

# 3

## EXIGÊNCIAS EDAFOCLIMÁTICAS

*Amilton Ferreira da Silva<sup>1</sup>  
Tuneo Sediyama<sup>2</sup>  
Aluizio Borem<sup>3</sup>*

O cultivo da soja no Brasil inicialmente era restrito à Região Sul, por ser uma planta originada e domesticada na China (30 a 45° de L norte) encontrando assim condições semelhantes na China (30 a 45° de Brasil. Até os anos de 1970, a principal barreira era o fotoperíodo, uma vez que a soja é uma das espécies cultivadas mais sensíveis ao comprimento do dia, que regula a indução floral e o crescimento da cultura. Assim, os cultivares até esse período possuíam período juvenil curto e floresciam muito precocemente sob baixas latitudes. No entanto, a partir da década de 1970, os programas de melhoramento genético conseguiram introduzir genes que condicionaram as plantas a um período juvenil longo, possibilitando assim o cultivo em baixas latitudes.

Nas últimas décadas, com a correção da parte química dos solos do Cerrado, aliado a boas características físicas e de topografia e com melhorias nas práticas de manejo da cultura, a soja encontrou condições favoráveis para sua expansão e exploração do potencial produtivo. Sobretudo, além do solo, as condições de temperatura e umidade também foram fatores fundamentais. Nas últimas safras, o Brasil obteve a maior média de produtividade do mundo e com perspectiva de se tornar o maior produtor mundial dessa oleaginosa na safra 2013/2014. O conhecimento das condições de fotoperíodo, temperatura e umidade é fundamental para a expressão da capacidade produtiva da soja em cada época e local adequado.

### Solos

A cultura da soja exige solos profundos, que favorecem o desenvolvimento do sistema radicular, possibilitando que a planta explore maior volume de solo e, conseqüentemente, maior quantidade de nutrientes e água. Os solos de cerrado (predominantemente latossolos) apresentam boa profundidade e, após as correções necessárias, permitem que a cultura da soja alcance elevada produtividade. Além disso, solos mais profundos também são mais tolerantes à perda por erosão. A textura deve ser média, sendo uma das mais importantes características do solo. Aliado à textura, o solo deve apresentar boa estrutura (arranjo das partículas do solo) formando agregados que estão diretamente relacionados à absorção e movimentação de água no solo, aeração, penetração de raízes, facilidade de cultivo e erosão. O sistema de plantio direto da cultura da soja tem proporcionado formação de boa estrutura na camada superficial do solo, melhorando suas características físicas e químicas.

A topografia para o cultivo da soja deve ser plana ou com leve declividade, o que facilita as técnicas mecânicas de cultivo, além de ser uma característica importante para a conservação do solo, evitando a erosão. Também devem ser bem drenados, pois a soja não suporta encharcamento, e boa aeração para o desenvolvimento do sistema radicular. Para evitar erosão em solos com determinada declividade é importante, além de boa cobertura, a construção de curvas de nível

<sup>1</sup>Engenheiro-Agrônomo, M. S. e Doutorando em Fitotecnia da Universidade Federal Viçosa, E-mail: amilton@agronomo.eng.br

<sup>2</sup>Engenheiro-Agrônomo, Ph.D. em Genética e Melhoramento e professor titular da Universidade Federal de Viçosa, E-mail: tuneo@ufv.br

<sup>3</sup>Engenheiro-Agrônomo, Ph.D. em Genética e Melhoramento e professor associado da Universidade Federal de Viçosa, E-mail: borem@ufv.br

(geralmente terraços de base larga (6 a 12 m para solos com declividade < 8%), o que permite o cultivo em toda a sua extensão, em solos com declividade de 8 a 13%, recomendam-se terraços de base média (3 a 6 m).

## LUZ

### Radiação

A disponibilidade de radiação solar é um dos fatores que mais limitam o crescimento e desenvolvimento das plantas, pois toda a energia necessária para a realização da fotossíntese, processo que transforma o CO<sub>2</sub> atmosférico em energia metabólica, é proveniente da radiação solar.

No caso da cultura da soja, a radiação solar está relacionada com a fotossíntese, alongação de haste principal e ramificações, expansão foliar, pegamento de vagens e grãos e fixação biológica (CÂMARA, 2000). Maior eficiência no uso da radiação biológica importante para o rendimento da cultura da soja, principalmente durante o período de enchimento de grãos (SHIBLES; WEBER, 1966).

Por ser uma planta C<sub>3</sub>, a soja é menos eficiente na utilização de radiação solar e água, encontrando-se em desvantagem quando comparada com plantas daninhas do tipo C<sub>4</sub>, que competem por esses recursos durante o ciclo de desenvolvimento. A quantidade de luz e CO<sub>2</sub> determina a resposta fotossintética das folhas. Em algumas situações, a fotossíntese é limitada por um suprimento inadequado de luz e CO<sub>2</sub>, em outras, a absorção demasiada de luz pode provocar problemas sérios, razão pela qual mecanismos especiais protegem o sistema fotossintético de luz excessiva (TAIZ; ZIEGER, 2004).

As folhas absorvem o máximo de luz quando o limbo está perpendicular à luz incidente. A soja controla a absorção de luz ajustando-se ao limbo de forma que ele fique perpendicular aos raios solares. Assim, a planta consegue manter a máxima taxa fotossintética

permanente ao longo do dia, inclusive pela manhã e no final da tarde (TAIZ; ZIEGER, 2004).

A radiação solar, ao atingir a folha, pode ser refletida, absorvida ou transmitida, sendo isso influenciado pela densidade das folhas e pelo modo como essas folhas estão dispostas em relação à radiação incidente. Dessa forma, apenas parte dessa radiação incidente é aproveitada pelas plantas, sendo dependente de parâmetros físicos, biológicos e genéticos. Dentre esses, o índice de área foliar é um dos fatores que mais afeta a interceptação e o nível de atenuação da radiação.

O índice de área foliar (IAF) é definido pela soma de toda a superfície foliar em determinada área de solo. Assim, o IAF deve proporcionar interceptação em torno de 95% da quantidade de radiação solar (WELL, 1991), pois a produção de grãos vai depender da taxa fotossintética do dossel. O IAF de soja, necessário para garantir rendimentos elevados, varia entre 3,5 e 4,5 m<sup>2</sup> para cada m<sup>2</sup> de área de solo, ou seja, uma relação aproximada de 4:1. Dessa forma, deve-se cultivar soja com o objetivo de obter esse IAF o mais rápido possível, para melhor aproveitamento dos recursos do ambiente e, consequentemente, maior produtividade. Assim, fatores como temperatura e fotoperíodo adequados estão ligados diretamente a época e local de semeadura, bem como as características de cada genótipo, que são fundamentais.

A utilização de cultivares de grupo de maturidade inadequado para determinada região pode reduzir o tempo para o florescimento, o que reflete negativamente no desenvolvimento da área foliar e, consequentemente, na otimização dos fatores primários de produção orgânica (radiação solar, fotossíntese) (RODRIGUES, 2006).

Gassen (2002) afirma que, com base na biologia da planta, é preciso manter a área foliar e estabelecer a decisão de controle de pragas ou doenças foliares, a partir das necessidades da planta e evitar índices de desfolhamento causados por insetos ou por doenças. Plantas de soja com IAF 7:1 toleram mais de 40% de desfolhamento, enquanto aquelas com IAF 3:1 não o permitem.

A quantidade de área foliar ótima é complexa, pois os cultivares possuem diferentes características. Dessa forma, o valor exato depende, além do cultivar, da intensidade de luz, forma e ângulo

da folha, dentre outros fatores. O número de folhas, por sua vez, depende da taxa de desenvolvimento e da manutenção dessas folhas verdes no caule e nos ramos laterais. O incremento de carbono na planta de soja não está somente relacionado à taxa de troca de  $\text{CO}_2$  das folhas individualmente, mas também à área total de folhas da planta e à duração da área foliar (BEGONIA et al., 1987).

## Fotossíntese

A soja é classificada como espécie de ciclo  $\text{C}_3$ , isto é, pertence ao grupo das espécies de plantas cultivadas que fixam  $\text{CO}_2$  pelo ciclo de Calvin, e os primeiros produtos estáveis da sua fotossíntese são as trioses, denominadas ácido 3-fosfoglicérico (3-PGA) e glicerato, constituídas por três átomos de carbono. A rubisco é a enzima responsável pela carboxilação, portanto, apresenta atividade carboxilase e, ainda, oxigenase. Quando a concentração de  $\text{CO}_2$  é alta e a de  $\text{O}_2$  é relativamente baixa, a rubisco age como carboxilase.  $\text{F}_2$ , se a situação se inverte, ou seja, a concentração de  $\text{O}_2$  é relativamente mais alta que a de  $\text{CO}_2$ , a enzima opera como oxigenase.

No caso da soja (planta  $\text{C}_3$ ) há uma concentração mínima ou crítica de  $\text{CO}_2$ , abaixo da qual a planta não consegue fotossintetizar o 3-PGA, cessando a fotossíntese líquida e aumentando a respiração de suas reservas, que também serão consumidas pela fototranspiração, até que a planta morra por inanição. Essa concentração mínima ou crítica de dióxido de carbono é denominada **ponto de compensação de  $\text{CO}_2$** . No caso da soja, considera-se que 40 ppm de  $\text{CO}_2$ , em ambiente a 25 °C, seja o seu ponto de compensação. Estima-se que 10 a 50% do total do carbono fixado na fotossíntese são perdidos por intermédio da fototranspiração (MÜLLER, 1981; SHIBLES et al., 1987).

## Fotoperíodo

O fotoperíodo (número de horas de luz por dia) é o fator mais importante para se determinar a proporção relativa entre os períodos vegetativos e reprodutivos em plantas de soja. Além do crescimento, o fotoperíodo afeta a maturação, altura de planta, peso de sementes,

número de ramificações, vagens por planta etc. (BARROS; SIDIYAMA, 2009).

A soja é uma **planta de dias curtos (PDC)**, ou seja, floresce em fotoperíodos menores que um máximo crítico. A planta de soja é induzida a florescer se a duração do dia for igual ou inferior àquele valor crítico que caracteriza o cultivar. Dessa forma, na ausência do comprimento de dia favorável para induzir a expressão dos processos reprodutivos, a planta de soja pode continuar seu crescimento vegetativo. Ao contrário, sob influência do fotoperíodo adequado, o florescimento pode ser induzido mais precocemente. Em razão desses fatores, considerando-se as estações do ano, a soja é semeada na primavera/verão e floresce quando os dias já estão se encurtando no verão.

A diferença de resposta à luz pela planta de soja está relacionada ao **fotoperíodo crítico** inerente a cada cultivar, ou seja, o número de horas de luz (fotoperíodo) menor ou máximo capaz de induzir uma planta ao florescimento, desde que esta esteja apta a perceber a variação do comprimento do dia. Desse modo, a indução floral provoca a transformação dos meristemas vegetativos em reprodutivos (primórdios florais), determinando o tamanho final das plantas (número de nós) e, portanto, seu potencial de rendimento.

Na cultura da soja, há uma diversidade de cultivares com exigências fotoperiódicas diferentes. Isso é muito importante do ponto de vista agrícola, pois possibilita ao melhoramento genético grande variabilidade de respostas das plantas, podendo então adaptar os fenótipos às disponibilidades de cada região de cultivo. Assim, para uma mesma latitude, certos cultivares podem ser de maturação precoce ou tardia, dependendo do fotoperíodo crítico exigido para que ocorra a indução ao florescimento, ou seja, se dois cultivares forem semeados na mesma data, o que tiver fotoperíodo crítico maior irá florescer antes, pois será induzido mais precocemente, enquanto o cultivar com fotoperíodo crítico menor será induzido mais tardiamente (Figura 3.1).

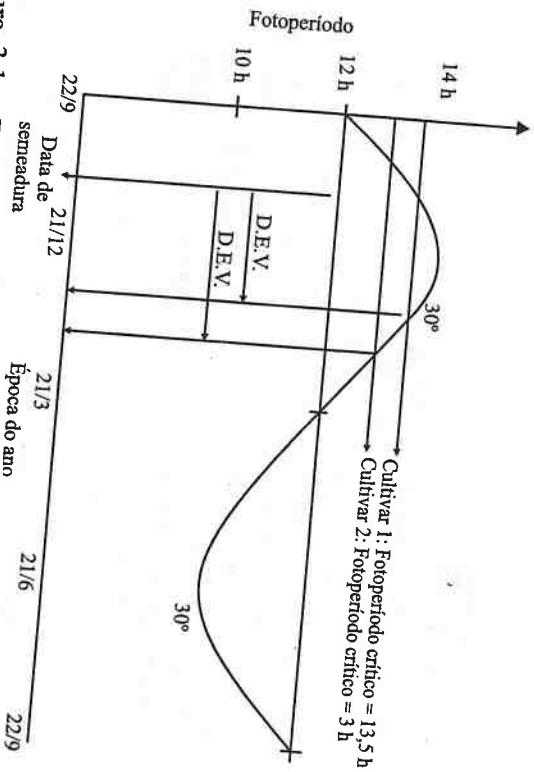


Figura 3.1 - Dois cultivares de soja semeados na mesma data, em latitude de 30°. Cultivar 1: com fotoperíodo crítico de 13,5 h (mais precoce) e; Cultivar 2: com fotoperíodo crítico de 13 h (mais tardio), DEV = Duração do estágio vegetativo.

No entanto, apesar de cada cultivar possuir fotoperíodo crítico específico, a percepção do fotoperíodo crítico para que este seja induzido ao florescimento depende do período juvenil, que pode ser curto ou longo.

Nos cultivares com **período juvenil curto (PJC)**, a percepção fotoperiódica ocorre quando surge a folha unifoliolada (Estádio V1). Ou seja, se a partir desse estágio o fotoperíodo for menor ou igual ao fotoperíodo crítico desse cultivar, o florescimento poderá ocorrer entre 15 e 20 dias após a indução (Estádios V3 e V4) (BARROS; SEDYAMA, 2009). Isto explica o fato de o PJC ser recomendado para a Região Sul do Brasil, em latitudes superiores a 20°, onde a época de semeadura os dias são mais longos, retardando assim a indução, proporcionando tempo suficiente para que as plantas alcancem altura adequada e número de nós (gemas reprodutivas) antes da percepção do fotoperíodo crítico, à medida que os dias se tornam

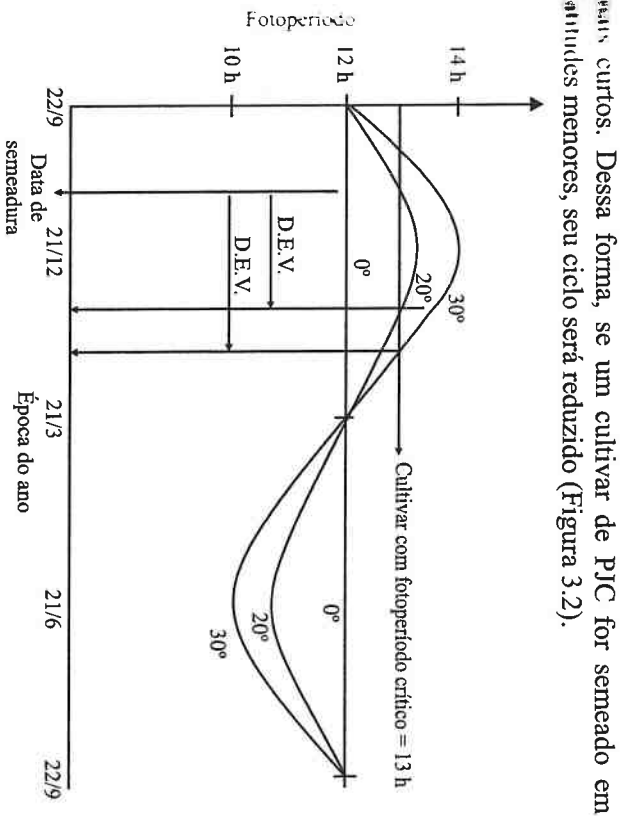


Figura 3.2 - Cultivar de soja com fotoperíodo crítico de 13 h semeadado na mesma época, em duas latitudes diferentes (quanto menor a latitude, mais precocemente a planta é induzida ao florescimento). DEV = Duração do estágio vegetativo.

À proporção que a latitude diminui, a amplitude entre horas de luz e de escuro é reduzida, ou seja, na época de cultivo da soja, essas regiões (Cerrado) já possuem fotoperíodos menores em relação aos da Região Sul, em razão disso, que, seria antieconômica a adoção de cultivares de PJC, pois estas floresceriam muito precocemente, resultando em plantas de porte baixo com pouca produtividade de grãos e impossibilidade de colheita mecanizada. No entanto, para essas regiões, por meio do melhoramento genético, introduziu-se a característica de período juvenil longo.

Nos cultivares com **período juvenil longo (PJL)**, a indução ao florescimento ocorre a partir da 5ª e a 7ª folha trifoliolada, ou seja, até esse estágio, mesmo na condição de fotoperíodo crítico, as plantas não são induzidas a florescer, possibilitando que ela tenha período

vegetativo suficiente para atingir seu potencial produtivo. Portanto, os cultivares de PJI são mais indicados para as regiões tropicais do Brasil.

É importante ressaltar que ciclo e juvenilidade podem ser independentes, ou seja, existem cultivares com período juvenil curto de ciclo precoce e tardio e também aqueles de período juvenil longo latitude onde o cultivar é semeado. O fator que definirá o ciclo é faixa de cultivares por faixas de latitude (grupos de maturidade), para que sejam semeados em local e época com fotoperíodo adequado para o seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. No Brasil, a época de semeadura recomendada para a maioria dos estados produtores é entre meado de outubro e meado de dezembro, preferencialmente em novembro (Mais detalhes no Capítulo 6: Cultivares).

O pigmento responsável por desencadear esse processo de indução na soja é chamado de fitocromo. Ele absorve radiação dentro das faixas do vermelho (500 a 600 nm de comprimento de onda) e vermelho distante (600 a 700 nm de comprimento de onda), adquirindo alternadamente, duas estruturas distintas simbolizadas por  $P_{660}$  e  $P_{730}$ . Na presença da radiação solar, o fitocromo se converte por processo e se acumula na forma de  $P_{660}$ . Assim, na condição de dias curtos, a forma  $P_{660}$  acumula-se por um longo tempo, induzindo plantas a florescerem (TAIZ; ZIEGER, 2004).

## Umidade

A disponibilidade de água é importante durante todo o desenvolvimento da cultura; no entanto, o período de germinação-emergência e o de floração e enchimento de grãos são os mais críticos. Para que ocorra a germinação, a semente precisa absorver pelo menos 50% do seu peso em água. Nesse período, a umidade no solo deve estar entre 50 e 85% da capacidade de campo.

À proporção que a planta se desenvolve, a necessidade de água vai aumentando, chegando ao máximo durante a floração e o enchimento de grãos, decrescendo após esse período. A necessidade

de água na cultura da soja, para obtenção do máximo rendimento, varia entre 450 e 800 mm/ciclo, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do ciclo do cultivar (EMBRAPA, 2010).

## Temperatura

A temperatura ideal para a rápida germinação das sementes de soja está em torno de 30°. A soja é mais bem adaptada a temperaturas entre 20 e 30 °C, sendo a temperatura ideal para seu crescimento e desenvolvimento em torno de 30 °C. O crescimento vegetativo da soja é pequeno ou nulo a temperaturas menores ou iguais a 10 °C. Temperaturas acima de 40 °C têm efeito adverso na taxa de crescimento, pois provocam distúrbios na floração e diminuem a capacidade de retenção de vagens (EMBRAPA, 2010).

A floração da soja somente é induzida em temperaturas acima de 13 °C. As diferenças de data de floração, entre anos, apresentadas por um cultivar semeado numa mesma época, são devido às variações de temperatura. Assim, a floração precoce acontece, principalmente em decorrência de temperaturas mais altas, podendo acarretar diminuição na altura de planta. Esse problema pode se agravar se, paralelamente, houver insuficiência hídrica e, ou, fotoperiódica durante a fase de crescimento. Diferenças de data de floração entre cultivares, numa mesma época de semeadura, são devido, principalmente, à resposta diferencial dos cultivares ao comprimento do dia (fotoperíodo) (EMBRAPA, 2010).

Em ambientes com fotoperíodo constante, é a temperatura que influencia grandemente o tempo de florescimento (GARNER; ALLARD, 1930), existindo uma relação inversa entre a temperatura média e o número de dias necessários para a floração (RODRIGUES et al., 2001). Para qualquer cultivar, a taxa de desenvolvimento da planta está diretamente relacionada à temperatura. Assim, a duração de tempo entre os diferentes estádios será variável conforme as mudanças de temperatura entre e dentro da estação de crescimento. A duração desses subperíodos é determinada pelo grau de sensibilidade termofotoperiódica do genótipo. Dessa forma, em dias longos, a taxa

de desenvolvimento dos órgãos reprodutivos é menor e, em baixas temperaturas, há diminuição no número de primórdios reprodutivos e na taxa de desenvolvimento (RODRIGUES et al., 2001).

A nodulação da soja também é influenciada pela temperatura. Maior massa de nódulos e fixação de nitrogênio são observadas quando a temperatura do solo está em torno de 27°. As temperaturas elevadas e o estresse hídrico, muitas vezes atuando juntos, são os principais fatores ambientais limitantes à fixação biológica de N nos trópicos, afetando a simbiose em todos os estádios (HUNGRIA et al. 2001).

A maturação também pode ser acelerada pela ocorrência de altas temperaturas. A qualidade das sementes é afetada negativamente quando a umidade e a temperatura estão altas, mas temperaturas baixas na fase de maturação, associadas aos períodos chuvosos ou de alta umidade, podem atrasar a data de colheita, uma vez que as hastes ainda estão verdes e há retenção foliar (EMBRAPA, 2010).

## Referências

- BARRROS, H.B.; SEDYAMA, T. Luz, umidade e temperatura. In: SEDYAMA, T. (Ed.). *Tecnologias de produção e usos da soja*. Londrina, PR: Mecenas, 2009. p. 17-27.
- BEGONIA, G.B.; HESKETH, J.D.; FREDERICK, J.R.; FINKE, R.L.; PETTIGREW, W.T. Factors affecting leaf duration in soybean and maize. *Photosynthetica*, v. 21, p. 285, 1987.
- CÂMARA, G.M.S. (Ed.). *Soja: tecnologia da produção II*. Piracicaba, SP, 2000. 450 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2011*. [S.l.]: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste, 2010. 255 p.
- GARNER, W.W.; ALLARD, H.A. Photoperiodic response of soybeans in relation to temperature and other environmental factors. *Journal of Agricultural Research*, Washington, v. 41, n. 10, p. 719-735, 1930.
- GASSEM, D. N. O índice de área foliar em soja. 2002. Disponível em: <http://agrolink.com.br/columnistas/ColunaDetalhe.aspx?CodColuna=390>. Acesso em: 17 Ago. 2013.
- HERNANDEZ, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I.C. Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2001. 48 p. (Embrapa Soja, Circular Técnico, 35; Embrapa Cerrados; Circular Técnico, 13).
- MILLER, L. Fisiologia. In: MYIASAKA, S.; MEDINA, J.L. (Ed.). *A soja no Brasil*. Campinas, SP, 1981. p. 109-29.
- RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M. C.; DIDONET, A.; LAMBHY, J.C.B.; SÓRIO, I. Efeito do fotoperíodo e da temperatura do ar no desenvolvimento da área foliar em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). [S.l.]: Embrapa, 2006. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 33).
- RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; LHAMBY, J.C.B.; BERTAGNOLLI, P.F.; LEVZ, J.S. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, n. 3, p. 31-437, 2001.
- SHIBLES, R.M.; SECOR, J.; FORD, D.M. Carbon assimilation and metabolism. In: WILCOX, J. R. *Soybeans: improvement, production and uses*. 2. ed. Madison, Wisconsin, 1987. p. 535-588.
- SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. *Crop Science*, v. 6, n. 1, p. 55-59, 1966.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: ArtMed, 2004. 719 p.
- WELL, R. Soybean growth response to plant density: relationships among canopy photosynthesis, leaf area light interception. *Crop Science*, n. 31, n. 3, p. 755-761, 2002.