.Y.; ZHU, X.G.; CURTIS, P.S.; LONG, S.P. A meta-analysis of elevated CO₂ effects on soybean (*Glycine max* L.) physiology, growth and yield. **Global Change Biology**, v.8, p.695-709, 2002.

ASUMADU, H.; SUMMERFIELD, R.J.; ELLIS, R.H.; QI, A. Variation in the durations of the photoperiod-sensitive and photoperiod-insensitive phases of post-first flowering development in maturity isolines of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] 'Clark'. **Annals of Botany**, v.82, p.773-778, 1998.

BALL, R.A.; PURCELL, L.C.; VORIES, E.D. Optimizing soybean plant population for a short-season production system in the southern USA. **Crop science**, v.40, p.757-764, 2000.

BERRY, J.; BJORKMAN, O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v.31, p.491-543, 1980.

CALVIÑO, P.A.; SADRAS, V.O. Interannual variation in soybean yield: interaction among rainfall, soil depth and crop management. **Field Crops Research**, v.63, p.237-246, 1999.

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, p.265-275, 2003.

EGLI, D.B.; ORF, J.H.; PFEIFFER, T.W. Genotypic variation for duration of seedfill in soybean. **Crop Science**, v.24, p.587-592, 1984.

EGLI, D.B.; YU, Z.W. Crop growth rate and seeds per unit area in soybean. **Crop Science**, v.31, p.439-442, 1991.

FONTES, P.C.R.; DIAS, E.N.; SILVA, D.J.H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.94-99, 2005.

GARDNER, F. P.; PEARCE, R. B.; MITCHELL, R. L. **Physiology of crop plants**. Ames: Iowa State University Press, 1985. 321p.

GIFFORD, R.M.; THORNE, J.H.; HITZ, W.D.; GIAQUINTA, R.T. Crop productivity and assimilate partitioning. **Science**, v.225, p.801-808, 1984.

HANSON, W.D. Association of seed yield with partitioned lengths of the reproductive period in soybean genotypes. **Crop Science**, v.25, p.525-529, 1985.

HEINEMANN A.B.; MAIA, A. DE H.N.; DOURADO-NETO, D.; INGRAM, K.T.; HOOGENBOOM, G. Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) growth and development response to CO₂ enrichment under different temperature regimes. **European Journal of Agronomy**,

v.24, p.52-61, 2006.

HESKETH, J.D.; MYHRE, D.L.; WILLEY, C.R. Temperature control of time intervals between vegetative and reproductive events in soybeans. **Crop Science**, v.13, p.250-254, 1973.

HUNT, R. **Basic growth analysis**. London: Unwin Hyman. 1990. 112p.

JIN, J.; LIU, X.; WANG, G.; MI, L.; SHEN, Z.; CHEN, X.; HERBERT, S.J. Agronomic and physiological contributions to the yield improvement of soybean cultivars released from 1950 to 2006 in Northeast China. **Field Crops Research**, v.115, p.116-123, 2010.

JIN, J.; LIU, X.B.; WANG, G.H.; HERBERT, S.J. Some ecophysiological characteristics at R4-R5 stage in relation to soybean yield differing in maturities. **Agricultural Science of China**, v.3, p.425-434, 2004.

JONES, J.W.; BOOTE, K.J.; JAGTAP, S.S.; MISHOE, J.W. Soybean development. In: HANKS, J.; RITCHIE, J.T. **Modeling Plant and Soil Systems**, v. 31, p.71-90, 1991.

KANTOLIC, A.G.; MERCAU J.L.; SLAFER, G.A.; SADRAS, V.O. Simulated yield advantages of extending post-flowering development at the expense of a shorter pre-flowering development in soybean. **Field Crops Research**, v.101, p.321-330, 2007.

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.

KOTI, S.; REDDY, K.R.; KAKANI, V.G.; ZHAO, D.; GAO, W. Effects of carbon dioxide, temperature and ultraviolet-B radiation and their interactions on soybean (*Glycine max* L.) growth and development. **Environmental and Experimental Botany**, v.60, p.1-10, 2007.

KUMUDINI, S.; HUME, D.J.; CHU, G. Genetic Improvement in Short Season Soybeans: I. Dry Matter Accumulation, Partitioning, and Leaf Area Duration. **Crop Science**, v.41, p.391-398, 2001.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. New York: Springer-Verlag, 1995. 506p.

LAWN, R.J.; HUME, D.J., Response of tropical and temperate soybean genotypes to temperature during early reproductive growth. **Crop Science**, v.25, p.137-142, 1985.

MANDAL, K.G.; HATI, K.M.; MISRA, A.K. Biomass yield and energy analysis of soybean production in relation to fertilizer-NPK and organic manure. **Biomass and Bioenergy**, v.33, p.1670-1679, 2009.

PEIXOTO, C.P.; CAMARA, G.M.S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S. Efeitos de épocas de semeadura e densidade de plantas sobre o rendimento de cultivares de soja no estado de São Paulo. **Revista de Agricultura**, v.77, p.265-293, 2002.

PENGELLY, B.C.; BLAMEY, F.P.C.; MUCHOW, R.C. Radiation interception and the accumulation of biomass and nitrogen by soybean and three tropical annual forage legumes. **Field Crops Research**, v.63, p.99-112, 1999.

PROULX, R.A.; NAEVE, S.L. Pod removal, shade and defoliation effects on soybean yield, protein and oil. **Agronomy Journal**, v.101, p.971-978, 2009.

SALADO-NAVARRO, L.R.; SINCLAIR, T.R.; HINSON, K. Comparisons among effective filling period, reproductive period duration, and R5 to R7 in determinate soybeans. **Crop Science**, v.25, p.1050-1054, 1985.

SAUER, T.J.; SINGER, J.W.; PRUEGER, J.H.; M. DESUTTER, T.M.; HATFIELD, J.L. Radiation balance and evaporation partitioning in a narrow-row soybean canopy. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.145, p.206-214, 2007.

SEDDIGH M.; JOLLIFF, G.D. Night temperature effects on morphology, phenology, yield and yield components of indeterminate field-grown soybean. **Agronomy Journal**, v.76, p.824-828, 1984.

SETIYONO, T.D.; CASSMAN, K.G.; SPECHT, J.E.; DOBERMANN, A.; WEISS, A.; YANG, H.; CONLEY, S.P.; ROBINSON, A.P.; PEDERSEN, P.; DE BRUIN, J.L. Simulation of soybean growth and yield in near-optimal growth conditions. **Field Crops Research**, v.119, p.161-174, 2010.

SETIYONO, T.D.; WEISS, A.; SPECHT, J.E.; BASTIDAS, A.M.; CASSMAN, K.G.; DOBERMANN, A. Understanding and modeling the effect of temperature and day length on soybean phenology under high-yield conditions. **Field Crops Research**, v.100, p.257-271, 2007.

SINCLAIR, T.R.; MUCHOW, R.C.; LUDLOW, M.M.; LEACH, G.J.; LAWN, R.J.; FOALE, M.A. Field and model analysis of the effect of water deficits and nitrogen accumulation by soybean, cowpea and black gram. **Field Crops Research**, v.17, p.121-140, 1987.

SMITH, J.R.; NELSON, R.L. Relationship between seed-filling period and yield among soybean breeding lines. **Crop Science**, v.26, p.469-472, 1986.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. Eliane Romanato Santarém et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719p.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação aos dados obtidos no trabalho, nota-se claramente que o atraso da semeadura ocasionou a redução do ciclo das plantas bem como a redução de seus índices biométricos e da produtividade, mais pronunciadamente após o estágio fenológico V9. A cultivar FPS Urano RR após o florescimento, apresenta pouca variação da biometria nas diferentes épocas de semeadura, devido ao seu hábito de crescimento determinado, diferentemente das demais cultivares.

O IAF foi o caractere morfológico com maior correlação com a produtividade, e para todas as cultivares foi maior nas semeaduras precoces. Porém destaca-se a importância de um maior período de enchimento de sementes, principalmente para a cultivar BMX Energia RR, pois a taxa de enchimento de sementes mostrou-se semelhante entre as épocas de semeadura, sendo que o maior período de enchimento de sementes das plantas na primeira época de semeadura, aliada a alta e constante taxa de enchimento de sementes, refletiu na alta produtividade, principalmente para esta cultivar.

O número de sementes por vagem, por nó ou por área não difere conforme a época de semeadura, mostrando ser uma característica intrínseca de cada cultivar, pelo menos nas condições edafoclimáticas a que as plantas foram submetidas no presente trabalho.

Com exceção da cultivar BRS 284, infere-se que a massa de sementes é maior tanto por nó, quanto por área ou pela massa específica da semente, nas semeaduras precoces, devido provavelmente ao maior IAF responsável por nutrir as sementes e principalmente ao maior período de enchimento de sementes. Vale ressaltar que a cultivar BRS 284 foi a que apresentou maior IAF podendo ser este o fator que contribuiu para que a massa específica das sementes, bem com a produtividade dessa cultivar se mantivesse estável nas três épocas de semeadura testadas. A empresa obtentora da cultivar BRS 284 cita que esta cultivar apresenta boa adaptabilidade, como também foi verificado no presente estudo, podendo-se desta maneira, inferir que esta cultivar é uma boa alternativa no caso da necessidade de semeadura tardia.

Os estudos sobre sucessão trigo soja são de muita importância para a região, visto a grande utilização dessas duas culturas para a Região Centro-Sul do Estado do Paraná. A base para obtenção de melhores resultados da cultura da soja está na época da semeadura, aliado com os genótipos das cultivares. Além de possibilitar a escolha de cultivares mais adaptadas a

determinadas épocas de semeadura, o trabalho contribui com o estudo aprofundado das características das plantas, indicando as características morfológicas e os índices fisiológicos desejáveis para a obtenção de cultivares mais adaptadas a determinadas épocas de semeadura.