



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA  
CURSO DE AGRONOMIA**

**MAYARA OLIVEIRA ROCHA**

**IDENTIFICAÇÃO DE AMBIENTE PROPÍCIO À HIBRIDAÇÃO DA  
SOJA NO CEARÁ**

**FORTALEZA**

**2017**

MAYARA OLIVEIRA ROCHA

IDENTIFICAÇÃO DE AMBIENTE PROPÍCIO À HIBRIDAÇÃO DA SOJA NO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. D.Sc Júlio César do Vale Silva

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

R574i Rocha, Mayara Oliveira.

Identificação de ambiente propício à hibridação da soja no Ceará / Mayara Oliveira Rocha. – 2017.  
49 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Júlio César do Vale Silva.

1. Glycine max (L) Merrill. 2. parâmetros fisiológicos. 3. caracteres agronômicos. 4. melhoramento vegetal.  
5. obtenção de híbridos. I. Título.

CDD 630

---

MAYARA OLIVEIRA ROCHA

IDENTIFICAÇÃO DE AMBIENTE PROPÍCIO À HIBRIDAÇÃO DA SOJA NO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

D.Sc Júlio César do Vale Silva (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

M.Sc Tamiris Pereira da Silva (Coorientadora)  
Universidade Federal do Ceará

---

D.Sc Rosilene Oliveira Mesquita (Avaliadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Eng. Agrônoma Ingrid Pinheiro Machado (Avaliadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Primeiramente a Deus, por me dar força e coragem durante toda esta caminhada. Aos meus pais e minha irmã.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre presente em minha vida, não me desamparando nos momentos em que preciso, minha fonte de força, sabedoria e proteção.

Aos meus pais, Carlos Alberto Rocha da Costa e Marília Oliveira Rocha que são meus maiores incentivadores e me apoiaram durante todo esse período.

À minha irmã, Vitória Oliveira Rocha por entender quando tinha que ficar com a luz do quarto acesa para estudar quando ela queria dormir.

Ao meu avô, Raimundo de Oliveira Costa por estar olhando por mim junto ao Pai. À minha avó Maria Vilma Rocha, às minhas tias Jane Cristina Rocha, Solange Rocha, Rejane Rocha, aos meus tios Jean Carlos Rocha e Fred Ferreira, minha prima Rayssa Rodrigues por sempre se mostrarem orgulhos das minhas conquistas.

À Universidade Federal do Ceará pela oportunidade de realização do curso. E ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Prof. Dr. Júlio César do Vale Silva, pela sua ótima orientação, pelas suas contribuições e pelos conhecimentos a mim transmitidos durante a graduação.

Aos membros da banca examinadora, por aceitarem fazer parte dela e pelas contribuições para melhorar a qualidade deste trabalho.

A todos os amigos que estiveram comigo contribuindo de alguma forma e compartilhando momentos de alegria e aprendizado, Lya Serpa; Bárbara Vanderlei; Dandara Ramos; Marina Monteiro, Valeria do Nascimento, Higor Ximenes, David Bruno Teixeira, Tamiris Pereira e Bruna Aires da Silva.

Às minhas amigas do intercâmbio Julia Tricca, Rafaela Borges, Isabela Ayres, Renata Gonzaga, Daniela Pegolo, Thais Daufenbach e Luísa Braga por deixarem o sonho de estudar fora do país mais leve e feliz.

“Deus, é forte, Ele é grande, e quando Ele quer não tem quem não queira. ” (Ayrton Senna)

## RESUMO

Atualmente, a soja é cultivada em todas as regiões do Brasil e isso contribui para que o país seja o segundo maior produtor mundial. A região Nordeste do país está em terceiro lugar no *ranking* de produção e o estado do Ceará apresenta condições favoráveis para ser um grande produtor dentro desta região. Todavia, é necessário se obter cultivares adaptados via melhoramento genético e para iniciar esse processo devem-se promover hibridações. Assim, objetivou-se com esse estudo identificar um ambiente propício para a prática de hibridação da soja no estado do Ceará. Para isso, foram instalados cinco ensaios (ambientes) em diferentes condições de campo com três cultivares de soja. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições. Os ambientes analisados foram os seguintes: pleno sol em Fortaleza -CE; casa de vegetação com telado de 30% em Fortaleza - CE; casa de vegetação com telado de 50% em Fortaleza – CE; casa de vegetação com telado de 70% em Fortaleza – CE e a pleno sol em Pacoti - CE. Foram realizadas análises relacionadas a fisiologia da cultura, considerando os principais parâmetros fisiológicos, e ao rendimento da cultura, considerando os principais caracteres agronômicos da cultura. Os parâmetros fisiológicos foram mensurados com o auxílio do aparelho IRGA nas fases de pré-florescimento e pré-enchimento de grãos. Os caracteres agronômicos foram analisados após a maturação das plantas. O ambiente de Pacoti – CE, a pleno sol foi mais favorável para a soja baseando-se em parâmetros fisiológicos. Já, em relação aos caracteres agronômicos, o ambiente com telado de 30% apresentou melhores resultados. Entretanto, ao analisar o conjunto dos caracteres, o ambiente com telado de 30% foi o que apresentou as melhores condições. Contudo, estudos posteriores deverão ser realizados adicionando outros atributos biológicos, como volume floral, taxa de pegamento e taxa de abortamento, dentre outros, que permitirão concluir com mais consistência qual a melhor condição para a prática de hibridação da soja no Ceará.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L) Merrill; parâmetros fisiológicos; caracteres agronômicos; melhoramento vegetal; obtenção de híbridos

## ABSTRACT

Brazil is the second largest producer of soybeans in the world and currently, this crop is cultivated in all regions of the country. The Northeast region is in third place in the ranking of production and the state of Ceara can be seen as a potential producer within this region. However, it is necessary to obtain cultivars adapted via genetic improvements and to initiate this process, hybridizations must be promoted. Thus, the objective of this study was to identify a favorable environment for the practice of hybridization in soybean in the state of Ceara. For this, five tests (environments) were installed in different field conditions, with three soybean cultivars. The experimental design was a randomized block design with three replications. The environments analyzed were this: full sun in Fortaleza-CE; vegetation house with 30% screen in Fortaleza – CE; vegetation house with 50% screen in Fortaleza – CE; vegetation house with 70% screen in Fortaleza – CE and full sun in Pacoti – CE. Were realize analysis related with plant physiology, considering the main physiological parameters and related with crop yield, considering the main agronomic traits for the crop. The physiological parameters were analyzed with the help of the IRGA device in the phases of pre-flowering and pre-filling. The agronomic characters were analyzed after the maturation of the plants. The environment located in Pacoti – CE, in full sun was the most favorable for soybean based on physiological parameters. While, in relation with agronomic traits, the vegetation house with 30% screen presented better results. However, when analyzing the set of variables, the environment with 30% screen is the one that presents better conditions in general for both the physiological parameters and the agronomic characters. But, further studies should be conducted by adding other attributes, such as floral volume, crosses glue rate and abortion rate, among others, which will allow to conclude with more consistency about the best condition for the hybridization practice in soybean in Ceara.

**Keywords:** *Glycine max* (L) Merrill; physiological parameters; agronomic traits; plant breeding; obtaining hybrids

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Croqui dos ensaios conduzidos com três cultivares de soja em cinco ambientes distintos em Fortaleza e Pacoti no estado do Ceará, 2017.....	29
---	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resumo das análises de variância na fase de pré-florescimento para os parâmetros taxa fotossintética líquida ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), concentração interna de carbono ( $C_i$ ), transpiração ( $E$ ), relação entre concentração interna e externa de carbono ( $C_i/C_a$ ), eficiência instantânea de carboxilação ( $A/C_i$ ), taxa de transporte de elétrons (ETR), eficiência do fotossistema II ( $\phi$ PS2), temperatura limítrofe da folha (TLF) e temperatura interna da folha (TIF) avaliados em três cultivares de soja em cinco ambientes distintos entre Fortaleza e Pacoti no estado do Ceará, 2017.....	34
Tabela 2	Resumo das análises de variância na fase de pré-enchimento para os parâmetros taxa fotossintética líquida ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), concentração interna de carbono ( $C_i$ ), transpiração ( $E$ ), relação entre concentração interna e externa de carbono ( $C_i/C_a$ ), eficiência instantânea de carboxilação ( $A/C_i$ ), taxa de transporte de elétrons (ETR), eficiência do fotossistema II ( $\phi$ PS2), temperatura limítrofe da folha (TLF) e temperatura interna da folha (TIF) avaliados em três cultivares de soja em cinco ambientes distintos entre Fortaleza e Pacoti no estado do Ceará, 2017.....	35
Tabela 3	Médias nas fases de pré-florescimento e pré-enchimento dos grãos dos parâmetros taxa fotossintética líquida ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), concentração interna de carbono ( $C_i$ ), relação entre concentração interna e externa de carbono ( $C_i/C_a$ ), eficiência instantânea de carboxilação ( $A/C_i$ ), taxa de transporte de elétrons (ETR), eficiência do fotossistema II ( $\phi$ PS2), temperatura limítrofe da folha (TLF) e temperatura interna da folha (TIF) avaliados em três cultivares de soja em cinco condições distintas entre Fortaleza e Pacoti no estado do Ceará, 2017.....	39
Tabela 4	Resumo das análises de variância para os caracteres agronômicos altura de planta (AP), altura da inserção da primeira vagem (AV), número de dias para florescimento (NPF), número de vagens por planta (NVP), percentual de sementes chochas (PSC), número de sementes viáveis (NSV), massa de 100 sementes ( $M_{100S}$ ) e massa total de sementes ( $M_{TOT}$ ) avaliados em três cultivares de soja em quatro condições distintas. Fortaleza - CE, 2017.....	40

Tabela 5	Médias dos caracteres altura de planta (AP), altura da inserção da primeira vagem (AV), número de dias para florescimento (NPF), número de vagens por planta (NVP), percentual de sementes chochas (PSC), número de sementes viáveis (NSV), massa de 100 sementes ( $M_{100S}$ ) e massa total de sementes ( $M_{TOT}$ ) avaliados em três cultivares de soja em quatro condições distintas em Fortaleza no estado do Ceará, 2017.....	41
----------	--	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	16
<b>2.1 Aspectos gerais da soja (<i>Glycine max</i> (L) Merrill)</b> .....	16
2.1.1 <i>Produção de soja no mundo</i> .....	16
2.1.2 <i>Importância socioeconômica no Brasil</i> .....	16
2.1.3 <i>Aspectos botânicos</i> .....	17
2.1.4 <i>Fenologia</i> .....	18
2.1.5 <i>Caracteres agronômicos</i> .....	19
<b>2.2 Fisiologia da soja</b> .....	20
2.2.1 <i>Ciclo C<sub>3</sub></i> .....	20
2.2.2 <i>Parâmetros fisiológicos</i> .....	21
<b>2.3 Influência das condições ambientais na hibridação</b> .....	24
2.3.1 <i>Fotoperíodo</i> .....	24
2.3.2 <i>Temperatura</i> .....	25
2.3.3 <i>Umidade</i> .....	26
<b>2.4 Melhoramento genético</b> .....	27
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	29
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	33
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	44
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	45

## 1 INTRODUÇÃO

A soja cultivada é originária do Nordeste da China. Considerada uma das culturas mais antigas, o primeiro relato de soja no Brasil é de 1882 (BLACK, 2000). É uma cultura anual, autógama, herbácea, com germinação epígea, pertencente ao gênero *Glycine*, família *Fabaceae*, espécie *Glycine max* (L) Merrill. O seu grão é rico em proteínas e óleo, sendo bastante utilizado na alimentação humana e animal (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015).

A soja pode ser considerada responsável por grandes mudanças no cenário do agronegócio brasileiro a partir de 1960. Com a consolidação da soja na região do Cerrado, o Brasil tornou-se o segundo produtor mundial da cultura, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. Na safra 2015/2016, a cultura ocupou uma área de 33,17 milhões de hectares, o que totalizou uma produção de 95,63 milhões de toneladas (CONAB, 2017).

Atualmente, com o início da colheita avançando, projeta-se um crescimento de 12,8% na produção desta leguminosa. Na Região Norte-Nordeste ocorreu o maior incremento percentual da área plantada no país – 11,7%. O somatório das expectativas para a temporada 2016/17 indica uma continuada tendência de crescimento da área plantada, atingindo 1,9% a mais em relação à safra passada, o que totalizará 33.889,9 mil hectares, com uma expectativa no volume de produção de 113.923 mil toneladas (CONAB, 2017).

A adaptabilidade de cultivares de soja a determinadas regiões depende das exigências térmicas, hídricas e, principalmente, fotoperiódicas. A sensibilidade ao fotoperíodo é uma característica variável entre cultivares, nos quais, a faixa de adaptabilidade pode ser restrita ou ampla ao longo das latitudes (SHIGIHARA; HAMAWAKI, 2005). Em razão disto, grande parte da área mundial cultivada com essa cultura está localizada em latitudes maiores que 30°, onde prevalecem condições de clima temperado. O Brasil representa uma exceção dentro desse contexto (ALMEIDA *et al.*, 1999). Os estados da região Nordeste que se destacam na produção deste grão são Bahia, Maranhão e Piauí, no entanto, o Ceará apresenta condições muito favoráveis para o cultivo desta leguminosa e pode contribuir nos próximos anos para aumentar o volume da produção nacional (OLIVEIRA FILHO, 2011).

Neste contexto, pode-se dizer que o melhoramento genético é um grande aliado no processo de expansão e desenvolvimento desta cultura no país, pois pode contribuir continuamente para a obtenção de novos cultivares mais bem adaptados e produtivos em diferentes condições edafoclimáticas. Para isso, são realizadas hibridações com o intuito de reunir fenótipos desejáveis de dois ou mais genitores em um único genótipo. Entretanto, como

a soja é uma espécie autógama, o processo de hibridação é feito artificialmente, o que demanda condições apropriadas para que a hibridação seja bem-sucedida. Isso porque as flores são muito sensíveis às variações de temperatura, radiação e umidade relativa do ar e, se emasculadas em condições não ideais secam ou são abortadas e com isso deixam de produzir sementes, mesmo que a polinização tenha sido realizada com sucesso (BONETTI, 1983).

O grau de sucesso das hibridações depende das condições edafoclimáticas durante todo o ciclo das plantas, principalmente durante as fases de florescimento e enchimento dos grãos (BORÉM; ALMEIDA; KIIHL, 1999). Neste sentido, é de certa forma esperado que os ambientes que reúnem as melhores condições para expressão favorável dos parâmetros fisiológicos e caracteres agronômicos apresentem também as melhores condições para a realização de hibridação. Portanto, análises relacionadas a fisiologia e ao rendimento da cultura devem ser consideradas na busca de um ambiente propício a hibridação.

Baseado no exposto, o presente estudo teve por objetivo identificar pelo menos um ambiente propício a prática de hibridação da soja no Estado do Ceará.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Aspectos gerais da soja (*Glycine max* (L) Merrill)

A soja é uma espécie originária da Ásia, e vem sendo cultivada há centenas de anos. Apesar de não ser conhecida mundialmente como alimento básico, a soja é uma das culturas mais importantes do mundo, principalmente como fonte de proteína e óleo vegetal (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015).

Essas características da planta de soja fazem dela importante matéria prima e possibilita seu emprego também como adubo verde e forrageiro na alimentação animal. O óleo extraído do seu grão é utilizado na alimentação humana, produção de biodiesel, como desinfetante, lubrificante e outros fins. O farelo é importante na alimentação humana, animal e fabricação de outros produtos (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015).

#### 2.1.1 *Produção de soja no mundo*

A economia cada vez mais globalizada tem sido o principal propulsor responsável pelo aumento da produção de soja. Segundo o USDA, para junho de 2017 a estimativa de produção mundial é de 351.311 com 120.958 milhões de hectares plantados. Os Estados Unidos segue sendo o maior produtor com uma produção de 117.208 milhões de toneladas e o Brasil ocupa a segunda colocação com 113.923 milhões de toneladas (USDA, 2017).

O grande incremento na produção mundial de soja pode ser atribuído a diversos fatores, dentre os quais merece destaque: o elevado teor de óleo (em torno de 20%) e proteína (em torno de 40%) de excelente qualidade encontrada nos grãos; a soja é uma *commodity* padronizada e uniforme, podendo ser produzida e negociada por produtores de diversos países, apresentando alta liquidez e demanda; e, sobretudo nas últimas décadas, houve expressivo aumento da oferta de tecnologias de produção, que permitiram ampliar significativamente a área cultivada e a produtividade da oleaginosa (LAZZAROTTO; HIRAKURI, 2010).

#### 2.1.2 *Importância socioeconômica no Brasil*

O desempenho observado nas diversas regiões produtoras na safra 16/17 indica uma continuada tendência de crescimento da área plantada, atingindo o percentual de 1,9% em relação à safra passada (15/16), totalizando 33.889,9 mil hectares, com uma expectativa de produção de 113.923 mil toneladas (CONAB, 2017)

Atualmente, a soja é cultivada em todas as regiões do Brasil. A região Centro-Oeste lidera o *ranking* com uma estimativa de produção de 50.149,9 mil toneladas na safra de 16/17, seguida pela região Sul com uma produção de 40.533,9 mil toneladas. O Nordeste já se destaca na produção do grão, ficando em terceiro lugar com uma produção de 9.669,4 mil toneladas na safra de 16/17 (CONAB, 2017).

Os estados do Maranhão, Piauí e Bahia lideram a produção do grão na região Nordeste, porém pode-se enxergar o Ceará como potencial produtor. Mesmo com pouca participação atual no volume de produção, foi nesse estado que Oliveira Filho (2011) observou as maiores produtividades (4,3 toneladas por hectare) quando comparado aos outros estados da região.

A expansão da soja na região Nordeste propiciou um grande crescimento econômico nos estados produtores nos últimos anos, gerando empregos e alavancando o desenvolvimento de muitas cidades. Entretanto, a infraestrutura da região ainda não é o suficiente para comportar a capacidade da produção, por isso, a necessidade de investimentos em vias de transportes e demais logística, para um escoamento mais eficiente da produção (OLIVEIRA FILHO, 2011).

### **2.1.3 Aspectos botânicos**

A soja pertence à classe *Dicotyledoneae*, ordem *Rosales*, família *Fabaceae*, subfamília *Papilionaceae*, gênero *Glycine* L. e espécie *Glycine max* (L.) Merrill (GAZZONI, 1994). As flores desta espécie são completas e ocorrem em racemos terminais ou axilares. O cálice é tubular, formado por cinco sépalas de tamanhos diferentes, parcialmente unidos e persistentes. A corola é formada por cinco pétalas de coloração branca ou roxa ou branca com a base roxa (bicolor). As carenas não são soldadas, mas formam uma câmara contendo os órgãos masculinos e femininos, favorecendo assim a autopolinização. A soja, portanto, é uma espécie autógama e a cleistogamia é responsável pela baixa taxa de alogamia nesta espécie. Todavia, podem ocorrer alguns cruzamentos naturais, sendo as abelhas e os tripes os principais agentes (SEDIYAMA; TEIXEIRA; REIS, 2013).

É uma cultura anual, com germinação epígea da semente, é herbácea, possui ciclo de vida de 70 a 200 dias, tem hábito de crescimento ereto a prostrado, apresenta resistência à deiscência das vagens, tipo de crescimento (determinado, semideterminado ou indeterminado), resistência a pragas, doenças, herbicidas e alta produtividade (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM,

2015). A germinação inicia com o contato da semente ao solo, que deve apresentar boas condições de temperatura, arejamento e suprimento de água.

O sistema radicular da soja é constituído por uma raiz principal e raízes secundárias (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015). A radícula do embrião cresce para baixo, dando origem a raiz principal e, posteriormente, desenvolvem-se nela as ramificações. O caule principal desenvolve-se a partir do eixo embrionário e o número e o tipo de ramificações dependem das particularidades da constituição genética de cada cultivar, bem como do espaço disponível para o desenvolvimento das plantas. Uma planta de soja, durante o seu desenvolvimento, pode apresentar quatro tipos distintos de folhas: cotiledonares, unifolioladas, trifolioladas e os prófilos (MULLER, 1981).

#### **2.1.4 Fenologia**

A caracterização dos estádios de desenvolvimento é fundamental para o estabelecimento de um organizado sistema de produção, por meio do manejo adequado da lavoura. Portanto, a terminologia padronizada para a descrição dos estádios de desenvolvimento da soja é essencial para melhor compreensão dos profissionais e produtores. O desenvolvimento da soja compreende duas principais fases, a vegetativa e a reprodutiva. A duração de cada uma delas é controlada geneticamente e influenciada por condições ambientais (NOGUEIRA *et al.*, 2009).

As subdivisões da fase vegetativa são designadas como VE (emergência) e VC (estádio de cotilédone). A partir do estágio VC, os estádios vegetativos (V) são definidos e numerados à medida que as folhas dos nós superiores se apresentam completamente desenvolvidos. Um nó vegetativo com folhas completamente desenvolvidas é identificado quando no nó vegetativo acima dos folíolos não está enrolado e nem dobrado, ou seja, quando as extremidades dos folíolos não mais se tocam (MESQUITA, 2015).

Entre a abertura dos cotilédones (VC) e o quinto nó vegetativo formado (V5), uma nova folha se forma a cada cinco dias e a partir do estágio V5, a cada três dias até logo após o início da granação das vagens (R5), quando o número máximo de nós vegetativos é atingido. O tempo necessário para a passagem do estágio vegetativo para o reprodutivo, varia com o cultivar e com as condições ambientais (MESQUITA, 2015).

Os estádios reprodutivos são denominados pela letra R seguida dos números um até oito e descrevem detalhadamente o período do florescimento a maturação. Os estádios reprodutivos abrangem quatro distintas fases do desenvolvimento reprodutivo da planta, ou

seja, florescimento (R1 e R2), desenvolvimento da vagem (R3 e R4), desenvolvimento do grão (R5 e R6) e maturação da planta (R7 e R8) (FARIAS; NEUMAIER; NEPOMUCENO, 2007).

### **2.1.5 Caracteres agronômicos**

Um bom cultivar de soja é aquele que reúne uma série de fenótipos desejáveis, principalmente para os caracteres agronômicos “chaves” da cultura. Neste sentido, o que se busca atualmente é uma planta com altura acima de 50 cm e máxima em torno de 110 cm, dependendo da nota de acamamento; altura de inserção da primeira vagem maior que 10 cm; haste herbácea; porte ereto; resistência ao acamamento e a deiscência das vagens; resistência a doenças; pragas e nematóides; qualidade da semente; elevado teor de óleo e proteína; alto rendimento dos grãos; estabilidade da produção; maturação uniforme; alta capacidade para fixação de N<sub>2</sub>; tolerância ao alumínio e ao manganês que são tóxicos e período juvenil longo (PJJ) ou fase não suscetível ao fotoperíodo. Estas características (fenótipos) variam entre cultivares e são alteradas pelas condições ambientais e densidade de semeadura (MARCHIORI *et al.*, 1999; YOKOMIZO; DUARTE; VELLO, 2000).

A temperatura é um fator que exerce influência em todas as fases fenológicas da soja. Há uma interação entre fotoperíodo e temperatura, temperaturas altas encurtam o período de florescimento e este efeito é mais acentuado em dias curtos (SHIGIHARA; HAMAWAKI, 2005; CRUZ; PEIXOTO; MARTINS, 2010). Segundo Borém, Almeida e Kiihl (1999), fotoperíodos mais curtos durante a estação de crescimento da soja reduzem o período vegetativo e causam reduções na produtividade e no porte das plantas. A latitude também influencia; quanto menor, mais rápido os genótipos de soja florescem por atingirem o fotoperíodo crítico em menor tempo.

A altura de planta em soja é condicionada pela duração do período vegetativo (DESTRO *et al.*, 2001) e dependendo da resposta fotoperiódica do cultivar, a planta pode ter altura reduzida. A altura da inserção da primeira vagem também é influenciada pelo ambiente, logo, parcelas com plantas mais baixas também apresentam menor altura de inserção da primeira vagem (NAKAGAWA; MACHADO; ROSOLEM, 1985). Uma expressão favorável desse caráter é fundamental na recomendação de um cultivar numa dada região, pois pode apresentar correlação com o rendimento de grãos, a facilidade no controle de plantas daninhas bem como nas perdas durante a colheita mecanizada (CARTTER; HARTWIG, 1967).

A produtividade da cultura é definida pela interação entre a planta, o ambiente e o manejo. Altos rendimentos somente são obtidos quando as condições ambientais são favoráveis

em todos os estádios de crescimento da soja (GILIOLI *et al.*, 1995). Entre os componentes de produção destacam-se o rendimento de grãos, o número de vagens por planta e a massa de 100 ou 1.000 grãos (NEVES, 2011). Vários autores, dentre eles Board, Kang e Harville (1997), verificaram que o número de vagens por planta é o caráter que mais contribui para o rendimento de grãos em leguminosas, uma vez que apresenta as maiores correlações com a produção.

Segundo Fehr e Caviness (1981), a maioria dos ganhos na produção resultam de aumentos no número total de vagens por planta, principalmente quando se obtêm maiores rendimentos. Os limites superiores para o número de sementes por vagem e tamanho da semente são definidos geneticamente. Porém, esses dois componentes ainda podem variar o suficiente para produzir aumentos consideráveis de rendimento.

## **2.2 Fisiologia da soja**

### **2.2.1 Ciclo $C_3$ do carbono**

A soja é classificada como espécie de ciclo  $C_3$ , isto é, pertence ao grupo das espécies de plantas cultivadas que fixam  $CO_2$  pelo ciclo de Calvin-Benson, uma vez que os primeiros produtos estáveis da sua fotossíntese são as trioses denominadas de ácido 3-fosfoglicérico (3-PGA) e glicerato, constituídas por três átomos de carbono. Tem-se observado grande quantidade de glicerato, que parece ser derivada de uma hidrólise enzimo-catalizada do PGA, confirmada pela rápida conversão, na ausência de luz, do PGA para glicerato (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015). Além do 3-PGA, os outros produtos primários da fotossíntese são: alanina, serina, glicina e glicolato. Em seguida, como produtos secundários da fotossíntese da soja, observa-se: glucose, frutose, sacarose, rafinose, manose, ácido aspártico e ácido málico. As folhas mais novas sintetizam mais aminoácidos essenciais do que as folhas mais velhas (MULLER, 1981).

No processo fotossintético da fixação do  $CO_2$ , ocorre a reação da carboxilação e posterior quebra da pentose denominada ribulose 1,5-bifosfato. Esta reação é catalisada pela enzima ribulose-bifosfato-carboxilase-oxigenase, que apresenta maior afinidade pelo  $CO_2$  e menor pelo  $O_2$ , que são utilizados como substrato pela enzima. Em presença de maior concentração de  $O_2$ , este substitui o  $CO_2$  resultando na oxigenação da ribulose-difosfato, em vez de sua carboxilação. Conseqüentemente, não se forma o 3-PGA; em seu lugar, ocorre a síntese de fosfoglicolato que ao sofrer hidrólise enzimática origina o glicolato, substrato da fotorrespiração (MESQUITA, 2015).

Em plantas C<sub>3</sub>, o aumento da concentração do CO<sub>2</sub> atmosférico acima do ponto de compensação estimula a fotossíntese em uma ampla taxa de concentração. Em concentrações de CO<sub>2</sub> baixas a intermediárias, a fotossíntese é limitada pela capacidade da carboxilação da rubisco. Em concentrações de CO<sub>2</sub> altas, a fotossíntese torna-se limitada pela capacidade de o ciclo de Calvin-Benson regenerar a molécula aceptora ribulose-1,5-bifosfato, que depende das taxas de transporte de elétrons. Contudo, a fotossíntese continua a crescer com o aumento do CO<sub>2</sub> porque a carboxilação toma o lugar da oxigenação pela rubisco (LORIMER; BUCHANAN; WOLOSUK, 2013).

Assim, a fotorrespiração trata-se de um mecanismo regulador da fixação de CO<sub>2</sub>, quando a pressão parcial de oxigênio é alta e a de dióxido de carbono é baixa. Para as espécies de ciclo C<sub>3</sub> existe uma concentração mínima ou crítica de CO<sub>2</sub>, 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 fotorrespiração, até que a planta morra por inanição. Essa concentração mínima ou crítica de dióxido de carbono é denominada de ponto de compensação de CO<sub>2</sub>. Para a soja, considera-se que 40 ppm de CO<sub>2</sub> 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 fotorrespiração (LEHNINGER, 1976; MULLER, 1981; SHIBLES; SECOR; FORD, 1987).

### 2.2.2 *Parâmetros fisiológicos*

A intensidade luminosa, a temperatura, a concentração de CO<sub>2</sub>, o teor de nitrogênio da folha e a umidade do solo são fatores que afetam a atividade fotossintética dos vegetais (MARENCO; LOPES, 2005). A taxa fotossintética está diretamente relacionada à radiação fotossinteticamente ativa (composição da luz), aos fatores de disponibilidade hídrica e às trocas gasosas (NAVES - BARBIERO *et al.*, 2000).

A variação da taxa fotossintética acontece de acordo com o desenvolvimento da planta e dos fatores ambientais, devido à alteração na força dreno, na arquitetura e estrutura foliar do dossel vegetativo. É relacionada com a expansão foliar e aumenta de modo gradativo durante o estágio vegetativo para o reprodutivo, atingindo valores máximos no período de enchimento de grãos (CASAROLI *et al.*, 2007).

A taxa de fotossíntese líquida pode ser influenciada pela condutância estomática. De modo geral, as plantas quando estão sob algum tipo de estresse reduzem a condutância

estomática e a transpiração e aumentam a eficiência do uso da água. Nessas condições, a taxa de fotossíntese também acaba sendo reduzida (FERRAZ *et al.*, 2012).

A redução da condutância estomática pode limitar a taxa de retenção de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente, a concentração de CO<sub>2</sub> diminui nos espaços intercelulares devido ao seu consumo pela atividade fotossintética (LORIMER; BUCHANAN; WOLOSUIK, 2013). Segundo Blankenship (2013), a concentração interna de CO<sub>2</sub> é importante porque a produtividade de uma planta pode ser analisada como o produto da energia solar interceptada e do CO<sub>2</sub> fixado durante um período. Uma menor concentração interna de CO<sub>2</sub> estimula a abertura dos estômatos, aumentando a condutância estomática e conseqüentemente permitindo maior entrada de CO<sub>2</sub> para a cavidade subestomática (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009). Na presença de quantidade adequada de luz e ausência de estresse, como déficit hídrico, concentrações mais altas de CO<sub>2</sub> sustentam taxas fotossintéticas elevadas, enquanto que em concentrações intercelulares de CO<sub>2</sub> muito baixas a fotossíntese é limitada (BLANKENSHIP, 2013).

A capacidade de assimilação fotossintética de CO<sub>2</sub> dos tecidos foliares depende em grande parte do seu conteúdo da enzima rubisco. O aumento da concentração interna de CO<sub>2</sub> até o valor em que fotossíntese e respiração se equilibram define o ponto de compensação do CO<sub>2</sub>. Em plantas C<sub>3</sub>, o aumento da concentração do CO<sub>2</sub> atmosférico acima do ponto de compensação estimula a fotossíntese em uma ampla taxa de concentração (SANDQUIST; EHLERINGER, 2013). O parcial fechamento estomático, leva a diminuição da condutância estomática e conseqüentemente promove o aumento no CO<sub>2</sub> subestomático, aumentando a relação entre a concentração interna e externa de CO<sub>2</sub> (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009).

Relacionar a taxa fotossintética com a concentração de CO<sub>2</sub> interna permite determinar as capacidades bioquímicas com relação a fotossíntese e ver o quanto os fatores internos e externos afetam os componentes da fotossíntese (SHARKEY *et al.*, 2007). Para Machado *et al.*, (2005), a eficiência instantânea de carboxilação possui estreita relação com a concentração intracelular de CO<sub>2</sub> e com a taxa de assimilação de dióxido de carbono. Estes autores concluíram que a temperatura ótima, onde são obtidos os valores mais expressivos para a relação da taxa fotossintética com a concentração interna de carbono, situam-se entre 20 °C e 30 °C.

A temperatura afeta todas as reações bioquímicas da fotossíntese, assim, não é surpreendente que as respostas à temperatura sejam complexas. As taxas fotossintéticas mais elevadas observadas em resposta ao aumento de temperatura representam a resposta à temperatura ótima. Quando a temperatura ótima para uma determinada planta é ultrapassada, as taxas fotossintéticas decrescem (SANDQUIST; EHLERINGER, 2013). Temperaturas em

torno de 30 °C são consideradas ótimas para o crescimento e desenvolvimento da cultura. As temperaturas consideradas moderadamente altas (35 a 42 °C) podem causar danos diretos ao aparato fotossintético (WISE *et al.*, 2004). Em elevadas temperaturas, a taxa máxima de assimilação de carbono pode ser inibida por diminuir a condutância estomática (RENNENBERG *et al.*, 2006). A temperatura interna das folhas é naturalmente mais alta que a temperatura ambiente por conta das reações metabólicas (FERREIRA *et al.*, 2011).

Segundo Araújo e Deminicis (2009), a fluorescência da clorofila permite verificar a atividade do transporte de elétrons da fotossíntese da folha, fornecendo uma análise detalhada da inibição da fotossíntese induzida pelo estresse. Em termos funcionais, temperaturas baixas, afetam a transferência de energia entre os diversos trocadores de elétrons que constituem a cadeia transportadora de elétrons fotossintéticos.

A razão entre a fluorescência variável e a fluorescência máxima é a máxima eficiência fotoquímica, e expressa a eficiência de captura de energia de excitação pelos centros de reação abertos do fotossistema II o que pode representar a eficiência quântica do transporte de elétrons. Esta medida pode mostrar a que ponto o fotossistema II está utilizando a energia absorvida pela clorofila e a extensão que ele está sendo danificado pelo excesso de luz (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009).

A fotossíntese e a transpiração apresentam um caminho em comum, ou seja, o CO<sub>2</sub> difunde-se para o interior da folha e a H<sub>2</sub>O difunde-se para fora, através da abertura estomática. Ao mesmo tempo que esses processos são independentes, grandes quantidades de água são perdidas durante os períodos fotossintéticos. Essa elevada taxa de perda de água também remove calor das folhas mediante esfriamento evaporativo, mantendo-as relativamente frias sob condições de luz solar plena (SANDQUIST; EHLERINGER, 2013).

Uma maior taxa de transpiração pode aumentar a espessura da camada limítrofe de vapor de água existente na interface folha - ar, aumentando a resistência à entrada de CO<sub>2</sub> através dos estômatos. A espessura da camada limítrofe é determinada principalmente pela velocidade do vento e pelo tamanho da folha. Quando o ar que circunda a folha encontra-se muito parado, a camada de ar parado junto à superfície foliar pode ser tão espessa que se torna a principal barreira à perda de vapor de água pela folha. As folhas grandes dos vegetais têm resistência mais alta da camada limítrofe e dissipam menos energia térmica (por unidade de área) quando comparadas com folhas pequenas (HOLBROOK, 2013).

## 2.3 Influência das condições do clima na hibridação

Fatores ambientais como período do dia, condições de umidade e temperatura devem ser levados em conta durante a emasculação e polinização das flores. As flores de soja mostram-se sensíveis as altas temperaturas e à baixa umidade relativa do ar. Quando emasculadas nestas condições secam, rapidamente, não ocorrendo a fecundação (MUNIZ, 2007). Em virtude das condições ambientais serem variáveis, o melhorista deve variar o período de emasculação de acordo com cada condição. Quando os genótipos diferem em seu ciclo, deve-se utilizar o escalonamento das datas de semeaduras para que haja coincidência no florescimento (BONETTI, 1983).

Hibridações artificiais realizadas em condições de campo, em Viçosa – MG, no plantio de verão, apresentam em média de 10 a 20% de sucesso, enquanto em condições de casa de vegetação essa média sobe para 70 a 80%. Hibridações realizadas durante o outono, mesmo em condições naturais, o sucesso está em torno de 50% (SEDIYAMA; TEIXEIRA; REIS, 2013). Segundo Toledo *et al.*, (1994), em Londrina – PR, o índice de pega nos cruzamentos artificiais em soja, nas condições de campo, é de 30 a 35%, enquanto que em condições de casa de vegetação pode atingir em torno de 70 a 85%. A polinização é mais eficiente quando realizada na parte da tarde, após as 15 horas, seguida de irrigação das plantas.

### 2.3.1 Fotoperíodo

O fotoperíodo é o fator mais importante para se determinar a proporção relativa entre os estádios vegetativos e reprodutivos da planta de soja, uma vez que influencia diretamente a indução floral e, conseqüentemente, o crescimento, maturação, altura da planta, massa das sementes, número de ramificação e outras características (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015).

A soja é considerada planta de dia curto (PDC), portanto só floresce ou é estimulada a florescer precocemente quando recebe iluminação por um período inferior a um certo número de horas por dia (MESQUITA, 2015). Os cultivares convencionais, na grande maioria, são altamente sensíveis a mudanças entre latitudes ou datas de semeadura devido às suas respostas às variações no fotoperíodo (HARTWIG; KIIHL, 1979). Nas regiões tropicais, os fotoperíodos mais curtos durante a estação de crescimento da soja reduzem o período vegetativo (florescimento precoce) e causam reduções na produtividade e no porte das plantas. Existem relatos de alguns genótipos insensíveis ou neutros aos efeitos do fotoperíodo (CRISWELL;

HUME, 1972), porém esses genótipos são muito precoces para serem usados no desenvolvimento de cultivares para as médias e baixas latitudes no Brasil.

A indução floral provoca a transformação dos meristemas vegetativos (diferenciação de talos e folhas) em reprodutivos (primórdios florais), determinando o tamanho final das plantas (número de nós) e, portanto, seu potencial de rendimento (RODRIGUES *et al.*, 2001). Além disso, detectou-se que em cultivares de ciclo semitardio, quanto menor a sobreposição do desenvolvimento das fases vegetativa e reprodutiva, melhor será a distribuição da energia, canalizada na fase reprodutiva exclusivamente para o desenvolvimento de flores e grãos e, conseqüentemente, incrementando o rendimento (LAÍNEZ-MEIJÍA, 1996).

O fotoperíodo também possui importante papel na diferenciação dos órgãos florais (ZHANG; WANG; HESKETH, 2001) e na formação do grão de pólen (NIELSON, 1942), o que pode influenciar no sucesso da hibridação.

O uso da característica período juvenil longo foi a solução encontrada por alguns melhoristas de soja para retardar o florescimento em condições de dias curtos (HARTWIG; KIIHL, 1979; HINSON, 1989; KIIHL; GARCIA, 1989). Durante a fase juvenil, a soja não é induzida a florescer mesmo quando submetida a fotoperíodo indutivo bem curto. O controle do florescimento e, conseqüentemente do porte da planta, representa um fator básico a ser considerado no melhoramento para o desenvolvimento de cultivares menos sensíveis às variações de data de semeadura e com adaptação em faixas de latitudes mais baixas (ALMEIDA *et al.*, 1999).

### **2.3.2 Temperatura**

A soja melhor se adapta a temperaturas do ar entre 20 °C e 30 °C. A temperatura ideal para a rápida germinação das sementes está em torno de 30 °C. O crescimento vegetativo é pequeno ou nulo a temperaturas menores ou iguais a 10 °C. Temperaturas acima de 40 °C tem efeito adverso na taxa de crescimento, pois provocam distúrbios na floração e diminuem a capacidade de retenção de vagens (FARIAS; NEUMAIER; NEPOMUCENO, 2007).

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. 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 temperatura é um dos fatores mais importantes, o qual não tem como controlar em campo, uma das saídas que os melhoristas estão encontrando, é a realização dos cruzamentos em casas de vegetação, onde os fatores limitantes podem ser controlados, aumentando o sucesso dos cruzamentos (DAUERNHEIMER *et al.*, 2015). O fornecimento de luz suplementar e o controle da temperatura são condições mais facilmente controladas em casa de vegetação. A temperatura diária ótima para o crescimento e reprodução da soja está entre 25 e 30° C. (BORÉM; ALMEIDA; KIIHL, 1999). Condições de altas temperaturas associadas a baixas taxas de umidade do ar diminuem as taxas de pegamento, aumentando as taxas de abortamento das vagens.

### **2.3.3 Umidade**

A disponibilidade de água é importante durante todo o desenvolvimento da cultura. No entanto, os períodos de germinação e emergência, de floração e enchimento de grãos são os mais críticos. A necessidade máxima de água ocorre durante a floração e o enchimento de grãos, decrescendo após esse período (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015).

Nas hibridações realizadas em campo, a escassez hídrica é considerada é considerada a principal causa do aborto de flores e vagens. As plantas podem murchar quando a evapotranspiração é elevada, mesmo quando a umidade do solo está adequada. Irrigações suplementares são usadas para minimizar esse problema (BORÉM, 2013). A flor, para ser utilizada como botão floral masculino ou genitor masculino ou flor doadora/polinizadora, deve estar em bom estágio de desenvolvimento, ter o estandarte expandido e que tenha sido aberto no dia do cruzamento. Apesar de este ser o estágio ideal, é importante verificar se a flor está soltando pólen (SEDIYAMA; SILVA; BORÉM, 2015).

Altas taxas de umidade relativa do ar, podem dificultar o processo de hibridação, pois dificultam o desprendimento do pólen das anteras. Dependendo do local, é possível realizar hibridação com sucesso, em qualquer horário do dia (GILIOLI; ALMEIDA; KIIHL, 1980). A coleta de flores polinizadoras logo de manhã, com estocagem em dessecadores, e os cruzamentos realizados no período da tarde tem sido comum entre os melhorista de soja; dessa forma os maiores índices de pega dos cruzamentos são obtidos quando ocorre liberação do pólen com facilidade (BORÉM, 2013).

## 2.4 Melhoramento genético

A expansão agrícola deu-se devido ao processo contínuo de desenvolvimento de tecnologia nacional de produção de soja, principalmente aquela relacionada ao desenvolvimento de novos materiais genéticos, adaptados às diferentes condições ecofisiológicas (KIIHL; ALMEIDA, 1992; KASTER; MENOSSO, 1992).

No desenvolvimento de cultivares de soja, várias características podem ser consideradas. Alta produtividade, estabilidade de produção e ampla adaptação agrônômica aos mais variados ambientes são as principais características de um bom cultivar. Estabilidade de produção é conferida pela introdução de resistência a doenças, nematóides e insetos e pela introdução de características agrônômicas especiais para tolerância aos fatores limitantes relacionados com o solo e clima, como capacidade de penetração profunda de raízes, adaptação a solos mais ácidos e de menor fertilidade, alta qualidade fisiológica da semente, dentre outros, permitindo a planta tolerar os fatores adversos que podem comprometer a produção (ALMEIDA *et al.*, 1999).

A produção mundial de soja concentra-se em latitudes maiores que 30°, prevalecendo condições de clima temperado (VERNETTI, 1983). Dentre os principais produtores (EUA, Brasil, Argentina e China), só o Brasil possui áreas cultivadas em latitudes menores que 30° (SPEHAR; MONTEIRO; ZUFFO, 1993). Neste contexto, os programas de melhoramento buscam desenvolver genótipos com característica de período juvenil longo, por causa das limitações no porte e na produtividade (PALUDZYSZYN FILHO; KIIHL; ALMEIDA, 1993), uma vez que essas características estão em função do período de crescimento vegetativo da soja ser reduzido consideravelmente em latitudes menores, em consequência da indução precoce do florescimento (SPEHAR; MONTEIRO; ZUFFO, 1993).

A resposta dos diferentes cultivares à variação ambiental vem crescendo com os trabalhos que visam identificar cultivares mais adaptadas ao sistema produtivo, e contribui para o desenvolvimento da soja em condições de baixa latitude das regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste. O desenvolvimento destas cultivares, adaptadas ao Cerrado e a baixa latitude, tem propiciado a expansão da fronteira agrícola brasileira, especialmente em regiões de climas tropical e subtropical, como verificado nas últimas três décadas (LIMA *et al.*, 2008).

No melhoramento genético da soja normalmente estão envolvidas várias fases, desde o desenvolvimento das populações, processos de seleção e avaliações das linhagens. Em uma primeira fase, são desenvolvidas as populações segregantes, através de hibridação artificial, para atender aos objetivos gerais e específicos dos programas de melhoramento

(ALMEIDA *et al.*, 1999). Com a hibridação é possível obter indivíduos diferentes dos existentes na população, sendo necessário recorrer ao cruzamento de duas ou mais cultivares para conseguir plantas que reúnam novas e melhores características agronômicas. Para aumentar a variabilidade genética e permitir recombinação gênica são feitas hibridações na forma de cruzamentos simples, duplos e/ou múltiplos para formar as populações onde serão feitas as seleções. Na seleção dos parentais a serem combinados, são consideradas as características agronômicas desejáveis que a nova cultivar deve possuir (BACAXIXI *et al.*, 2011).

Em seguida, essas populações são conduzidas por várias gerações até que se obtenha um alto grau de homozigose genética. Em outra fase, a partir de populações em gerações mais avançadas, são selecionadas plantas para o estabelecimento de testes de progênie e seleção de linhagens possuindo características agronômicas desejáveis. Na fase seguinte, avalia-se produtividade e estabilidade de produção em um grande número de linhagens. Necessariamente, na seleção de genótipos superiores, é obrigatório empregar ensaios de avaliação, repetidos em vários ambientes (locais e anos), para poder identificar a interação do genótipo com o ambiente e a possível adaptação em função da produtividade e da estabilidade (ALMEIDA *et al.*, 1999).

Os métodos de melhoramento mais utilizados no avanço de gerações das populações segregantes são: genealógico (*pedigree*), população (*bulk*), genealógico modificado (SSD - *single seed descent*) e retrocruzamento simples. Os métodos SSD e *bulk* são os mais utilizados no programa de melhoramento da Embrapa Soja. Entretanto, modificações e/ou combinações de métodos também são usadas alternativamente no processo de avanço de gerações. O método do retrocruzamento é bastante utilizado na incorporação de características importantes em cultivares elites ou no desenvolvimento de populações envolvendo parentais não adaptados. O método de introduções é mais aplicado em programas de melhoramento dependentes de germoplasma melhorado (linhagens e cultivares) desenvolvido em outros programas (ALMEIDA *et al.*, 1999).

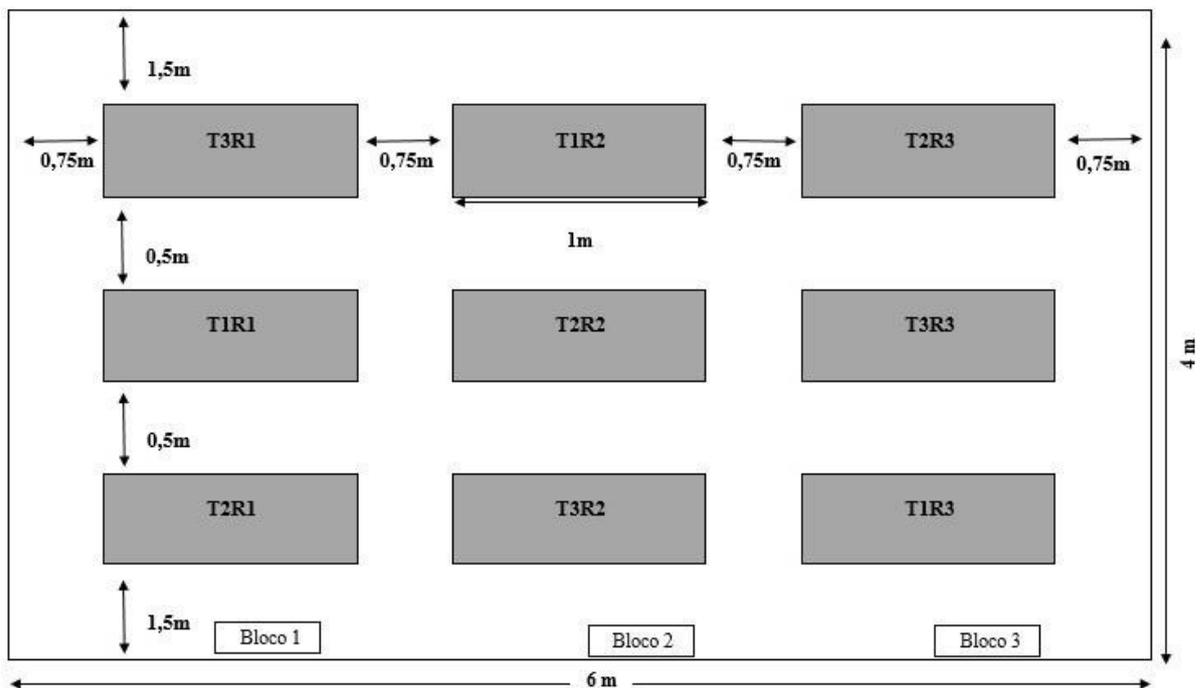
Os estados que constituem a região Nordeste visam cultivares que sejam produtivas e adaptadas, às condições climáticas da região. Já que a introdução e expansão da soja nessas regiões sofrem determinadas limitações que se situam nos aspectos físicos, ambientais, econômicos e sociais (NEVES, 2011). As pesquisas em melhoramento de soja para essa região, são caracterizadas principalmente por introduções e seleções de cultivares e linhagens (SEDIYAMA; TEIXEIRA; REIS, 2013).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos condições de campo em Fortaleza – CE, na Horta didática da Universidade Federal do Ceará e em Pacoti – CE, em área particular. Os tratamentos consistiram em cinco ambiente distintos: Os ensaios foram conduzidos em cinco ambientes distintos: pleno sol (Fortaleza – CE); casa de vegetação com telado de 30% (Fortaleza – CE); casa de vegetação com telado de 50% (Fortaleza – CE), casa de vegetação com telado de 70% (Fortaleza – CE) e pleno sol (Pacoti – CE).

Foram usados três cultivares de soja nos ensaios: BMX PONTA 7166; NS 6906 IPRO e TMG 7062 IPRO. O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados (DBC), com três repetições. As parcelas foram constituídas por uma fileira de 1 m, com plantas espaçadas por 0,1 m (área de 1m<sup>2</sup>) e fileiras por 0,5 m. Em todos os ambientes, os espaçamentos, o número de parcelas e o número de plantas utilizados foram os mesmos (Figura 1).

Figura 1 – Croqui dos ensaios conduzidos com três cultivares de soja em cinco ambientes distintos entre Fortaleza e Pacoti no estado do Ceará, 2017.



A semeadura foi realizada em 29 de janeiro de 2016 com uma semente por cova. As plantas daninhas foram controladas por meio de capinas manuais. A irrigação foi feita manualmente com auxílio de regador uma vez por dia no final da tarde. Dez dias após a semeadura, observou-se ataque de lagarta as plântulas nos experimentos instalados em

Fortaleza e o controle foi realizado por meio de dois inseticidas: Connect (não efetivo) e Decis (efetivo). Foi realizada apenas uma aplicação de cada produto.

O desenvolvimento das plantas foi acompanhado em cada unidade experimental para a determinação dos estádios fenológicos, com ênfase para a fase reprodutiva avaliada de acordo com Fehr e Caviness (1981). Dessa forma, todas as determinações experimentais seguiram uma metodologia uniforme nos cinco experimentos. Foram realizadas análises relacionadas ao rendimento e a fisiologia da cultura, considerando caracteres agrônômicos e parâmetros fisiológicos.

Os parâmetros fisiológicos foram analisados com o auxílio do aparelho IRGA (Analisador de gás por infravermelho, modelo LICOR LI6400XT). Foram realizadas medidas no pré-florescimento, no dia 24 de fevereiro em Fortaleza e no dia 25 de fevereiro em Pacoti. E no pré-enchimento de grãos no dia 21 de março em Fortaleza e dia 28 de março em Pacoti. Todas as medidas foram realizadas entre 8:00 e 11:00. A análise foi feita no terceiro par de folhas em bom estado fitossanitário e totalmente expandidas, em duas plantas por parcela. Foram avaliados os seguintes parâmetros fisiológicos:

- a) Taxa fotossintética líquida ( $A$ ): medida em  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$  que expressa o quanto de fotossíntese a planta está realizando no momento da leitura.
- b) Condutância estomática ( $g_s$ ): medida em  $\text{mol m}^2\text{s}^{-1}$  representa uma variável fundamental para prever o uso da água e a fotossíntese líquida.
- c) Concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ): a concentração interna de  $\text{CO}_2$ , medida em  $\mu\text{mol.mol}^{-1}$ , expressa o quanto de  $\text{CO}_2$  a planta assimila em determinado período de tempo.
- d) Transpiração ( $E$ ): medida em  $\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}$ , é o processo que permite a regulação da quantidade de água presente no interior das plantas.
- e) Relação entre a concentração interna e externa de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ): é a relação direta entre a concentração de  $\text{CO}_2$  na câmara subestomática e a concentração de  $\text{CO}_2$  no ambiente.
- f) Eficiência instantânea de carboxilação ( $A/C_i$ ): expressa a atividade da rubisco.
- g) Taxa de transporte de elétrons (ETR): medida em  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , é um parâmetro que mede a taxa de transporte de elétrons entre o PSII e PSI, dando uma indicação da fotossíntese global.
- h) Eficiência do fotossistema II ( $\phi\text{PS2}$ ): é o parâmetro mais usado para medir a proporção de luz absorvida pela clorofila associada ao PSII que é usada na fase fotoquímica da fotossíntese.
- i) Temperatura limítrofe da folha (TLF): temperatura da camada limítrofe da folha, expressa em  $^{\circ}\text{C}$ .

j) Temperatura interna da folha (TIF): temperatura interna da folha, expressa em °C.

Os caracteres agronômicos foram avaliados somente nos ensaios conduzidos em Fortaleza – CE. Os dados agronômicos de Pacoti foram coletados inadequadamente e não puderam ser aproveitados. Foram avaliados os seguintes caracteres:

- a) Altura das plantas (AP): medida em centímetros da base da planta, no solo, até a inserção do racemo no ápice da haste principal no estágio R8.
- b) Altura de inserção da primeira vagem (AV): medida em centímetros da base da planta, no solo, até a inserção da primeira vagem no estágio R8.
- c) Número de dias para florescimento (NDF): período que corresponde ao número de dias decorridos entre a semeadura e o florescimento (considerando que no mínimo 50% das plantas da parcela tinha pelo menos uma flor aberta).
- d) Número de vagens por planta (NVP): total de vagens por parcela divididas pelo número de plantas na parcela.
- e) Percentual de sementes chochas (PSC): proporção entre número de sementes que não “encheram” e o número total de sementes.
- f) Número de sementes viáveis (NSV): proporção entre o número de sementes que encheram e se mostram viáveis e o número total de sementes.
- g) Massa de 100 sementes ( $M_{100S}$ ): massa em gramas de 100 sementes da parcela ao atingirem a maturidade fisiológica.
- h) Massa total de sementes ( $M_{TOT}$ ) (gramas): massa de todas as sementes produzidas na parcela ao atingirem a maturidade fisiológica.

Após verificação da normalidade dos dados e da constatação da homogeneidade entre os erros dos ensaios, foram realizadas as análises de variância conjunta para todos os caracteres agronômicos bem como para aqueles relacionadas aos parâmetros fisiológicos. Usou-se o seguinte modelo genético-estatístico:

$$Y_{ijk} = m + b_k + g_i + a_j + g_{aj} + e_{ijk}$$

em que:  $Y_{ijk}$  é o valor fenotípico observado no  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo ambiente e na  $k$ -ésima repetição (bloco);  $m$  é a média geral dos ensaios;  $b_k$  é o efeito de blocos considerado como fixo;  $g_i$  é o efeito de genótipo considerado como fixo;  $a_j$  é o efeito de ambiente considerado como fixo;  $g_{aj}$  é o efeito da interação genótipos por ambientes considerado como fixo e  $e_{ijk}$  é o erro associado do  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo ambiente e na  $k$ -ésima repetição (bloco).

Posteriormente, foi realizado o teste de comparação de médias, usando o teste de Tukey a 5% de probabilidade, para aqueles efeitos que apresentaram diferença estatística nas

análises de variância. Todas as análises foram realizadas pelo aplicativo computacional em Genética e Estatística GENES (CRUZ, 2013).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito de genótipo foi não significativo para todos os parâmetros avaliados na fase de pré-florescimento (Tabela 1). Já o efeito da interação genótipos por ambientes apresentou diferença apenas para o caráter condutância estomática. No geral esses resultados mostram que os genótipos não apresentaram diferenças e que seus desempenhos não diferiram de um ambiente para o outro. Ora, de certa forma esse resultado já era esperado, pois selecionaram-se cultivares mais similares geneticamente, na tentativa de observar variação apenas entre os ambientes estudados, que é tema central do presente trabalho. Assim, verificou-se que o efeito de ambiente foi significativo para todos os parâmetros avaliados, exceto a transpiração, denotando que os ambientes foram suficientemente contrastantes e que devem gerar condições distintas de cultivo e/ou para hibridação.

Resultados semelhantes foram observados na fase de pré-enchimento de grãos, exceto para o caráter condutância estomática, que não foi significativo (Tabela 2). Isso reitera a divergência dos ambientes estudados, indicando que há uma condição melhor para cultivar soja e, muito provavelmente, para promover hibridação. Os coeficientes de variação experimental seguem a magnitude dos coeficientes observados em outros trabalhos com soja desta natureza (PALHARINI, 2016), o que reflete alta confiabilidade das estimativas geradas neste estudo.

As maiores taxas fotossintéticas na fase de pré-florescimento foram observadas a pleno sol nas condições de Fortaleza, embora não tenham diferenciado estatisticamente daquelas taxas observadas em Pacoti, também a pleno sol (Tabela 3). Na fase de pré-enchimento de grãos, as maiores taxas de fotossíntese foram verificadas no ambiente com telado de 30%, mas não diferiu estatisticamente daquelas taxas observadas a pleno sol em Fortaleza e em Pacoti. Os valores da taxa de fotossíntese líquida, estão de acordo com o que foi observado por Costa (2003), que verificou um valor no dossel vegetativo de  $21,04 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , com uma temperatura de  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Na fase de pré-enchimento de grãos, são observadas maiores taxas fotossintéticas, em consequência de os órgãos reprodutivos tornarem-se drenos fortes e demandarem maiores quantidades de assimilados. Esses mesmos ambientes também geraram as maiores estimativas para a condutância estomática, o que de certa forma já era esperado, pois quanto mais abertos estão os estômatos maiores as taxas de absorção de  $\text{CO}_2$  e consequentemente maiores as taxas fotossintéticas.

**Tabela 1** - Resumo das análises de variância na fase de pré-florescimento para os parâmetros taxa fotossintética líquida (*A*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de carbono (*Ci*), transpiração (*E*), relação entre concentração interna e externa de carbono (*Ci/Ca*), eficiência instantânea de carboxilação (*A/Ci*), taxa de transporte de elétrons (*ETR*), eficiência do fotossistema II ( $\phi$  PS2), temperatura limítrofe da folha (*TLF*) e temperatura interna da folha (*TIF*) avaliados em três cultivares de soja em cinco ambientes distintos entre Fortaleza e Pacoti no estado do Ceará, 2017.

FV	GL	Quadrados médios									
		<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>Ci/Ca</i>	<i>A/Ci</i>	<i>ETR</i>	$\phi$ PS2	<i>TLF</i>	<i>TIF</i>
Bloco	2	7,968	$1,1 \times 10^{-3}$	262,2	$1,2 \times 10^{-5}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-4}$	256,38	$1,6 \times 10^{-3}$	2,703	2,887
Genótipo (G)	2	5,661	$3,9 \times 10^{-3}$	235,21	$2,5 \times 10^{-6}$	$1,4 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-4}$	533,4	$3,1 \times 10^{-3}$	1,02	1,134
Ambiente (A)	4	105,054**	$2,5 \times 10^{-2*}$	822,98**	$4,3 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-3*}$	$1,5 \times 10^{-3**}$	8380,43**	$4,8 \times 10^{-2**}$	40,827**	36,288**
G x A	8	5,176	$2,3 \times 10^{-2*}$	158,9	$7,3 \times 10^{-6}$	$1,1 \times 10^{-3}$	$5,1 \times 10^{-5}$	235,89	$1,3 \times 10^{-3}$	1,271	4,018
Resíduo	28	11,52	$8,1 \times 10^{-3}$	165,56	$4 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-4}$	353,66	$2,2 \times 10^{-3}$	0,487	0,913
Média		18,945	0,5286	312,89	$8,43 \times 10^{-3}$	0,813	$6,1 \times 10^{-2}$	139,42	0,3319	33,843	32,841
CV (%)		17,9	16,9	4,1	44,9	3,8	19,3	13,5	13,5	2,1	2,9

\* e \*\* significativos a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Os demais foram não significativos.

**Tabela 2** - Resumo das análises de variância na fase de pré-enchimento dos grãos para os parâmetros taxa fotossintética líquida (*A*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de carbono (*Ci*), transpiração (*E*), relação entre concentração interna e externa de carbono (*Ci/Ca*), eficiência instantânea de carboxilação (*A/Ci*), taxa de transporte de elétrons (*ETR*), eficiência do fotossistema II ( $\phi$  PS2), temperatura limítrofe da folha (*TLF*) e temperatura interna da folha (*TIF*) avaliados em três cultivares de soja em cinco ambientes distintos entre Fortaleza e Pacoti no estado do Ceará, 2017.

FV	GL	Quadrados médios									
		<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>Ci/Ca</i>	<i>A/Ci</i>	<i>ETR</i>	$\phi$ PS2	<i>TLF</i>	<i>TIF</i>
Bloco	2	0,667	1,2x10 <sup>-4</sup>	10,63	2,3x10 <sup>-6</sup>	1,1x10 <sup>-4</sup>	3,8x10 <sup>-4</sup>	14,03	1,3x10 <sup>-4</sup>	10,63	0,004
Genótipo (G)	2	31,627*	1,3x10 <sup>-2</sup>	20,26	5,4x10 <sup>-7</sup>	3,2x10 <sup>-4</sup>	2,9x10 <sup>-4</sup>	852,04	4,8x10 <sup>-3</sup>	10,63	0,177
Ambiente (A)	4	183,896**	1,3x10 <sup>-1**</sup>	1241,65**	2,8x10 <sup>-6</sup>	7,6x10 <sup>-3**</sup>	2,7x10 <sup>-3**</sup>	6446,50**	3,7x10 <sup>-2**</sup>	10,63**	35,375**
G x A	8	7,211	8,8x10 <sup>-3</sup>	426,91	4,5x10 <sup>-7</sup>	2,7x10 <sup>-3</sup>	1,5x10 <sup>-4</sup>	292,95	1,7x10 <sup>-3</sup>	10,63	1,230
Resíduo	28	7,806	4,6x10 <sup>-3</sup>	227,82	2,7x10 <sup>-5</sup>	1,4x10 <sup>-3</sup>	1,8x10 <sup>-4</sup>	455,25	2,6x10 <sup>-3</sup>	10,63	0,571
Média		23,032	0,4722	287,83	8,06x10 <sup>-3</sup>	0,7527	8,1x10 <sup>-2</sup>	173,94	0,4141	34,07	33,08
CV (%)		12,1	14,3	5,2	48,7	4,9	16,4	12,3	12,3	1,7	2,3

\* e \*\* significativos a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Os demais foram não significativos

**Tabela 3** - Médias nas fases de pré-florescimento e pré-enchimento dos grãos dos parâmetros taxa fotossintética líquida (*A*), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*), concentração interna de carbono (*C<sub>i</sub>*), relação entre concentração interna e externa de carbono (*C<sub>i</sub>/C<sub>a</sub>*), eficiência instantânea de carboxilação (*A/C<sub>i</sub>*), taxa de transporte de elétrons (*ETR*), eficiência do fotossistema II ( $\phi$  PS2), temperatura limítrofe da folha (*TLF*) e temperatura interna da folha (*TIF*) avaliados em três cultivares de soja em cinco condições distintas entre Fortaleza e Pacoti no estado do Ceará, 2017.

Ambiente	Pré-florescimento								
	<i>A</i>	<i>G<sub>s</sub></i>	<i>C<sub>i</sub></i>	<i>C<sub>i</sub>/C<sub>a</sub></i>	<i>A/C<sub>i</sub></i>	<i>ETR</i>	$\phi$ PS2	<i>TLF</i>	<i>TIF</i>
Pleno sol	24,58 a	0,59 a	298,96 b	0,78 b	0,08 a	181,56 a	0,43 a	34,35 b	33,30 b
30%	18,21 b	0,47 b	307,63 ab	0,79 b	0,05 b	142,69 b	0,33 b	36,20 c	35,10 c
50%	15,88 b	0,49 b	323,02 a	0,83 a	0,04 b	109,64 c	0,26 c	33,94 b	32,83 b
70%	16,74 b	0,49 b	317,75 ab	0,82 a	0,05 b	110,05 c	0,26 c	34,35 b	33,38 b
Pacoti	19,30 ab	0,58 a	317,11 ab	0,82 a	0,06 b	153,16 ab	0,36 ab	30,37 a	29,60 a
Pré-enchimento dos grãos									
Pleno sol	24,06 ab	0,42 bc	275,08 b	0,72 b	0,08 ab	188,68 ab	0,44 ab	35,46 c	34,22 b
30%	28,59 a	0,53 ab	278,64 ab	0,73 b	0,10 a	209,25 a	0,49 a	35,09 bc	34,12 b
50%	22,04 b	0,42 bc	286,50 ab	0,74 ab	0,07 b	168,15 bc	0,40 bc	34,42 b	33,65 b
70%	16,16 c	0,33 c	295,47 ab	0,76 ab	0,05 c	137,87 c	0,32 c	34,39 b	33,86 b
Pacoti	24,29 ab	0,64 a	303,48 a	0,79 a	0,08 ab	165,76 bc	0,39 bc	30,98 a	29,56 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Maiores valores de condutância estomática tendem a contribuir com alta concentração interna de CO<sub>2</sub>, mesmo com o consumo deste pela fotossíntese (LORIMER; BUCHANAN; WOLOSUK, 2013). De fato, na fase de pré-enchimento dos grãos maior condutância estomática foi observada em Pacoti assim como as maiores concentrações internas de CO<sub>2</sub>. Resultados próximos foram verificados no ambiente com telado de 30%. O ambiente de Pacoti também se mostrou superior na fase de pré-florescimento. Isso denota a alta associação entre esses parâmetros fisiológicos, como já observado por Araújo e Deminicis (2009), que verificaram que a redução da condutância estomática diminui a perda de água das folhas e restringe a entrada de CO<sub>2</sub> nestes órgãos, o que diminui a concentração interna de carbono e conseqüentemente a sua assimilação fotossintética.

Maiores valores de condutância estomática também são responsáveis por manter a relação entre a concentração interna e externa de CO<sub>2</sub> em equilíbrio (próxima de um), portanto os valores considerados melhores são os mais próximos de um. Um parcial fechamento estomático, diminui a condutância estomática, aumentando as taxas de carbono subestomático e conseqüentemente aumentando a razão Ci/Ca (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009). Novamente o ambiente de Pacoti juntamente daqueles com telados de 50 e 70%, proporcionaram os melhores resultados, independentemente da fase de avaliação. Vitorino (2014) verificou também em soja, razões Ci/Ca inferiores aquelas observadas nesse estudo. Esse fato pode estar relacionado as maiores taxas de condutância estomática verificadas aqui quando comparadas com as constatadas pelo autor supracitado.

O aumento verificado na eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci), deve-se, sobretudo, aos incrementos registrados na concentração interna de carbono. Espera-se que as estimativas desse parâmetro sejam maiores naqueles ambientes que proporcionaram alta relação Ci/Ca (MACHADO *et al.*, 2005). Houve uma tendência dessa associação apenas na fase de pré-enchimento dos grãos e mais uma vez Pacoti se destacou juntamente com o ambiente a pleno sol e telado de 30% nas condições de Fortaleza. Nas duas fases, a eficiência de carboxilação ficou entre 0,04 e 0,08, estando em conformidade com os valores de 0,06 a 0,08 verificados por Barcelos (2015). Porém, o ambiente com telado de 30% apresentou um valor acima dessa média, indicando uma melhor atividade da enzima RuBisCo.

A formação dos grupos foram exatamente as mesmas para os parâmetros taxa de transporte de elétrons e eficiência do fotossistema II tanto na fase de pré-florescimento, quanto na fase de pré-enchimento de grãos. Isso evidencia alta associação entre esses dois parâmetros fisiológicos e, com isso, deve-se esperar maior eficiência do fotossistema II quando na presença

de altas taxas de transporte de elétrons. De certa forma, esse resultado já era esperado, pois os dois parâmetros são relacionados com a fluorescência da clorofila. Além disso, indicam se a fotossíntese está sendo inibida por algum tipo de estresse (YUSUF *et al.*, 2010). Portanto, os resultados observados para esses dois parâmetros ratificam que os ambientes que geraram as melhores médias também apresentaram os melhores valores para a taxa fotossintética, com exceção de Pacoti na fase de pré-enchimento de grãos.

Temperaturas em torno de 30 °C são consideradas ótimas para o crescimento e desenvolvimento da cultura (WISE *et al.*, 2004), além de indicarem melhores respostas fotossintéticas. O município de Pacoti está localizado na região serrana do estado e, em razão disto, apresenta temperaturas menores que Fortaleza. Assim, já se esperava que menores temperaturas internas e limítrofe da folha fossem observadas nessas condições mesmo a pleno sol. Os valores observados aqui assemelham-se daqueles verificados por Ferreira *et al.*, (2011) em Dourados – MS, com temperaturas que se aproximam bastante das de Pacoti. Por ser uma espécie de clima temperado, a soja se adapta bem em condições que tenham pelo menos temperaturas mínimas (noturnas) mais amenas, como é de fato encontrado no Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. É muito provável que nessas condições tenham ocorrido menos danos a maquinaria fotossintética das plantas e isso tenha refletido positivamente para que essa condição fosse a melhor entre as fases avaliadas.

De forma geral, Pacoti mostrou-se favorável na expressão dos parâmetros fisiológicos, tanto no pré-florescimento, quanto no pré-enchimento de grãos, provavelmente por ser o ambiente com o registro das menores temperaturas. Contudo, na fase de pré-enchimento de grãos, o ambiente com telado de 30% se mostrou altamente favorável. Embora as hibridações sejam realizadas próximas ao início do ciclo das plantas, é necessário determinar uma condição que reduza o estresse das plantas, reduza as taxas de abortamento e viabilize as taxas de pegamento. Em razão disto, optou-se por coletar informações também dos caracteres agronômicos na tentativa de complementar as informações obtidas com os parâmetros fisiológicos.

Seguindo a mesma tendência das análises realizadas para os parâmetros fisiológicos, constatou-se que a fonte de variação predominante para os caracteres agronômicos também foi o efeito de ambiente (Tabela 4). Isso reitera o contraste entre os ambientes para discriminar os caracteres estudados. Assim, deve haver uma melhor condição para expressão dos mesmos, com exceção do número de sementes viáveis, que não apresentou diferença estatística.

**Tabela 4** - Resumo das análises de variância para os caracteres agrônômicos altura de planta (AP), altura da inserção da primeira vagem (AV), número de dias para florescimento (NPF), número de vagens por planta (NVP), percentual de sementes chochas (PSC), número de sementes viáveis (NSV), massa de 100 sementes ( $M_{100S}$ ) e massa total de sementes ( $M_{TOT}$ ) avaliados em três cultivares de soja em quatro condições distintas. Fortaleza - CE, 2017.

FV	GL	Quadrados médios							
		AP	AV	NPF	NVP	PSC	NSV	$M_{100S}$	$M_{TOT}$
Bloco	2	113,97	14,68	0,58	80,89	63,32	0,074	2,595	57,804
Genótipo (G)	2	804,98**	0,18	0,25	53,90	339,72**	0,014	2,194	85,801
Ambiente (A)	3	1904,83**	76,82**	8,10**	603,72**	325,34**	0,040	26,129**	996,055**
G x A	6	100,13	14,90**	0,55	57,52	41,38	0,015	6,632	87,444
Resíduo	22	62,01	2,04	0,25	120,17	58,02	0,092	3,673	205,236
Média		49,7	14,2	31,1	20,4	13,5	1,7	11,6	24,3
CV (%)		15,8	10,1	1,6	53,7	56,5	17,4	16,5	59,0

\*\* significativos a 1% de probabilidade pelo teste F. Os demais foram não significativos.

As médias e os coeficientes de variação experimental (CV) dos caracteres agrônômicos seguem aproximadamente a mesma magnitude dos coeficientes observados em outros estudos com a cultura da soja (DIAS; PELUZIO; AFFÉRI, 2011; ROCHA *et al.*, 2012; PERINI *et al.*, 2012), o que reflete alta confiabilidade das estimativas geradas neste estudo. Duas hipóteses podem ser aventadas na tentativa de explicar elevado CV para massa total: i) trata-se de um caráter quantitativo e de herança bastante complexa e; ii) alguns desses ambientes podem ter proporcionado uma condição de estresse as plantas, o que reflete diretamente nos componentes de variação ambiental e genotípica.

Como já mencionado anteriormente, os dados agrônômicos de Pacoti não foram usados nas análises. Porém, pelo que foi visualizado em campo, muito provavelmente esse ambiente teria gerado as melhores médias para os caracteres agrônômicos tomando como base o vigor das plantas. O ambiente com telado de 30% destacou-se para todos os caracteres agrônômicos (Tabela 5), esse resultado é de certa forma esperado pois este mesmo ambiente destacou-se na expressão dos parâmetros fisiológicos na fase de pré-enchimento de grãos.

**Tabela 5** - Médias dos caracteres altura de planta (AP), altura da inserção da primeira vagem (AV), número de dias para florescimento (NPF), número de vagens por planta (NVP), percentual de sementes chochas (PSC), número de sementes viáveis (NSV), massa de 100 sementes ( $M_{100S}$ ) e massa total de sementes ( $M_{TOT}$ ) avaliados em três cultivares de soja em quatro condições distintas em Fortaleza no estado do Ceará, 2017.

Ambiente	Caráter							
	AP	AV	NPF	NVP	PSC	NSV	$M_{100S}$	$M_{TOT}$
Pleno sol	34,9 a	11,0 a	31,7 b	122,4 a	21,9 b	1,7 a	10,95 ab	20,33 b
30%	44,0 ab	12,4 a	29,7 a	137,2 a	12,1 ab	1,8 a	14,11 a	39,97 a
50%	50,8 b	16,1 b	31,6 b	117,2 a	7,6 a	1,8 a	10,23 b	19,47 b
70%	69,2 c	17,1 b	31,4 b	75,3 b	12,3 ab	1,7 a	11,25 ab	17,42 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A altura de plantas está relacionada com o rendimento de grãos (CARTTER; HARTWIG, 1967), geralmente plantas mais baixas apresentam menores produções. Porém, observou-se que a média dos caracteres que compõem a produção (número de vagens por planta, massa de 100 sementes e massa total de sementes) foram superiores nos ambientes com plantas de menor estatura. Portanto, o melhor ambiente foi o com telado de 30% e indica que os cultivares estavam em melhores condições ambientais durante todos os estádios de crescimento e desenvolvimento (GILIOLI *et al.*, 1995). No Brasil, os cultivares de soja normalmente apresentam altura média de 60 a 120 cm (BORÉM, 2000), embora em solos planos e bem preparados possa se efetuar boas colheitas em plantas com 50 a 60 cm de altura (SEDIYAMA *et al.*, 1996). As médias dos melhores ambientes no presente estudo ficaram abaixo das médias recomendadas. Porém, nos ambientes com médias superiores, houve acamamento devido ao estiolamento.

Valadão Junior *et al.* (2008) recomendam que, em terrenos planos, os cultivares de soja devem apresentar altura de inserção da primeira vagem igual ou superior a 10 cm. No experimento essa média foi atingida. Como a altura de inserção da primeira vagem está diretamente ligada com a altura de planta (COSTA, 2013), fica mais claro que os cultivares estavam sob boas condições. Os melhores resultados foram obtidos para os mesmos ambientes que se destacaram para a altura de planta, sendo o melhor ambiente com telado de 30% seguido pelo ambiente a pleno sol.

Os dois caracteres anteriores são altamente influenciados pelo número de dias para florescimento. Quanto menos dias para o florescimento, menor o crescimento vegetativo das plantas. Portanto, os ambientes que floresceram mais rápido também apresentaram os menores valores para a altura de planta e altura de inserção da primeira vagem. Já era esperado que as plantas apresentassem um florescimento precoce em consequência das altas temperaturas registradas em Fortaleza. Geralmente se observa que quanto mais rápido é o florescimento das plantas, mais curto é o ciclo das mesmas. Os cultivares apresentaram no presente estudo, ciclos que variaram de 90 a 100 dias (dados não apresentados). Brugnera *et al.* (2006) observaram na Bahia e no Piauí, com climas semelhantes ao de Fortaleza, ciclos médios de 122 dias. Ora, se os três estados apresentam temperaturas médias bem próximas, o fator preponderante para a antecipação do florescimento e, por consequência, do ciclo, deve ter sido o fotoperíodo. Como o regime de chuvas no Nordeste é irregular, o cultivo da soja no estado do Ceará pode ser uma boa alternativa, principalmente nos anos em que se esperam menor quantidade de chuvas.

Os componentes de produção analisados (número de vagens por planta, massa de 100 sementes e massa total de sementes) foram melhores para o ambiente com telado de 30%. Os resultados obtidos estão em conformidade aos resultados obtidos por Martins *et al.* (2002) para os três componentes analisados, o que de certa forma era esperado pois as plantas neste ambiente eram visualmente melhores e mais vigorosas quando comparadas com as plantas dos outros ambientes.

A proporção de sementes que podem ser aproveitadas para um novo plantio também é de grande importância, pois garante que se obtenham híbridos para serem usados para dar continuidade ao programa de melhoramento. O ambiente com telado de 30% não obteve bons resultados para a porcentagem de sementes chochas, obtendo uma média de 12,1%, mas não diferiu estatisticamente do melhor ambiente que obteve uma média de 7,6%. Em contrapartida, obteve o maior número de sementes viáveis, seguido pelo ambiente com telado de 50%.

Como dito anteriormente, os fatores climáticos que condicionam o ambiente são determinantes no grau de adaptação dos indivíduos e o potencial de rendimento de grãos pode ser influenciado por estes fatores, principalmente a umidade, temperatura e fotoperíodo que variam com as diferentes épocas do ano. Assim, os altos rendimentos podem ser obtidos quando as condições relatadas anteriormente estão em todos os estádios de desenvolvimento (GUIMARÃES, 2006). Dentro desse contexto, não se observaram fatos relevantes que pudessem ter influenciado negativamente a produção nesse experimento, principalmente no que diz respeito ao aspecto nutricional ou de suprimento de água para as plantas.

Diante do exposto e dos resultados obtidos, pode-se considerar o ambiente com telado de 30% o melhor ambiente no geral para a cultura da soja. Além de ter se destacado para todos os caracteres agronômicos, destacou-se na expressão dos parâmetros fisiológicos na fase de pré-enchimento de grãos. Tendo em vista o objetivo deste estudo, a fase de pré-enchimento de grãos pode ser considerada a mais importante, pois se as plantas estiverem em boas condições durante esta fase, provavelmente apresentarão melhores estruturas reprodutivas e facilitarão o trabalho do melhorista na realização das hibridações.

Vale salientar que os resultados gerados por esse estudo são preliminares. Espera-se que os melhores ambientes identificados por meio de parâmetros fisiológicos e caracteres agronômicos, também sejam para aqueles caracteres ligados a eficiência de hibridação. Assim, outro estudo deve ser realizado na sequência e, neste, avaliar-se-ão uma série de atributos que permitirão concluir com mais consistência acerca da melhor condição a se realizar hibridação da soja no Ceará, tais como: percentual de flores abortadas, volume floral, taxa de pegamento das hibridações, dentre outros.

## 5 CONCLUSÕES

- a) As condições de Pacoti - CE a pleno sol são mais favoráveis a soja na fase de pré-florescimento e pré-enchimento dos grãos com base em parâmetros fisiológicos.
- b) Após Pacoti, as condições de Fortaleza a pleno sol são mais adequadas no pré-florescimento e no pré-enchimento de grãos, o ambiente com telado de 30%.
- c) No geral, o ambiente com telado de 30% em Fortaleza - CE se mostrou o mais favorável ao cultivo da soja.

## 6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; MIRANDA, M. A. C.; CAMPELO, G. J. A. Melhoramento da soja para regiões de baixa latitude. In: **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Brasília: Embrapa Semiárido, 1999. p. 129-143.
- ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da Fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, p.463-472, 06 nov. 2009.
- BACAXIXI, P.; RODRIGUES, L. R.; BRASIL, E. P.; BUENO, C. E. M. S.; RICARDO, H. A.; EPIPHANIO, P. D.; BARROS, B. M. C. A soja e seu desenvolvimento no melhoramento genético. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garças - Sp, p.1-6, dez. 2011. Semestral.
- BARCELOS, R. A. **Óleos essenciais na indução de resistência e no manejo do oídio na soja**. 2015. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual do Centro-oeste, Guarapuava, 2015.
- BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). **Soja: tecnologia de produção II**. Piracicaba: ESALQ, p.1-18, 2000.
- BLANKENSHIP, R. E. Fotossíntese: Reações Luminosas. In: TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. Cap. 7. p. 163-197.
- BOARD, J. E.; KANG, M. S.; HARVILLE, B. G. Path analysis identify indirect selection criteria for yield of late planted soybean. **Crop Science**, v. 37, n. 03, 879-884, 1997.
- BONETTI, L. P. Cultivares e seu melhoramento genético. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Soja genética e melhoramento**, v. 2, p. 741–800. 1983.
- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa, MG: ed. UFV, 2013. 523p.
- BORÉM, A. Escape gênico: os riscos do escape gênico da soja no Brasil. **Biotechnology Ciência e Desenvolvimento**, v. 10, p. 101-107, 2000.
- BORÉM, A.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S. Híbridação em soja. In: BORÉM, A. **Híbridação Artificial de Plantas**. Viçosa: UFV, 1999. Cap. 21. p. 443-462.
- BRUGNERA, A.; LOPES, P. V. L.; PORAZZI, L. A.; OLIVEIRA, L. R. Competição de cultivares de soja avaliados em diferentes regiões do cerrado. Barreiras: Fundação Bahia, **Comunicado técnico, Safra 2005/2006**, 1 – 7 p. 2006.
- CASAROLI, D.; FAGAN, E. B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S. P.; MAFRON, P. A.; NETO, D.D.; LIER, Q. J.; MULLER, L.; MARTINS, T. N. Radiação Solar e Aspectos Fisiológicos na Cultura de Soja - Uma Revisão. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.14, n.2, p.102-120. 2007.
- CARTTER, J. L.; HARTWIG, E. E. The management of soybean. In: NORMAN, A. G. (Ed.). **The soybean**. New York: [s.n.], 1967. p. 162-221.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira - Grãos**. v4 Safra 16/17 – n 9.2017.
- COSTA, A. C. **Respostas fisiológicas de duas linhagens de soja à atmosfera enriquecida com CO2 e a restrição hídrica**.2003. 36 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

- COSTA, E. D. **Arranjo de plantas, características agronômicas e produtividade de soja**. 2013. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.
- CRISWELL, J.C.; HUME, D.J. 1972. **Variation in sensitivity to photoperiod among early maturing soybean strains**. *Crop Sci.* 12: 657-60.
- CRUZ, C.D. GENES - A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 35, p. 271-276, 2013.
- CRUZ, T. V.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. G. Crescimento e produtividade de soja em diferentes épocas de semeadura no oeste da Bahia. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 01, p. 033-042, 2010.
- DAUERNHEIMER, R.; MUHL, F. R.; FELDMANN, N. A.; RHODEN, A. Método de hibridação na cultura da soja. In: SIMPÓSIO DE AGRONOMIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2, 2015, Itapiranga. **Anais...** .Itapiranga: Fai, 2015. p. 1 - 6.
- DESTRO, D.; PÍPOLO, V.C.; AFONSO, R.; KIIHL, S.; ALMEIDA, L. A. **Photoperiodic and genetic control of the long juvenile period in soybean: a review**. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Londrina, 1: 72-92. 2001.
- DIAS, R.; PELUZIO, J.; AFFÉRI, S. **Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins**. *Revista Ciência Agronômica* [en linea] 2011, 42 (Enero-Marzo).
- FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1981. (Special Report, 80). 12 p.
- FERRAZ, R.L.S.; MELO, A.S.; SUASSUNA, J.F.; BRITO, M.E.B.; FERNANDES, P.D.; NUNES JÚNIOR, E.S. **Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido**. *Revista Pesquisa Tropical*, v.42, p.181-188, 2012.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000200010>.
- FERREIRA, E. A.; ASPIAZU, I.; GALON, L.; CONCENÇO, G.; SILVA, A. F., REIS, L. A. C. Características fisiológicas da soja em relação a espécies de plantas daninhas. **Revista Trópica-Ciências Agrárias e Biológicas**, Maranhão, v. 5, p.39-47, jul. 2011.
- GAZZONI, D.L. **Manejo de pragas da soja: uma abordagem histórica**. Londrina: Embrapa-CNPSO, Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 72 p. (EMBRAPA CNPSO. Documentos, 78).
- GILIOLI, J. L.; TERASAWA, F.; WILLEMANN, W.; ARTIAGA, O. P.; MOURA, E. A. V.; PEREIRA, W. V. 1995. **Soja: Série 100**. FT Sementes, Cristalina, Goiás. 18 p. (Boletim Técnico 3).
- GILIOLI, J. L.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S. **Aspectos sobre o melhoramento da soja** [*Glycine Max* (L.) Merrill]. Londrina, PR—CNPSO, 1980.
- GUIMARÃES, F. S. **Cultivares de soja [Glycine max (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras - MG**. 2006. 44 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

HARTWIG, E.E.; R.A.S. KIIHL. 1979. **Identification and utilization of a delayed flowering character in soybean for short-day conditions**. *Field Crops Research*. 2:145-151.

HINSON, K. **The use of long juvenile trait in cultivar development**. In: Conferência Mundial de Investigación en Soja, 4. B. Aires, Argentina. 1989. Actas. A.J. Pascale (ed.). p.983-987.

HOLBROOK, N. M. Balanço hídrico das plantas. In: TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. Cap. 4. p. 99-116.

KASTER, M.; MENOSSO, O.G. Cultivares de soja para o estado do Paraná. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1992, p.119-128.

KIIHL, R.A.S.; A. GARCIA. **The use of the long juvenile trait in breeding soybean cultivars**. In: Conferencia Mundial de Investigación en Soja, 4. Buenos Aires, Argentina. 1989. Actas. A.J. Pascale (ed.). p.994-1000.

KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A. Situação atual e perspectivas do melhoramento genético da soja no Brasil. In: Simpósio sobre cultura e produtividade da soja, 1, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1992, p.38-40.

LAÍNEZ-MEJÍA, J. R. **Implicações das interações genótipos x ambientes na seleção de progênies de soja com ênfase nas produtividades de grão e óleo**. Piracicaba, 1996. 145 p. Tese – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, p. 46, 2010. (Embrapa Soja. Documentos, 319).

LEHNINGER, A. L. Bioquímica: biossíntese e a utilização da energia das ligações de fosfato. Ed. Edgard Blücher Ltda., v. 3, p. 439-596, 1976.

LIMA, W. F.; PPÍPOLO, A. E.; MOREIRA; J. U. V.; CARVALHO, C. G. P.; PRETE, C. E. C.; ARIAS, C. A. A.; OLIVEIRA, M. F. O.; SOUZA, G. E.; TOLEDO, J. F. F. Interação genótipo-ambiente de soja convencional e transgênica resistente ao glifosato, no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 06, p. 729-736, 2008.

LORIMER, G. H.; BUCHANAN, B. B.; WOLOSUK, R. A. Fotossíntese: Reações de Carboxilação. In: TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. Cap. 8. p. 200-242.

MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. **Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.

MARCHIORI, L. F. S; CAMARA, G. M S.; PEIXOTO, C. P., MARTINS, M.C. Desempenho vegetativo de cultivares de soja em épocas normal e safrinha. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 02, p. 383-390, 1999. ISSN 0103-9016.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. 2005. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Editora UFV. Viçosa, MG. 451pp.

- MARTINS, C. A. O.; SEDIYAMA, C. S.; MOREIRA, M. A.; REIS, M. S.; ROCHA, V. S.; OLIVEIRA, M. G. A. Efeito da eliminação genética das lipoxigenases sobre as características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n.10, p. 1389-1398, 2002.
- MESQUITA, R. O. **Fisiologia da cultura da soja**. Fortaleza. Notas de aula. Disciplina Grandes Culturas 2, Universidade Federal do Ceará, 2015.
- MESQUITA, R. O. **Apostila de soja**. Fortaleza. Disciplina Grandes Culturas 2, Universidade Federal do Ceará, 2015.
- MULLER, L. Fisiologia. In: MYIASAKA, S. & MEDINA, J. L. **A Soja no Brasil**. Campinas, p. 109 - 29. 1981a.
- MULLER, L. Morfologia, anatomia e desenvolvimento. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981, p. 73- 104.
- MUNIZ, F. R. S. **Análise da variabilidade genética em populações segregantes de soja**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2007. 86 p. Tese Doutorado.
- NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R.; ROSOLEM, C.A. Efeito da qualidade da semente sobre o estabelecimento da população e outras características da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.7, n.2, p. 47-62, 1985.
- NAVES-BARBIERO, C.C.; FRANCO, A. C.; BUCCI, S. J.; GOLDSTEIN, G. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerradão. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. v.12, p. 119-134, 2000. ISSN 0103-3131.
- NEVES, J. A. **Desempenho agronômico de genótipos de soja sob condições de baixa latitude em Teresina - PI**. 2011. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.
- NIELSON, C.S. Effects of photoperiod on microsporogenesis in Biloxi soybean. **Botany Gazette**, Chicago, n. 104, p. 99-106, 1942.
- NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T.; BARROS, B. H.; TEIXEIRA, R. C. Morfologia, crescimento e desenvolvimento In: SEDIYAMA, T. (Ed) **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenias, 2009, p. 7-16.
- OLIVEIRA FILHO, F. A. **Produção e área colhida de soja no Nordeste**. 2011. Informe Rural ETENE. Ano V. Vol. 13.
- PALHARINI, W. G. **Influência do estresse hídrico sobre caracteres agronômicos, fisiológicos e abertura de vagens imaturas em soja**. 2016. 36 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.
- PALUDZYSZYN FILHO, E.; KIIHL, R. A. de S.; ALMEIDA, L. A. Desenvolvimento de cultivares de soja na região Norte e Nordeste do Brasil. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. de M. de (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: **Potafos**, 1993. p. 255-266.
- PERINI, L. J.; JUNIOR, N. S. F.; DESTRO, D. PRETE, C. E. C. Componentes da produção em cultivares de soja com crescimento determinado e indeterminado. **Semina: Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 33, p.2531-2544, 20 dez. 2012.
- RENNENBERG, H.; LORETO, F.; POLLE, A.; BRILLI, F.; FARES, S.; BENIWAL, R. S.; GESSLER, A. Physiological responses of forest trees to heat and drought. **Plant Biology**, Berlin, v. 8, p 556-571, 2006.

- ROCHA, R. S.; SILVA, J. A. L.; NEVES, J. A.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C. Desempenho agrônomo de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, p.154-162, mar. 2012.
- RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C.; BERTAGNOLLI, P. F.; LUZ, J. S. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 03, p. 431-437, 2001.
- SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015.
- SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. Melhoria da soja. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa: Ufv, 2013. Cap. 14. p. 553-604.
- SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. **Cultura da soja**. Viçosa: UFV, 1996, 96p.
- SHARKEY, T. D.; BERNACCHI, C. J.; FARQUAR, G. H.; SINGASAAS, E. L. **Fitting photosynthetic carbon dioxide response curves for C<sub>3</sub> leaves**. *Plant, cell and Environment* 30; 1035-1040. 2007.
- SANDQUIST, D. R.; EHLERINGER, J. Fotossíntese: Considerações Fisiológicas e Ecológicas. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. Cap. 9. p. 243-269.
- SHIBLES; R. M.; SECOR, J.; FORD, D. M. Carbon assimilation and metabolism. In: WILCOX, J. R. (2 ed.) **Soybeans: Improvement, Production and Uses**. Madison, Wisconsin, p. 535-588, 1987.
- SHIGIHARA, D; HAMAWAKI, O. T. Seleção de Genótipos para Juvenildade em Progenies de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Bioscience Journal**. Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia-MG, p. 01-26, 2005.
- SPEHAR, R. C.; MONTEIRO, P. M. F. O; ZUFFO, N. L. Melhoria genética da soja na região centro-oeste. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. de M. de (Ed.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: **Potafos**, 1993. p. 229-253.
- TOLEDO, J.F.F.; ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A.S.; PANIZZI, M.C.C.; KASTER, M.; MIRANDA, L.C.; MENOSSO, O.G. **Genetics and breeding**. In: **Tropical Soybean: improvement and production**. E. Kueneman (ed). FAO - Plant Production and Protection Series No. 27. Rome, Italy. 1994. p. 19-36.
- USDA – United States Department of Agriculture.
- VALADÃO JUNIOR, D. D.; BERGAMIN, A. C.; VENTUROSO, L. R.; SHLINDWEIN, J. A.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, v. 09, n. 03, p. 369-375, 2008.
- VERNETTI, F. J. Soja: planta, clima, pragas, moléstias e invasoras. Campinas: **Fundação Cargill**, 1983.
- VITORINO, R. F. **Características fisiológicas e biométricas de plantas de soja tratadas com fitorreguladores e bioestimuladores de crescimento**. 2014. 37 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2014.

YOKOMIZO, G. K.; DUARTE, J. B.; VELLO, N. A. Correlações fenotípicas entre tamanho de grãos e outros caracteres em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão.

**Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 11, p. 2235-2241, 2000.

YUSUF, M. A.; KUMAR, D.; RAJWANSHI, R.; STRASSER, R. J.; TSMILLI-MICHAEL, M.; GOVINDJEE; SARIN, N. B. Overexpression of  $\gamma$ -tocopherol methyl transferase gene in transgenic *Brassica juncea* plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll a fluorescence measurements. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 1797, p. 1428-1438, 2010.

WISE, R. R., OLSON, A. J., SCHRADER, S. M.; SHARKEY, T. D. 2004. **Electron transport is the functional limitation of photosynthesis in field-grown Pima cotton plants at high temperature.** *Plant, Cell and Environment*, 27: 717-724.

ZHANG, L.; WANG, R.; HESKETH, J.D. Effects of photoperiod on growth and development of soybean floral bud in different maturity. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, p. 944–948, 2001.