

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS  
PROGRAMA PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
MESTRADO FITOTECNIA

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE SOJA SOB IRRIGAÇÃO  
EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

**ANA PAOLA PIETA RAMBO**

BOM JESUS-PI  
2017

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE SOJA SOB IRRIGAÇÃO EM  
DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

**ANA PAOLA PIETA RAMBO**  
Engenheira Agrônoma

Orientadora: PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. DANIELA VIEIRA CHAVES  
Coorientadores: Prof. Dr. Everaldo Moura da Silva  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Edivania de Araujo Lima

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-graduação em Agronomia-Fitotecnia  
da Universidade Federal do Piauí – UFPI,  
para obtenção do título de Mestre em  
Agronomia – Área de concentração  
(Produção Vegetal).

BOM JESUS – PI  
2017

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE SOJA SOB IRRIGAÇÃO EM  
DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

por

Ana Paola Pieta Rambo

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de  
MESTRE EM AGRONOMIA Área de Concentração (Produção vegetal)

Aprovada em: 9/10/2017



---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Daniela Vieira Chaves (Orientadora)  
UFPI-CPCE



---

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>. Elaine Heberle (Examinadora Externa)  
UFPI-CPCE



---

Prof<sup>ª</sup> Edivania de Araujo Lima (Examinadora Interna)  
UFPI-CPCE



---

Prof<sup>ª</sup> Jocleita Peruzzo Ferrareze (Examinadora Externa)  
IFSC – Campus Lages

*À minha  
filha amada, Sophia  
Pieta Prates, por  
tudo que representa em  
minha vida.*

*Aos meus  
pais, Teda e Ivo, pela  
força, incentivo e  
carinho.*

**DEDICO**

“Para ser o que sou hoje  
fui várias mulheres.  
E se volto a me encontrar  
com as mulheres que fui,  
não me envergonho delas.  
Foram etapas do que sou!  
Tudo o que sei  
custou as dores das experiências.  
Tenho respeito pelos que procuram,  
pelos que tateiam, pelos que erram.  
E o que é mais importante,  
estou persuadida que  
minha luz se extinguiria  
se eu fosse a única a possuí-la.”

[Adaptado de Goeth]

## AGRADECIMENTOS

À Deus, agradeço pela vida e saúde, por ter me conduzido e sustentado durante todo esse período de estudo. Agradeço por ter me guiado e dado forças para chegar até o fim.

À minha mãe, Ieda Maria, que sempre se manteve presente com seus sábios conselhos, incentivos e orações. Aos meus irmãos, Rafael e Tiago, e meu pai, Ivo Pieta, pelo incentivo, amor e apoio.

À minha querida filha, Sophia Pieta Prates, que me manteve em pé por todo o caminho, me dando amor, carinho, me incentivando a cada dia, me trazendo luz.

À Professora Dra. Daniela Vieira Chaves, agradeço imensamente pela orientação, atenção, profissionalismo e ensinamentos transmitidos. Ainda, por toda ajuda durante a condução desse projeto. Pela paciência, compreensão, amizade e pela credibilidade. Exemplo de pessoa e profissional. Meus imensuráveis agradecimentos.

Aos alunos do Grupo de Pesquisa em Fisiologia Vegetal e Tecnologia Pós-Colheita agradeço pela imensa ajuda prestada na realização das análises em laboratório e a campo. Em especial ao meu grande amigo Almir Laerty e Vinicius Camargo, por terem me incentivado e não me deixado desistir em momento algum, me ajudando em tudo que precisei, sempre prestativos, me apoiando. Levarei do grupo para a vida!

Aos professores: Dra. Elaine Heberle, agradeço pela ajuda prestada na condução do experimento, pela amizade e paciência. Ao meu coorientador, Dr. Everaldo Moura da Silva, agradeço pela ajuda na escolha do local do experimento, orientação no início do mestrado, paciência, amizade e prontidão.

À banca examinadora pela disponibilidade, leitura criteriosa, sugestões e apontamentos indicados na redação desta dissertação.

Aos funcionários da UFPI agradeço por toda ajuda, em especial aqueles que viram a minha correria do campo para os laboratórios e sempre eram prestativos.

Aos Professores e palestrantes que ministraram aulas durante o curso, agradeço pelo conhecimento transmitido.

À Universidade Federal do Piauí pela oportunidade de realizar essa Pós-graduação de extrema importância para minha vida profissional, pelas instalações e serviços prestados na condução da pesquisa.

Aos colegas da pós-graduação agradeço pelo convívio agradável durante o curso em especial a Maisa, Tiago (Negão) e Soislan.

À todos que generosamente contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

## Sumário

RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	12
1. CAPITULO I - DINÂMICA DO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE SOJA IRRIGADA NO NORDESTE BRASILEIRO .....	14
Resumo .....	14
1.1. Introdução.....	14
1.2. Material e Métodos.....	16
1.3. Resultados e Discussão .....	18
1.4. Conclusão .....	28
1.5. Referências Bibliográficas .....	29
2. CAPITULO II - DESEMPENHO AGRONÔMICO DE SOJA IRRIGADA EM DUAS ÉPOCAS DE SEMEADURAS NO NORDESTE BRASILEIRO .....	31
Resumo .....	31
2.1. Introdução.....	31
2.2. Material e Métodos.....	33
2.3. Resultados e Discussão .....	36
2.4. Conclusão .....	46
2.5. Referências Bibliográficas .....	46
3. CAPITULO III - ÍNDICES FISIOLÓGICOS DE SOJA IRRIGADA NO NORDESTE BRASILEIRO EM DUAS ÉPOCAS DE SEMEADURA .....	49
Resumo .....	49
3.1. Introdução.....	49
3.2. Material e Métodos.....	51
3.3. Resultados e Discussão .....	54
3.4. Conclusão .....	59

3.5. Referências Bibliográficas .....	59
---------------------------------------	----

## **CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE PLANTAS DE SOJA IRRIGADA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

### **RESUMO**

O Brasil possui potencial para expansão do cultivo da soja irrigada, no entanto, ainda não existem estudos quanto ao desempenho e viabilidade da cultura neste sistema nas regiões do Nordeste do país. O objetivo foi caracterizar o crescimento, desenvolvimento e a produção de duas cultivares de soja irrigada em três épocas de semeaduras no Nordeste brasileiro. O experimento foi realizado na Fazenda Nossa Senhora de Fátima, no Município de Redenção do Gurguéia – PI (09°29'12"; -44°35'11"; 292 m). O primeiro experimento foi realizado de março a junho de 2016 com a cultivar COODETEC 2730 IPRO, o segundo e terceiro experimentos foram realizados com a cultivar BRASMAX BÔNUS IPRO nas épocas de junho a setembro de 2016 e dezembro a março de 2017, respectivamente. As avaliações foram realizadas ao longo do ciclo da cultura, entre os estádios fenológicos V4/V5 (vegetativo com 4 a 5 nós na haste principal) até R7 (início da maturação) nas três diferentes épocas. Para as duas cultivares foram avaliados: altura de planta, diâmetro do caule, clorofilas a, b e total, número de folhas, teor relativo de água, umidade do solo, massa seca da parte aérea, área foliar, índice de área foliar, taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento relativo, taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento da cultura, razão de área foliar, produtividade, número de vagens, altura de inserção de primeira vagem e número de grãos por vagem. As principais conclusões foram: a) A cultivar COODETEC 2730 IPRO, sob condições de cultivo irrigado na primeira época de plantio (março a junho de 2016), reduziu o ciclo total da cultura em 30 dias, reduzindo o porte das plantas, chegando a uma altura média final de 70,63 cm, havendo redução nas demais características de produção e produtividade (2.652.00 kg ha<sup>-1</sup>); b) A cultivar BRASMAX Bônus IPRO obteve maiores resultados para todas as variáveis estudadas e bom crescimento vegetativo com uma produtividade de 3.120 kg ha<sup>-1</sup> quando cultivada no período de dezembro a março de 2017. Para a época de junho a setembro de 2016 foram encontrados valores menores para todas as variáveis, resultando em uma redução considerável da produção de grãos (2.880 kg ha<sup>-1</sup>), porém uma boa produtividade quando comparada com a média nacional (2.952 kg ha<sup>-1</sup>); c) A cultivar na primeira época de semeadura, obtendo redução na capacidade de transformar a matéria seca acumulada em grãos obtendo valores baixos em todos os índices e taxas fisiológicas.

Já na segunda época de semeadura obteve maior capacidade de transformar a matéria seca acumulada em produtividade de grãos, havendo as condições hídricas, de umidade e temperatura adequada para seu desenvolvimento.

**Palavras-chaves:** *Glycine max* (L.) Merrill, análise de crescimento, características agronômicas, cerrado piauiense, desempenho fisiológico

## **GROWTH AND PRODUCTIVITY OF IRRIGATED SOYBEAN PLANTS IN DIFFERENT SOWING SEASONS IN THE BRAZILIAN SEMIARIUM**

### **ABSTRACT**

Brazil has potential for expansion of irrigated soybean cultivation, however, there are no studies on the performance and viability of the crop in this system in the northeastern regions of the country. The objective was to characterize the growth, development and production of two cultivars of irrigated soybean in three sowing seasons in the Northeast of Brazil. The experiment was carried out at Fazenda Nossa Senhora de Fátima, in the municipality of Redenção do Gurguéia - PI (09°29'12 " ; -44°35'11"; 292 m). The first experiment was carried out from March to June 2016 with the cultivar COODETEC 2730 IPRO, the second and third experiments were carried out with the cultivar BRASMAX BÔNUS IPRO from June to September 2016 and from December to March 2017, respectively. Evaluations were carried out along the crop cycle, between the phenological stages V4 / V5 (vegetative with 4 to 5 knots in the main stem) to R7 (beginning of maturation) in the three different seasons. For the two cultivars were evaluated: plant height, stem diameter, chlorophyll a, total be, number of leaves, relative water content, soil moisture, shoot dry mass, leaf area, leaf area index, assimilatory rate net weight, relative growth rate, absolute growth rate, crop growth rate, leaf area ratio, productivity, number of pods, first pod insertion height and number of grains per pod. The main conclusions were: a) COODETEC 2730 IPRO, under conditions of irrigated cultivation in the first planting season (March to June 2016), reduced the total cycle of the crop in 30 days, reducing plant size, reaching a final average height of 70.63 cm, with a reduction in other production and productivity characteristics (2,652.00 kg ha<sup>-1</sup>); b) The cultivar BRASMAX Bonus IPRO obtained higher results for all studied variables and good vegetative growth with a yield of 3,120 kg ha<sup>-1</sup> when cultivated in the period from December to March of 2017 For the period from June to September of 2016 values were found (2,880 kg ha<sup>-1</sup>), but a good productivity when compared to the national average (2,952 kg ha<sup>-1</sup>); c) The cultivar in the first sowing season, obtaining reduction in the capacity to transform the accumulated dry matter into grains obtaining low values in all indices and physiological rates. Already in the second sowing season, it was able to transform the accumulated dry matter in grain yield, with the water, humidity and temperature conditions adequate for its development.

**Key words:** *Glycine max* (L.) Merrill, growth analysis, agronomic characteristics, Piauí cerrado, physiological performance.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] vem se destacando cada vez mais no cenário mundial devido à grande utilidade do grão e seus derivados, e também pela sua boa adaptação em diversas regiões (BIANCO et al., 2012). O Brasil ocupa atualmente a segunda posição de maior produtor mundial de soja, com mais de 114 milhões de toneladas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. A sojicultora ocupa mais de 56% da área cultivada do país, sendo principal responsável pelo aumento de área.

Situado na região conhecida como MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), o cerrado piauiense vem crescendo linearmente no que diz respeito à produção de soja, se tornando uma fronteira agrícola de destaque e crescente expansão. Isso devido a disponibilidade de aumento de áreas agricultáveis com baixo custo para o cultivo dessa planta, tanto pelas terras altas e planas quanto pelas condições climáticas como temperatura e umidade ideais que favorecem a cultura nos meses de novembro a março (SEDIYAMA et al., 2015).

Entretanto, variações climáticas têm prejudicado os índices de produtividade na maioria das regiões produtoras do grão. A Região Norte-Nordeste, com destaque para a região do MATOPIBA, foi duramente afetada pela estiagem, causada pelo fenômeno El Niño na safra 2015/2016, problema que se repetiu em relação à safra 2014/2015, mas que na última safra obteve o maior incremento percentual da área plantada no país com a oleaginosa (14,8%). No Piauí, a área plantada com soja atingiu 693,8 mil hectares, incremento de 22,9% em relação à safra anterior. A produtividade apresentou um aumento de 158,3% (CONAB, 2017).

Apesar de a agricultura ter apresentado grandes avanços no que diz respeito à eficiência e competitividade, é necessário o aprimoramento de técnicas no sentido de maximizar o uso dos recursos disponíveis. Contudo, a manutenção do rendimento das culturas sob circunstâncias ambientais adversas é, provavelmente, o principal desafio da agricultura moderna. Logo, é necessário entender as adaptações das plantas para crescer em condições ótimas e de estresse, além das adaptações fisiológicas, bioquímicas e moleculares desenvolvidas por elas (LIZANA et al., 2006).

A utilização de técnicas de manejo como o uso da irrigação por aspersão, via pivô-central, é uma das táticas de manejo que vem sendo realidade na região Nordeste do Brasil, para contornar os efeitos do estresse hídrico. O manejo correto da irrigação

apresenta-se como importante aliado na busca por melhores índices de produtividade sem exaurir os recursos naturais disponíveis, principalmente a água, que vem se tornando cada vez mais escassa. Estudos com cultivares e diferentes lâminas de irrigação permitem avaliar o desempenho das culturas. Isso tem gerado informações acerca da necessidade hídrica dentro das especificações edafoclimáticas de cada região para aprimorar o manejo da irrigação, aperfeiçoando o rendimento agrônomico e financeiro das culturas agrícolas, visando o seu maior rendimento (SILVA et al., 2004).

No Brasil a área irrigada com pivô-central ultrapassa 1,2 milhões de hectares, sendo apenas 2% para o cultivo de soja (ANA; EMBRAPA, 2014). Na região do Nordeste brasileiro, mais precisamente, no Sudoeste piauiense essa porcentagem é insignificante. A única fazenda da região, localizada no município de Redenção do Gurguéia, que possui perímetros irrigados ainda sofre com a limitação de cultivares adaptadas, falta de estudos sobre o comportamento dessas diferentes cultivares, espaçamento recomendado e manejo adequado. O que comprova a importância do estudo do crescimento e desenvolvimento fisiológico dessa cultura, almejando assim o aumento nessa porcentagem, possibilitando aos agricultores obterem até 2,8 safras por ano, com aumento expressivo da produção e diminuição das perdas causadas pelas estiagens.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o crescimento, desenvolvimento e a produção de duas cultivares de soja irrigada (utilizadas pelo produtor e não recomendadas para a região em sistema irrigado) no Nordeste brasileiro.

# 1. CAPÍTULO I - DINÂMICA DO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE SOJA IRRIGADA NO NORDESTE BRASILEIRO

## Resumo

O Brasil possui potencial para expansão do cultivo da soja irrigada, no entanto, ainda são escassos os estudos quanto ao desempenho da cultura neste sistema nas regiões do Nordeste brasileiro. Objetivou-se caracterizar o crescimento, desenvolvimento e a produção de uma cultivar de soja sob cultivo irrigado no Nordeste brasileiro. O experimento foi realizado na Fazenda Nossa Senhora de Fátima, em Redenção do Gurguéia – PI (09°29'12"; -44°35'11"; 292m), no período de março a junho de 2016. Utilizou-se sistema de irrigação por pivô-central, com lâmina diária de 9 mm. Foram analisados altura de planta, diâmetro do caule, clorofila a, b e total, número de folhas, teor relativo de água, umidade do solo, massa seca da parte aérea, área foliar, índice de área foliar, taxas assimilatória líquida, de crescimento relativo, de crescimento absoluto, de crescimento da cultura e razão de área foliar. Houve redução no porte das plantas atingindo uma altura final de 71,63 cm e uma redução nas demais características de produção como a matéria seca da parte aérea que atingiu uma média de 44,82 g planta<sup>-1</sup> e área foliar, 23,8 cm<sup>3</sup>. As taxas e índices fisiológicos demonstraram uma alta capacidade de transformar matéria seca acumulada em uma boa produtividade de grãos, atingindo uma média de 2.652,00 kg ha<sup>-1</sup>, índice de colheita igual a 61% e um número médio de vagens por planta de 64,3.

**Palavra-chave:** análise de crescimento; cerrado piauiense; caracterização; desempenho agrônomo; *Glycine max*

## 1.1. Introdução

A soja (*Glycine max*) é uma das principais culturas responsáveis pela expansão agrícola no Brasil. Ocupa a maior parte das áreas cultivadas do país e está em crescente expansão, com incremento na área de 7,6% na safra agrícola 2016/17 em relação à anterior, somente na região Norte-Nordeste. No estado do Piauí, houve crescimento de 22,8% na área e produção de quase 3 milhões de toneladas de grãos nesta mesma safra (CONAB, 2017).

A sojicultura tem contribuído para o desenvolvimento socioeconômico da região Sudoeste piauiense, que apresenta um bom potencial para a produção de grãos,

principalmente pelas condições edafoclimáticas, localização e disponibilidade de extensas áreas mecanizáveis (ALCÂNTARA NETO et al., 2012). Essa região possui clima semiárido, com temperatura média anual de 24 a 30 °C e precipitação média de 875,1 mm durante a estação chuvosa (novembro a abril) (ANDRADE JÚNIOR et al., 2009; MEDEIROS et al., 2016).

No entanto, devido a exigência hídrica da soja (450 a 850 mm ciclo<sup>-1</sup>) e a ocorrência de estação seca na região, a época de cultivo limita-se a somente uma safra por ano, durante o período chuvoso. Ainda assim, a variabilidade da precipitação pluviométrica e a ocorrência de estiagens durante a safra levam a alterações no crescimento e desenvolvimento das plantas e perdas na produção (SOUSA et al., 2016). Fato que ocorre devido ao estresse hídrico afetar os mecanismos de absorção e o uso dos recursos nos diferentes estádios de desenvolvimento (MUCHOW et al., 1993).

Para contornar os efeitos do estresse hídrico, dependentes da espécie e estágio fenológico da cultura, da durabilidade e intensidade do déficit e da interação entre o genótipo e condições edafoclimáticas, é recomendado à utilização de sistemas de irrigação, como o de aspersão por pivô central (SEDIYAMA et al., 2015). Segundo o levantamento da Agência Nacional de Águas (ANA) e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em 2014 a área irrigada com pivô central no Brasil era de mais de 1,2 milhões de hectares, concentradas em Minas Gerais, Goiás, Bahia, São Paulo e Rio Grande do Sul, porém somente cerca de 2% é utilizado para o cultivo da soja.

No Sul do estado do Piauí, a porcentagem de perímetros irrigados é insignificante, principalmente devido ao pouco tempo de cultivo, dos elevados custos de implantação do sistema de irrigação e da localização das lavouras de soja, em sua maioria no alto das serras, que adicionam custos para a perfuração de poços e obtenção da água (SEDIYAMA et al., 2015). No entanto, este custo pode ser reduzido em áreas de menores altitudes e profundidades do lençol freático, como nas localizadas na Mesorregião do Vale do Gurguéia, no Sudoeste do estado. Segundo Feitosa (1990), nesta região encontra-se um dos maiores aquíferos do Brasil, o Aquífero Cabeças, com água de excelente qualidade físico-química, baixos teores de sais e que estão sendo desperdiçados em poços jorrantes. De acordo com Rebouças (1981), são 175 poços com volume de descarga entre 10 a 1.000 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, capacidade suficiente para irrigar mais de 10 mil ha com taxa de 600 mm ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, que viabilizaria mais de uma safra por ano.

Portanto, estudos que visam à caracterização do desenvolvimento e desempenho das plantas sob diferentes ambientes e sistemas de manejo são importantes para identificação de cultivares que possam ser utilizadas em distintas épocas de cultivo em uma determinada região. Essas informações podem ser obtidas através de análises de crescimento que consideram caracteres e índices fisiológicos, geralmente relacionados com a atividade fotossintética e acúmulo de fitomassa em determinado período de tempo (BENINCASA, 2004; PEIXOTO E PEIXOTO, 2004).

Analisando as características do Cerrado piauiense observa-se que há potencial para expansão do cultivo de soja irrigada. No entanto, ainda não existem informações quanto ao desempenho da cultura neste sistema na região, fundamental para estimular o investimento dos produtores para a obtenção de mais de uma safra por ano. Contribuindo ainda para a melhor utilização dos recursos e sustentabilidade do sistema produtivo. Nesse contexto, objetivou-se caracterizar o crescimento, desenvolvimento e a produção da soja COODETEC 2730 IPRO sob cultivo irrigado no Nordeste brasileiro.

## 1.2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido em área de écotono Cerrado-Caatinga, na Fazenda Nossa Senhora de Fátima, em Redenção do Gurguéia (9°05'02,2"S, 44°19'34,1"W e 275 m), no Sudoeste do Piauí, Nordeste do Brasil.

O clima da região é quente e úmido, classificado por Köppen como Awa (Tropical chuvoso com estação seca no inverno). A temperatura média anual é de 27 °C e precipitação média de 875,1 mm durante a estação chuvosa, distribuídos entre novembro a abril, com período seco de abril a setembro (ANDRADE JÚNIOR et al., 2009).

A área experimental possui solo classificado como Latossolo Vermelho-amarelo, de relevo plano, cultivada anteriormente com uma safra de soja em sequeiro, seguida de três de soja irrigada e uma de milho irrigado. Entre uma época e outra foi cultivado milheto para cobertura do solo. A área conta com sistema de irrigação com aspersão por pivô central, com aspersores *I Wob* com peso e tubo de descida flexível, pressão de serviço 59 mca, vazão total de 500,43 L h<sup>-1</sup>, raio irrigado de 578,36 m e área total de 105,09 ha. Os aspersores estavam a 3,54 m de altura, a lâmina bruta média diária de água foi de 9 mm dia<sup>-1</sup>. A água utilizada é oriunda de reservatório abastecido por dois poços, proveniente do Aquífero Cabeças.

No pré-plantio realizou-se a correção do solo com 1,2 t de calcário dolomítico (PRNT 90%). Na adubação foram aplicadas 320 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (5-31-5) e 120 kg ha<sup>-1</sup> de KCl. As sementes foram tratadas com 1 mL kg<sup>-1</sup> de semente de Maxim XL (Syngenta®), e a mesma proporção de Dermacor (Dupont®), 5 mL kg<sup>-1</sup> de semente de Stimulate (Stoller®) e 4 mL kg<sup>-1</sup> de semente de CoMo (Stoller®). Também foi realizada a inoculação com a dose recomendada pelo fabricante de *Bradyrhizobium*. Na fase R1/R2, foi aplicado 0,3 L ha<sup>-1</sup> de Score (Syngenta®) e 300 ml de Approach (Dupont®) para controle de doenças.

Utilizou-se a cultivar de soja COODETEC 2730 IPRO, de ciclo precoce, grupo de maturação 7.3 e hábito de crescimento indeterminado. Adotou-se o sistema de plantio direto, com semeadura mecanizada em março, utilizando 10 plantas por metro linear e 0,5 metros entre linhas, a colheita foi manualmente em junho de 2016.

Foi utilizado delineamento em blocos casualizados, constituídos por quatro quadrantes de 26 ha onde foram marcadas aleatoriamente e georreferenciadas (GPS – Garmin Etrex H) cinco plantas para acompanhamento de seu desenvolvimento através das variáveis, segundo metodologia de Cairo et al. (2008): Altura de planta (AP); Diâmetro do caule (DC); Número de folhas (NF) e vagens (NV) por planta. Também determinaram-se os teores de clorofila a (Clh a) e b (Clh b) - por leitura em aparelho clorofilômetro ClorofiLOG – CLF1030 (Falker®, Brasil) no folíolo central do terceiro trifólio completamente desenvolvido do ápice para a base; e clorofila total (Clh total) calculada através da soma da Clh a e Clh b.

As avaliações supracitadas foram realizadas aos 25, 35, 43, 50, 57, 64, 74 dias após a semeadura (DAS), entre os estádios fenológicos V4/V5 (vegetativo com 4 a 5 nós na haste principal) até R7 (início da maturação) (FEHR e CAVINESS, 1977). Também foram coletadas uma planta (parte aérea cortada na superfície do solo) por bloco para realização de análises destrutivas: Área foliar (AF) - determinada em medidor automático LI-3100C (Li-Cor, Biosciences®); Teor relativo de água (TRA) – retira-se três discos foliares de 1,5 cm de diâmetro (Barrs e Weatherley, 1962); Massa da matéria seca das folhas (MSF) e a massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) (PEIXOTO e PEIXOTO, 2004; Cruz, 2007).

Também foram coletadas amostras de solo (0-10 cm de profundidade) em cinco pontos aleatórios de cada quadrante, com auxílio de trado holandês, as quais foram

homogeneizadas para compor uma amostra composta. Estas foram utilizadas para determinação da umidade gravimétrica do solo ( $U_g$ ) (EMBRAPA, 1997).

A colheita foi realizada no estádio R8 (FEHR e CAVINESS, 1977), realizando-se o arranquio manual de todas as plantas em 9 m lineares por bloco. Estas foram submetidas à secagem natural e, posteriormente, realizou-se a debulha manual e limpeza dos grãos para análise da produtividade ( $P$ ) – determinada pelo peso dos grãos obtido em cada parcela ( $\text{kg parcela}^{-1}$ ), corrigindo-se o teor de água para 13% (b.u.) e transformado para  $\text{kg ha}^{-1}$ ; altura de inserção da primeira vagem (AIPV) com auxílio de uma trena; contagem do número de vagens por planta (NV) e contagem do número médio de grãos por vagem.

Ao longo de todo o experimento foram coletados dados de temperatura máxima e mínima, umidade relativa e precipitação na estação agrometeorológica da Fazenda, instalada a 150 m de distância da área com pivô avaliada.

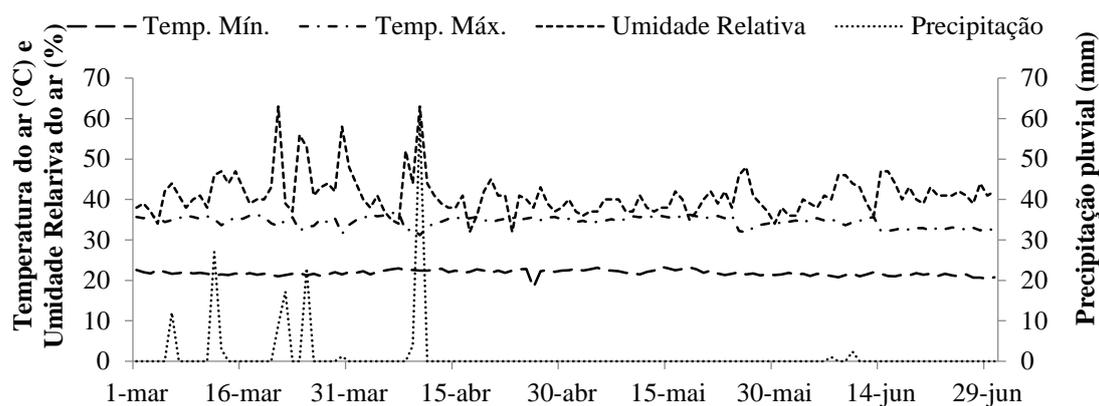
Com os dados de matéria seca da parte área e área foliar foram calculados os índices fisiológicos: Índice de área foliar -  $IAF = AF/S$  ( $\text{dm}^2 \text{dm}^{-2}$ ), (onde S: área do solo disponível e AF: área foliar), Taxa de crescimento da cultura –  $TCC = dMSPA/dt$  ( $\text{g planta}^{-1} \text{dia}^{-1}$ ), (onde dt: derivada do tempo); Taxa de crescimento relativo –  $TCR = TCC/MSPA$  ( $\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$ ); Taxa assimilatória líquida –  $TAL = TCC/AF$  ( $\text{g dm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ) e Razão de área foliar –  $RAF = AF/MSPA$  ( $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$ ) (PEIXOTO e PEIXOTO, 2004). O Índice de colheita (IC) foi determinado pela relação entre o peso da massa da matéria seca da parte aérea (PMS) na colheita e o peso da massa da matéria seca dos grãos (PG), dado pela relação  $IC = PMS/PG$  (CRUZ, 2007).

Para as análises de crescimento foram aplicadas análises de regressão com as médias das variáveis determinadas, a fim de verificar a relação entre a variável dependente (desenvolvimento da planta) e a independente (tempo de avaliação), utilizando o Programa Sigma Plot (2011).

### 1.3. Resultados e Discussão

De acordo com a variação dos elementos climáticos durante o período de cultivo da soja (março a junho de 2016) (Figura 1), observa-se que a temperatura instantânea do ar manteve-se praticamente estável, de 27,3 a 29,9 °C, mantendo-se dentro da faixa adequada para a cultura, de 20 a 30 °C (Farias et al., 2009). A umidade relativa decresceu entre a semeadura (71%) e a colheita (42%), coincidindo com o período de transição da

estação chuvosa para a seca na região (ANDRADE JUNIOR, 2009). A precipitação pluvial total acumulada no período de estudo foi de 159,7 mm, inferior a exigência hídrica da cultura, de 450 a 850 mm (SEDIYAMA et al., 2015). Tal fato evidencia que neste período ocorre a principal limitação para a sojicultura na região pela grande escassez de água, demonstrando a importância da suplementação hídrica via irrigação para o adequado desenvolvimento e produção das plantas, além de possibilitar o cultivo fora da época recomendada.



**Figura 1.** Valores diários de precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%) e temperatura do ar (°C) correspondentes ao período de cultivo da soja irrigada. Redenção do Gurguéia – PI, Brasil.

Nas condições estudadas, em sistema irrigado, a soja cultivar COODETEC 2730 IPRO apresentou florescimento aos 35 dias após a semeadura (DAS) e ciclo total de 89 dias (Tabela 1). De acordo com a empresa COODETEC o tempo para florescimento desta cultivar na região dos Cerrados é de 32 DAS, havendo pequena diferença em relação aos dados do presente trabalho. No Sul do país, o ciclo total desta cultivar varia de 120 a 125 DAS, sendo que a redução do ciclo neste trabalho pode ser explicada pelo fotoperíodo (12h) ser diferente, já que esta cultivar é recomendada para a região Sul (RS, PR) e em baixa latitude ( $0^{\circ}$  a  $15^{\circ}$ ) a cultivar antecipa o seu ciclo por estar num fotoperíodo maior e com altas temperaturas, induzindo as plantas a florescerem mais cedo, reduzindo seu ciclo fisiológico, chegando a maturação plena precocemente (COODETEC, 2017).

Observa-se nas curvas de crescimento (AP, DC, AF e MSPA) comportamento sigmoide (Figura 2). O crescimento inicial das plantas é lento, até os 25 DAS, pois durante a fase inicial a planta depende fundamentalmente das substâncias de reservas da semente, passando por uma fase exponencial, dependente da absorção das raízes e da atividade

fotossintética e crescimento linear com um novo período lento/estável da planta, chegando a uma eventual paralisação do crescimento (PEIXOTO e PEIXOTO, 2004).

**Tabela 1.** Estádios fenológicos da cultivar de soja COODETEC 2730 IPRO sob cultivo irrigado. Redenção do Gurguéia – PI, Brasil.

Dias após a semeadura	Estádio Fenológico	Descrição*
25	V4/V5	Quarto e quinto nó; 3º e 4º trifólio aberto
35	R1/R2	Início da floração/ floração plena
43	R3	Início da formação das vagens
50	R4/R5	Vagens desenvolvidas/ início do enchimento de grãos
57	R5/R6	Início/enchimento completo de grãos
64	R6	Grãos cheios
74	R7	Início da maturação
89	R8	Maturação Fisiológica

\*Fonte: FEHR; CAVINESS, 1977.

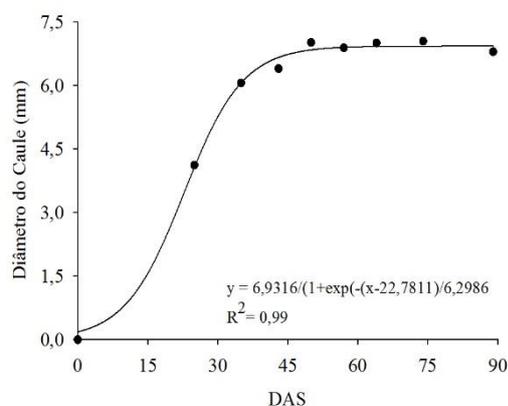
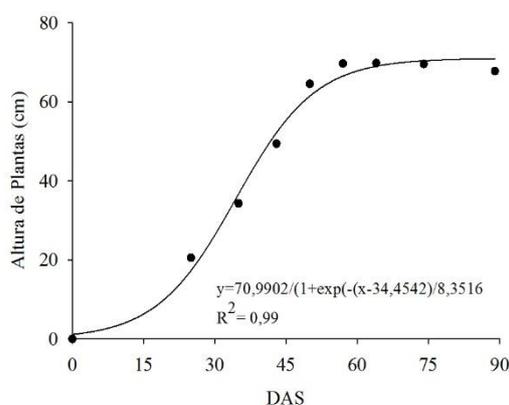
A máxima altura de plantas foi atingida aos 50 DAS (Figura 2A), no estágio fenológico de enchimento de grãos (Tabela 1). Esse comportamento ocorreu devido a cultivar ter hábito de crescimento indeterminado, ela não cessar o crescimento em altura quando atinge a fase reprodutiva, mantendo-se estável apenas no momento em que a planta de soja entra na maturidade fisiológica e dá início a senescência foliar (TAIZ e ZEIGER, 2017). A planta de soja atingiu altura máxima de 70,63 cm aos 50 DAS em condições irrigadas, no entanto o porte esperado para a região do Cerrado é de 81 cm (COODETEC, 2017). Por estar sob alta temperatura e fotoperíodo longo acentua-se o processo de respiração da planta, em prejuízo de ambos os processos de fotossíntese e translocação dos fotossintatos, resultando em menor crescimento e aceleração do processo reprodutivo (EMBRAPA, 2010).

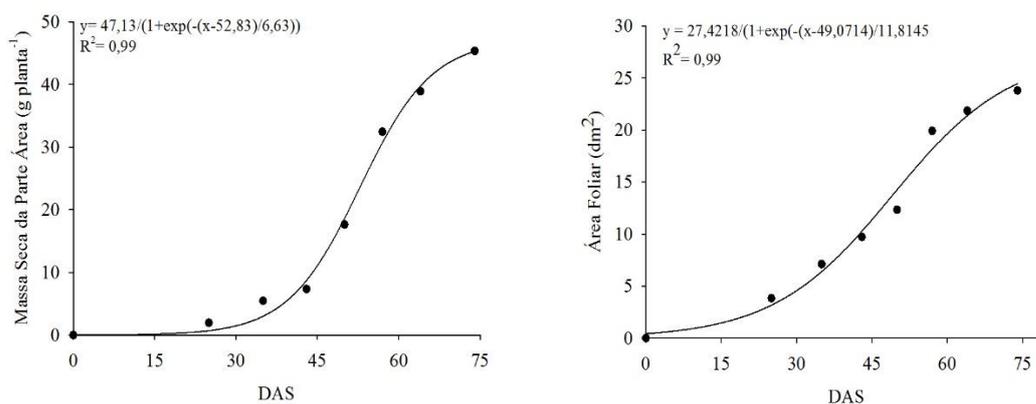
O maior diâmetro de caule (DC) nas plantas de soja foi encontrado durante o desenvolvimento vegetativo, igual a 7,16 cm aos 50 DAS (Figura 2B), momento em que a planta passa a direcionar suas reservas nutricionais para o enchimento dos grãos, cessando a expansão das paredes do caule (MAGALHÃES, 1995). O caule mais espesso é importante para suportar a planta sem que haja acamamento, uma característica de resistência desta cultivar (COODETEC, 2017). O acamamento na lavoura pode ser

prejudicial ao produtor no momento da colheita, por isso é uma característica indesejada nas variedades de soja.

Observa-se que os valores de área foliar da soja aumentaram até atingir o máximo de 23,8 cm<sup>2</sup> aos 75 DAS (Figura 2C). Houve rápida e acentuada expansão foliar após os 15 DAS, conforme é esperado no desenvolvimento de uma folha (Tabela 1). O período de maior crescimento da folha acontece antes dos estádios reprodutivos da planta, sendo de extrema importância para a captação de luz solar e produção de fotoassimilados através dos processos fotossintéticos, os quais no seu estágio reprodutivo serão transportados em sua grande maioria para os grãos, provocando a senescência das folhas mais velhas. Resultado semelhante foi encontrado por Cruz et al. (2007) em pesquisa realizada no Recôncavo Baiano, apontando a máxima área foliar aos 75 DAS na mesma época de plantio e cultivar de soja precoce.

A MSPA obteve aumento expressivo, iniciando com 0,74 g planta<sup>-1</sup> aos 15 DAS e alcançando 44,82 g planta<sup>-1</sup> aos 75 DAS (Figura 1D). Neste momento as plantas já estavam na fase de maturidade fisiológica, com enchimento pleno de grãos, não havendo mais acúmulo de matéria seca, o que pode ser justificado por ser uma região de clima semiárido, onde as temperaturas são elevadas e o fotoperíodo é longo, contribuindo para o encurtamento do ciclo da planta. Resultados semelhantes foram encontrados por Koller et al. (1986) e Brandelero et al. (2002), onde constataram que a velocidade de acúmulo de matéria seca e de nutrientes na fase inicial do desenvolvimento vegetal é baixa, aumentando gradativamente com o tempo, e atingindo o máximo no enchimento completo de grãos.





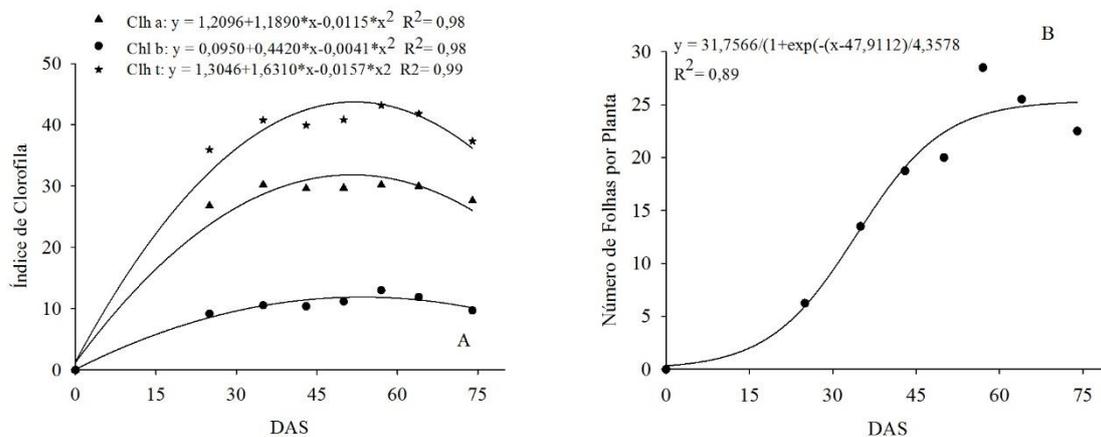
**Figura 2.** Altura de planta (AP) (A), diâmetro do caule (DC) (B), área foliar (AF) (C) e massa da matéria seca da parte área (MSPA) (D) de plantas de soja, cultivar COODETEC 2730 IPRO, sob cultivo irrigado em função dos dias após a semeadura (DAS). Redenção do Gurgueia – PI, Brasil.

O índice de clorofila total (*Chl t*), que corresponde a soma da *Chl a* e *Chl b*, teve seu máximo valor obtido de 43,20 ICF aos 57 DAS. Os maiores valores de clorofila foram encontrados na clorofila a (*Chl a*), alcançado 30,20 ICF aos 57 DAS (Figura 3A). Enquanto que o índice de conteúdo de clorofila b (*Chl b*), um dos pigmentos acessórios no complexo antena, obteve valores mais baixos, atingindo valor máximo de 12,99 ICF na mesma data (Figura 3A). Na maioria das plantas superiores a *Chl a* está em maior quantidade em relação a *Chl b*, pois as primeiras participam do complexo antena e dos centros de reação da cadeia transportadora de elétrons, sendo a segunda apenas clorofilas acessórias que absorvem em um espectro de luz que é pouco utilizado para plantas superiores (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Na cultivar COODETEC 2730 IPRO observa-se comportamento sigmoide, atingindo o máximo número de folhas (28 folhas) aos 57 DAS, momento em que a planta estava entre os estádios fenológico R5/R6, onde os fotoassimilados produzidos através da fotossíntese foram direcionados para os grãos, seguida de redução aos 64 DAS (Figura 3B).

Observa-se ainda uma relação temporal entre o aumento do número de folhas com o aumento dos índices de clorofilas (Figuras 3A e 3B), ambos alcançam valores máximos aos 57 DAS. A explicação para essa relação é porque as folhas jovens apresentam menor conteúdo de clorofila, à medida que ocorre o desenvolvimento da folha ocorre aumento no índice de clorofila foliar (JIANG et al., 2004). Por ser realizada a avaliação sempre na mesma folha, o número de clorofilas aumentou e diminuiu juntamente com o

desenvolvimento das folhas. Essa diminuição nos valores ocorre, pois, as plantas param de produzir algumas proteínas necessárias para que as clorofilas absorvam energia eficiente levando ao seu estágio de decomposição, fazendo com que ocorra a senescência e queda das folhas (TAIZ e ZEIGER, 2017).

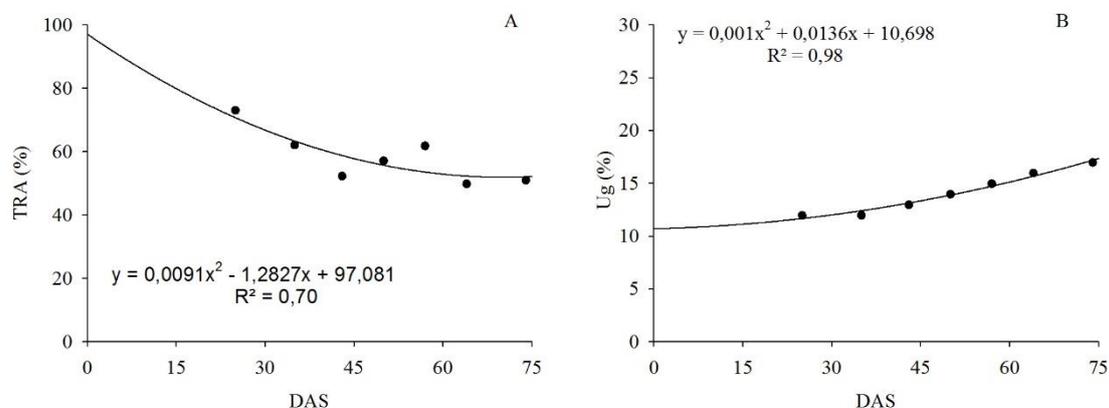


**Figura 3.** Teores de clorofila a (*chl a*), clorofila b (*chl b*) e clorofila total (*chl t*) (A) e número de folhas (B) em plantas de soja cultivar COODETEC 2730 IPRO sob cultivo irrigado em função dos dias após a semeadura (DAS). Redenção do Gurguéia – PI, Brasil.

O teor relativo de água (TRA) obteve comportamento quadrático decrescente, iniciando com maior quantidade de água e reduzindo ao final do ciclo (Figura 4A). Observam-se valores de 70,7% de TRA aos 25 DAS e 52% aos 74 DAS. Essa variação pode ser explicada pelos fatores climáticos na região (Figura 1). Com a ocorrência de altas temperaturas, mesmo estando em campo irrigado a planta tende a fechar os seus estômatos acarretando em uma menor absorção e conseqüente menor transpiração dessa folha. Nos estádios finais da planta (75 DAS), por estar no início da senescência das folhas a planta já não absorve mais tanta água porque as folhas velhas estão com redução no metabolismo como a transpiração, a explicando o baixo TRA nas últimas análises (TAIZ e ZEIGER, 2015).

O teor de umidade do solo (Ug), diferente do TRA, obteve comportamento quadrático crescente, iniciando com 11,66% de água e finalizando o ciclo da cultura com 17,18%, pequena variação na profundidade de 0-10 cm (Figura 4B). Por ser a quantidade de água disponível no solo para a planta em uma profundidade muito pequena, ela não vai variar em função de ser um latossolo que, por ser um solo arenoso, retém pouca água em sua superfície. Esse tipo de solo é constituído por poros grandes fazendo com que a maior quantidade de água fique retida em maiores profundidades e também devido a

ocorrência de altas temperaturas que fazem com que haja uma alta evaporação da água superficial deste solo (LOPES, 1984).



**Figura 4.** Teor relativo de água (TRA) e umidade gravimétrica do solo (Ug) em plantas de soja cultivar COODETEC 2730 IPRO sob cultivo irrigado em função dos dias após a semeadura (DAS). Redenção do Gurgueia – PI, Brasil.

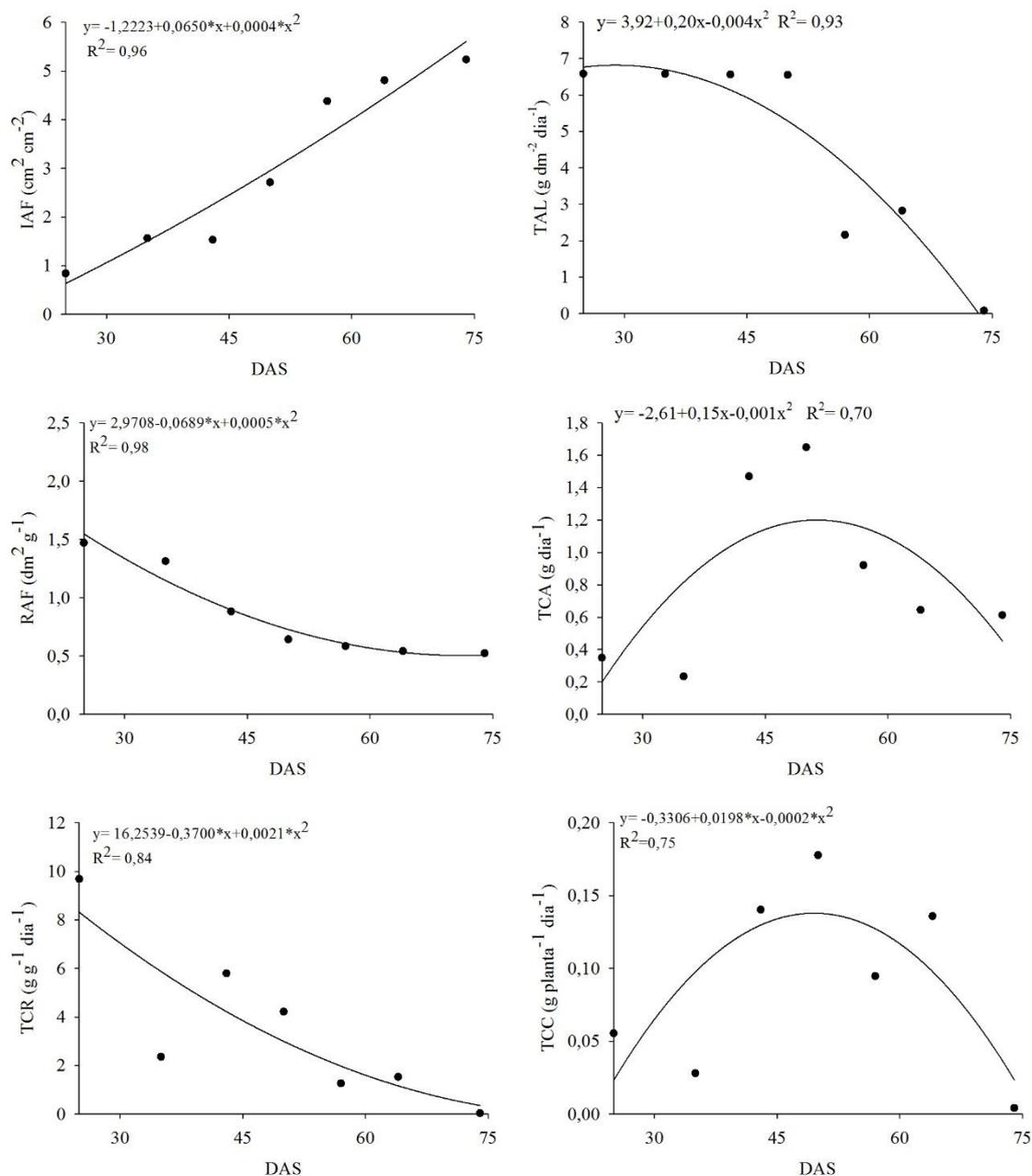
Observa-se comportamento quadrático crescente para o índice de área foliar (IAF), alcançando os maiores valores (3,5 e 5,1  $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$ ) aos 60 e 75 DAS (Figura 5A). O IAF é um indicador da superfície disponível para interceptação e absorção de luz solar, portanto é recomendável que as plantas atinjam um valor ótimo (PEIXOTO e PEIXOTO, 2004). Para culturas com interesse econômico, como a soja, almeja-se um IAF ótimo de 3,2  $\text{cm}^2 \text{cm}^{-2}$  (YOSHIBA, 1972), valor encontrado no presente trabalho. Se o valor ficar acima do IAF ótimo, como acontece aos 75 DAS, significa que muitas folhas estão sendo sombreadas, portanto a área foliar é superior em relação a área ocupada pela planta. Isto pode ser um problema porque um número alto de folhas sombreadas representa áreas de baixa taxa fotossintética podendo acarretar em baixa produção da cultura (MARENCO e LOPES, 2009).

Para a taxa de assimilação líquida (TAL) observa-se comportamento quadrático decrescente, onde os valores máximos foram obtidos entre o estágio vegetativo (25 DAS) e o início do enchimento de grãos (50 DAS), com 6,58  $\text{g dm}^2 \text{dia}^{-1}$  a 6,55  $\text{g dm}^2 \text{dia}^{-1}$ , respectivamente (Figura 5B). A partir desse período houve decréscimo, chegando a 0,08  $\text{g dm}^2 \text{dia}^{-1}$  aos 74 DAS. Esse decréscimo é resultante do aumento do crescimento da planta e da capacidade de produção (maior IAF). No entanto, é esperado que os valores de TAL, que corresponde a eficiência da planta na produção de matéria seca, diminuam em virtude do auto sombreamento das folhas (PEIXOTO e PEIXOTO, 2004).

A área foliar útil para fotossíntese ou a razão de área foliar (RAF) teve seu máximo valor obtido aos 35 DAS ( $1,31 \text{ dm g}^{-1}$ ), decaindo até o final do ciclo com o desenvolvimento da cultura, chegando a  $0,52 \text{ dm g}^{-1}$  (Figura 5C). Essa taxa expressa a fração de matéria seca produzida nas folhas pela fotossíntese que não é exportada para o restante da planta, indicando que inicialmente a maior parte do material fotossintetizado é convertido em folhas, visando a maior captação da radiação solar, e após é exportado para o fruto e semente (ALVAREZ et al., 2005).

A taxa de crescimento absoluta (TCA) apresentou comportamento quadrático crescente iniciando com  $0,35 \text{ g dia}^{-1}$  aos 25 DAS, obtendo pico aos 50 DAS com valor máximo de  $1,65 \text{ g dia}^{-1}$ , com queda após essa data (Figura 5D). O maior valor de TCA está relacionado com o período em que a planta se desenvolve mais rapidamente, com isso ocorre maior incremento de massa seca. Depois o valor reduz porque a planta entra na fase reprodutiva, momento em que a velocidade do crescimento diminui, pois, todas as suas reservas vão ser transportadas para os grãos (PEIXOTO e PEIXOTO, 2004). Por ser uma planta de crescimento indeterminado ocorre a redução expressiva na velocidade de crescimento e acúmulo de matéria seca até os 75 DAS.

Enquanto que comportamento quadrático decrescente foi verificado para a taxa de crescimento relativo (TCR), com máximo valor obtido de  $9,69 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  aos 25 DAS, decaindo posteriormente até os 74 DAS e atingindo o valor mínimo de  $0,04 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  (Figura 5E). A TCR depende exclusivamente da área foliar útil para fotossíntese (RAF) e da taxa fotossintética bruta (TAL), por isso o incremento na massa de matéria seca por unidade de peso inicial diminui ao longo do tempo, sendo mais acentuada e rápida na fase reprodutiva, momento em que a planta diminui expressivamente o seu crescimento vegetativo (PEIXOTO e PEIXOTO, 2004). Uma das causas deste comportamento da TCR ao longo do crescimento da soja é o auto sombreamento das folhas que diminui a sua eficiência fotossintética e conseqüente diminuição no acúmulo da matéria seca, comportamento esse que pode ser observado através da curva do IAF (LUCCHESI, 1984).



**Figura 5.** Índice de área foliar –  $\text{cm dm}^{-2}$  (IAF) (A), taxa assimilatória líquida –  $\text{g dm}^{-2} \text{dia}^{-1}$  (TAL) (B), razão de área foliar -  $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$  (RAF) (C), taxa de crescimento absoluto –  $\text{g dia}^{-1}$  (TCA) (D), taxa de crescimento relativo -  $\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$  (TCR) (E) e taxa de crescimento da cultura –  $\text{g planta}^{-1} \text{dia}^{-1}$  (TCC) (F) em plantas de soja cultivar COODETEC 2730 IPRO sob cultivo irrigado em função dos dias após a semeadura (DAS). Redenção do Gurguéia – PI, Brasil.

O comportamento quadrático crescente foi verificado para a taxa de crescimento da cultura (TCC) (Figuras 5F). Houve aumento máximo nos valores de 0,14 e 0,18  $\text{g planta}^{-1} \text{dia}^{-1}$  aos 43 e 50 DAS, respectivamente, período em que a planta estava no início do fase reprodutiva. Em experimentos realizados no Recôncavo Baiano avaliando várias

cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura, foi observado que todas as cultivares tiveram maiores valores de TCC no final do período vegetativo e início do reprodutivo (CRUZ et al., 2010). Após os 50 DAS houve decréscimo acentuado, provavelmente porque as taxas de crescimento exercem mais influência na fase de desenvolvimento da área foliar, no período vegetativo. Depois desse período ocorre o auto sombreamento das folhas e conseqüente redução no incremento do crescimento (PEIXOTO e PEIXOTO, 2004).

A produtividade média alcançada pela soja COODETEC 2730 IPRO irrigada nas condições de baixa latitude foi de 2.652,0 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 2). Esse resultado foi maior que o verificado no estado do Piauí durante a mesma safra agrícola (1.143,0 kg ha<sup>-1</sup>), ficando próximo da estimativa de safra para o ano agrícola 2016/2017 (2.900,0 kg ha<sup>-1</sup>) (CONAB, 2017). Pode-se dizer que a utilização da irrigação por pivô central é um processo viável durante os meses sem chuva ou com baixa precipitação, condicionando mais de uma safra por ano para esta região, obtendo melhoras na produtividade em anos que o El Niño atua na região, causando uma diminuição significativa na produção do grão.

O valor observado para o índice de colheita (IC) foi de 61% para a soja irrigada na região do Sudoeste do Piauí (Tabela 2). Este valor está acima do encontrado por Brandelero et al. (2002) quando trabalharam com nove cultivares de soja no Recôncavo Baiano, obtendo uma variação de 34 a 50% de IC. A grande capacidade de conversão de matéria seca em produto econômico (produção de grãos), numa época em que as condições climáticas já não favorecem a cultura da soja, torna-se um bom indicativo de que a cultivar COODETEC 2730 poderá ser uma boa opção sob condição irrigada na região de baixa latitude do Sudoeste do Piauí.

**Tabela 2.** Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>), índice de colheita (IC), altura de inserção da primeira vagem (AIPV) e número de vagens por planta de soja cultivar COODETEC 2730 IPRO sob cultivo irrigado em Redenção do Gurguéia –PI.

Caracteres	Valores Médios
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	2.652,0
Índice de Colheita (%)	61,0
Altura de inserção da primeira vagem (cm)	6,8
Número de vagens por planta (unidade)	64,3

O genótipo de soja estudado apresentou altura de inserção da primeira vagem de 6.8 cm (Tabela 2). Esse resultado não é adequado para a colheita mecanizada, pois quanto maior o número de vagens inseridas abaixo da barra de corte da colheitadeira, maior será a perda de grãos (ALCÂNTARA NETO et al., 2012). Carvalho et al. (2010) afirmam que as cultivares de soja devem ter altura de inserção da primeira vagem entre 10 a 12 cm, valores abaixo ou muito acima acarretam em perdas de grãos.

A soja cultivada fora do período chuvoso obteve 64,3 vagens por planta (Tabela 2). Sousa et al. (2016) ao avaliaram 13 cultivares de soja em sequeiro na região Sudoeste piauiense na mesma época de plantio, obtiveram resultados distintos, o número de vagens por planta variou de 28,25 a 49,8. Variável esta que mais contribui para o rendimento de grãos nas leguminosas, por estar correlacionada positivamente com a produção do grão (SANTOS et al., 2015).

A cultivar COODETEC 2730 IPRO cultivada sob irrigação na região do Sudoeste do Piauí obteve encurtamento do ciclo vegetativo, menor porte, boas características agronômicas, boa conversão de matéria seca em produto econômico, mesmo sob condições desfavoráveis como a alta temperatura. Devido as condições hídricas e climáticas a cultura não conseguiu expressar todo o seu potencial produtivo, portanto necessita de maiores estudos em relação a melhor lâmina de água, cultivares adaptadas e viabilidade econômica para a região.

#### **1.4. Conclusão**

1. Ocorreu redução no porte das plantas atingindo uma altura final de 71,63 cm, 13% de redução do seu potencial.
2. Houve redução nas demais características de produção como a matéria seca da parte área que atingiu uma média de apenas 44,82 g planta<sup>-1</sup> e área foliar, 23,8 cm<sup>3</sup>.
3. As taxas e índices fisiológicos demonstraram uma alta capacidade de transformar matéria seca acumulada em uma boa produtividade de grãos, atingindo uma média de 2.652,00 kg ha<sup>-1</sup>.
4. Obteve índice de colheita igual a 61%, considerado um ótimo resultado para a cultura e um número médio de vagens por planta de 64,3, que proporcionou uma boa produção.

### 1.5. Referências Bibliográficas

- ALCÂNTARA NETO, F. A.; PETTER, F. A.; PAVAN, E. B.; SCHMITT, C. R.; ALMEIDA, F. A.; PACHECO, L. P. Desempenho agrônômico de cultivares de soja submetidas à duas épocas de semeadura em área do Cerrado piauiense. **Comunicata Scientiae**, v.3, n. 3, p. 215-219, 2012.
- ALVAREZ, R. C. F.; RODRIGUES, J. D.; MARUBAYASHI, O. M.; ALVAREZ A. C. C.; CRUSCIOL, C. A. C.; Análise de crescimento de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 611-616, 2005.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SILVA, F. A. M.; LIMA, M. G.; AMARAL, J. A. B.; Zoneamento de aptidão climática para o algodoeiro herbáceo no Estado do Piauí. **Revista Ciência Agronômica**. v. 40, n. 2, p. 175-184, 2009.
- BARRS, H. D.; WEATHERLEY, P. E. A reexamination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. **Australian Journal of Biological Science**, v. 15, p. 413 – 428, 1962.
- BENICASA, M. M. P. (1988). **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2ed. Jaboticabal: FUNEP, p. 42, 2003.
- BRANDELERO, E.; PEIXOTO, C. P. M.; SANTOS, J. M. B.; MORAES, J. C. C.; PEIXOTO, M. F. S. P.; SILVA, V. Índices fisiológicos e rendimento de cultivares de soja no Recôncavo Baiano. **Magistra**, v. 14, p.77-78, 2002.
- CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista: UESB, 2008. 70 p.
- CARVALHO, E. R.; REZENDE, P. M.; OGOSHI, F. G. A.; BOTREL, E. P.; ALCANTARA, H. P.; SANTOS, J. P. Desempenho de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] em cultivo de verão no Sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 892-899, 2010.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra de grãos brasileira**. Safra 2016/2017 – Quinto levantamento. Fevereiro 2017.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologia de produção de soja** – Região Central do Brasil 2012 e 2013. Londrina, PR: Embrapa Soja, p. 261, 2011.
- CLAESSEN, M. E. C.; BARRETO, W. O.; PAULA, J. L.; DUARTE, M. N. E. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos – EMBRAPA. **Revista Atual**. 2ed. 1997.
- ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.
- FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Soja. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. p. 263-277.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p.
- FEITOSA, F. A. C. **Estudo hidrológico do Aquífero Cabeça no Médio Vale do Gurguéia/Piauí**. 1990. 465 f. Dissertação – Centro de tecnologia da Universidade Federal do Pernambuco. Recife, 1990.

HEIFFIG, L.S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. São Paulo, 2002. 151 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escolar Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

HOPKINS, W.G. **Introduction to plant physiology**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1999. 512 p.

KOLLER, H. R., NYQUIST, W.E.; CHORUSH, I.S. Growth analysis of the soybean community. **Crop Science**, v10, p. 407-412, 1986.

LOPES, A.S. **Solos sob “cerrado”: características, propriedades e manejo**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 162 p.

MAGALHÃES, A.C.N. **Fotossíntese, partição de assimilados e crescimento de plantas sob estresse: o caso especial do milho**. Simpósio Internacional sobre Estresse ambiental, p.187-221, 1995.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas, nutrição mineral**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2009. 486 p.

MUCHOW, R. C.; ROBERTSON, M. J.; PENGELLY, B. C. Radiation use efficiency of soybean, mungbean and cowpea under different environmental conditions. **Field Crops Research**, v. 32, p. 1- 16, 1993.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. F. S. Dinâmica do crescimento vegetal: Princípios Básicos. In: CARVALHO, C. A. L.; DANTAS, A. C. V. L.; PEREIRA, F. A. C.; SOARES, A. C. F.; MELO FILHO, J. F.; OLIVEIRA, G. J. C. (Org.). **Tópicos em ciências agrárias**. Cruz das Almas: UFRB, 2004. p. 37-54.

REBOUÇAS, A. C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos avançados**, v. 11, n. 29, p. 28, 1997.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015. 333 p.

SOUSA, T. O.; CHAVES, D. V.; HEBERLE, E.; COSTA FILHO, J. H.; SANTANA, F. S.; MONTEIRO, C. R. B.; FERREIRA, R. S.; SANTOS, M. E. Genetic divergence between soybean cultivars grown in the Cerrado in southwestern Piauí, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 37, p. 33519-3526, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. 918 p.

YOSHIDA, S. Physiological aspects of grain yield. **Annual Reviews Plant Physiologic**, v. 23, p. 437-464, 1972.

## 2. CAPITULO II - DESEMPENHO AGRONÔMICO DE SOJA IRRIGADA EM DUAS ÉPOCAS DE SEMEADURAS NO NORDESTE BRASILEIRO

### Resumo

A época de semeadura é uma das variáveis de grande impacto sobre a produtividade de grãos, podendo alterar a arquitetura e o desenvolvimento das plantas. Portanto, objetivou-se avaliar a dinâmica das características de crescimento e a produtividade da cultivar de soja BRASMAX Bônus IPRO irrigada, cultivada em duas épocas de semeadura no Nordeste brasileiro. O experimento foi realizado na Fazenda Nossa Senhora de Fátima, no Município de Redenção do Gurguéia – PI (09°29'12"; -44°35'11"; 292 m), no ano agrícola 2016/2017, em duas épocas (junho a setembro; dezembro a março). Utilizou-se irrigação por pivô central, com lâmina diária de 12 mm. A área do pivô foi dividida em quatro quadrantes de 26 hectares cada, onde foram demarcadas cinco plantas com auxílio de um GPS. As plantas foram analisadas aos 30, 45, 60, 75 e 83 dias após a semeadura. As variáveis analisadas foram: altura de planta, diâmetro do caule, massa da matéria seca da parte aérea, área foliar, teor relativo de água, umidade gravimétrica do solo, número de trifólios por planta, índice de clorofila a, b e total, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, número médio de grãos por vagem e produtividade. A cultivar obteve diferentes respostas para as características de crescimento entre as duas épocas de semeadura. Sendo a segunda época (dezembro a março) a que apresentou os melhores resultados para todas as variáveis analisadas, com exceção da massa seca da parte aérea. Resultando em uma melhor conversão de matéria acumulada em grãos, com uma produtividade de 3.120 kg ha<sup>-1</sup> quando cultivada no período de dezembro a março. Para a época de junho a setembro foram encontrados valores inferiores para todas as variáveis, resultando em uma redução considerável da produção de grãos (2.880 kg ha<sup>-1</sup>).

**Palavras-Chaves:** análises de crescimento, análise quantitativa, Cerrado piauiense, *Glycine Max*, produção

### 2.1. Introdução

A soja é cultivada em grande parte da área mundial localizada em latitudes maiores que 30° N, onde prevalecem condições de clima temperado. O Brasil representa uma exceção dentro desse contexto, pois cerca da metade da produção brasileira é

plantada em latitudes inferiores a 20° N. As regiões situadas em latitudes menores que 10° representam as áreas de maior expansão, especialmente nos Estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Pará (EMBRAPA, 2000).

A soja representa uma das culturas mais importantes da agricultura do Estado do Piauí, com uma produção de mais de 2 milhões de toneladas em quase 700 mil hectares de área cultivada, o que corresponde a 1,8% da produção brasileira e 21,2% da produção da região Nordeste (CONAB, 2017). No Piauí, as lavouras produtoras deste grão encontram-se no Sudoeste piauiense, região que possui uma grande ocorrência da estação seca, limitando o cultivo a somente uma safra por ano (período chuvoso de novembro a abril) (SOUSA et al., 2016). No entanto, com o uso da irrigação é possível ter até três safras de soja por ano, como está sendo feito por alguns produtores de soja com o uso do pivô central.

Considerando que o desenvolvimento da soja tem influência direta dos vários fatores climáticos, dentre eles a temperatura do ar, a precipitação pluviométrica, a umidade relativa do ar, a umidade gravimétrica do solo, o fotoperíodo e a época de semeadura desempenham fundamental importância na qualidade da produção (MOTTA et al., 2000). Portanto, a adoção de épocas de semeadura que propiciem condições climáticas próximas às exigidas pela cultura são de extrema importância para o bom desempenho produtivo das lavouras (PEIXOTO et al., 2000).

A época de semeadura é uma das variáveis de grande impacto sobre a produtividade, podendo alterar a arquitetura e o desenvolvimento das plantas. Semeados em diferentes épocas, os cultivares expressam suas potencialidades em relação às condições do ambiente, que mudam no espaço e no tempo. Diante disso os genótipos podem responder diferencialmente ao ambiente, as indicações da melhor época para cada cultivar devem ser precedidas de ensaios regionalizados (BARROS et al. 2003, PEIXOTO et al., 2000, PELUZIO et al., 2007).

Sabendo que, a comunidade vegetal é dinâmica e sofre variações constantes em sua estrutura, o seu crescimento pode ser baseado na quantidade de material acumulado na planta (massa da matéria seca) e em sua superfície fotossintetizante (área foliar). Além disso, podem ser estudadas medidas de dimensões lineares (altura de planta e diâmetro de caule), e ser acompanhado a partir da contagem de unidades estruturais, morfológicas ou anatômicas (número de folhas e de nós), que podem fornecer informações sobre a

fenologia e são muitas vezes utilizadas para detectar diferença entre os tratamentos estabelecidos (BENICASA, 2003). Outras características como: altura de inserção da primeira vagem, número de ramificações e os componentes de produção da planta (número total de vagens, número total de grãos), diferem entre cultivares e são modificadas pelas condições climáticas, as quais variam entre épocas de semeadura com variação no máximo rendimento econômico (GARCIA, 1992; RITCHIE et al., 1994; PELÚZIO et al. 2005).

Peixoto et al. (2002), estudando o efeito da época de semeadura e diferentes densidades de plantio sobre os componentes de produção em três cultivares de soja no estado de São Paulo, constataram que a época de semeadura é o fator que mais influencia na produção de grãos. No Recôncavo Bahiano foi observada a influência de diferentes épocas de semeadura em dez cultivares de soja, verificando redução do ciclo em 80% dos cultivares testados (SANTOS et al., 2003).

Sabe-se que as características das plantas de cada cultivar são essenciais à constituição dos genótipos. Porém, cabe ao produtor interferir no processo produtivo, através do manejo de práticas culturais como a escolha da época de semeadura mais adequada, de forma que o material escolhido expresse a máxima produtividade (CRUZ et al, 2010). Diante do exposto, objetivou-se avaliar a dinâmica das características de crescimento e a produtividade da cultivar de soja BRASMAX Bônus IPRO, cultivada em duas épocas de semeadura sob irrigação por pivô central.

## **2.2. Material e Métodos**

O experimento foi conduzido em área de écotono Cerrado-Caatiga, na Fazenda Nossa Senhora de Fátima em Redenção do Gurguéia (9°05'02,2" S, 44°19'34,1" W e 275 m), no Sudoeste do Piauí, Nordeste do Brasil.

O clima da região é quente e úmido, classificado por Köppen como Awa (Tropical chuvoso com estação seca no inverno). A temperatura média anual é de 27 °C e precipitação média de 875,1 mm durante a estação chuvosa, distribuídos entre novembro a março, com período seco de abril a setembro (ANDRADE JÚNIOR et al., 2009).

A área experimental possui solo classificado como Latossolo Vermelho-amarelo, de relevo plano, cultivado anteriormente com uma safra de soja em sequeiro, seguida de quatro safras de soja irrigada e uma de milho irrigado. Entre uma época e outra foi

plantado milheto com a finalidade de cobertura do solo, com exceção da primeira época de plantio deste experimento. A área possui um sistema de irrigação com aspersão por pivô central, com aspersores *I Wob* com peso e tubo de descida flexível. Foi aplicada pressão de serviço de 59 mca, com vazão total de 500,43 L h<sup>-1</sup>, raio irrigado de 578,36 m e área total de 105,09 ha. Os aspersores estavam localizados a 3,54 m de altura, com lâmina bruta média diária de 12 (doze) mm dia<sup>-1</sup> e a água utilizada é oriunda de reservatório abastecido por dois poços proveniente do Aquífero Cabeças.

O experimento todo, desde o preparo do solo, a escolha da cultivar e as épocas de semeadura foram avaliados nas condições reais de cultivo do proprietário da fazenda.

A primeira época foi semeada no dia 29 de junho de 2016, sendo que no pré-plantio realizou-se a correção do solo com 1 t de calcário dolomítico (PRNT 90%). As sementes foram tratadas com 1 mL kg<sup>-1</sup> de Maxim XL (Syngenta®), 1 mL kg<sup>-1</sup> de Dermacor (Dupont®), 5 mL kg<sup>-1</sup> de Stimulate (Stoller®) e 4 mL kg<sup>-1</sup> de CoMo (Stoller®). Ainda foi realizada a inoculação das sementes com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na dose recomendada pelo fabricante. Na adubação de base foi aplicado 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (fórmula 8-40-8) e 120 kg ha<sup>-1</sup> de KCl. No estágio fenológico R1/R2 (floração) foi aplicado 0,3 L ha<sup>-1</sup> de Score (Syngenta®) e 300 ml de Approach (Dupont®) para controle de doenças.

A segunda época foi semeada no dia 13 de dezembro de 2016. As sementes foram tratadas com 1 mL kg<sup>-1</sup> de Maxim XL (Syngenta®), 1 mL kg<sup>-1</sup> de Dermacor (Dupont®), 5 mL kg<sup>-1</sup> de Stimulate (Stoller®) e 4 mL kg<sup>-1</sup> de CoMo (Stoller®). Realizada inoculação das sementes com *Bradyrhizobium* na dose recomendada pelo fabricante. Para adubação de base foram aplicados 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (fórmula 5-30-15) e 100 kg ha<sup>-1</sup> de KCl. Na fase R1/R2 (floração) foi aplicado 0,3 L ha<sup>-1</sup> de Score (Syngenta®) e 300 ml de Approach (Dupont®) para controle de doenças.

Utilizou-se a cultivar de soja BRASMAX BÔNUS IPRO, de ciclo médio, grupo de maturação 7.9 e hábito de crescimento indeterminado, recomendada para a região de Cerrado. Adotou-se o sistema de plantio direto, com semeadura mecanizada, com 10 plantas por metro linear e 0,5 metros entre linhas.

Seguiu-se o delineamento em blocos casualizados em parcelas subdivididas no tempo, onde a parcela são as épocas de semeadura e as subparcelas as variáveis analisadas, com duas épocas (junho a setembro; dezembro a março), com quatro

repetições (quadrantes de 26 ha), avaliando cinco plantas em cada quadrante aos 30, 45, 60, 75 e 83 dias após a semeadura (DAS).

As avaliações foram realizadas quinzenalmente, entre os estádios fenológicos V4/V5 (vegetativo com 4 a 5 nós na haste principal) até R7 (início da maturação) (FEHR e CAVINESS, 1977). Cinco plantas por quadrante foram marcadas aleatoriamente e georreferenciadas (GPS – Garmin Etrex H) para avaliação do desenvolvimento através das variáveis, segundo Cairo et al. (2008):

- Altura de planta (AP) - medida da distância (cm) entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal;
- Diâmetro do caule (DC) - medida (mm) com paquímetro digital a 2 cm da superfície do solo;
- Número de trifólios por planta (NF) e número de vagens (NV) por planta - obtidos por contagem dos respectivos órgãos na planta inteira;
- Teores de clorofila *a* (Clh *a*) e *b* (Clh *b*) - por leitura em aparelho clorofilômetro ClorofiLOG – CLF1030 (Falker®, Brasil) no folíolo central do terceiro trifólio completamente desenvolvido do ápice para a base;

No mesmo período de avaliação também foram coletadas uma planta (parte aérea cortada na superfície do solo) por bloco para a realização de análises destrutivas, realizadas nos laboratórios de Fitotecnia e Bioquímica da UFPI:

- Área foliar (AF) - determinada em medidor automático LI-3100C (Li-Cor, Biosciences®);
- Teor relativo de água (TRA) – retirou-se três discos foliares de 1,6 cm de diâmetro oriundos do folíolo central do terceiro trifólio completamente desenvolvido, do ápice para a base, da haste principal da planta. Estes foram pesados para mensuração do peso fresco (MF1), mantidos em câmara úmida por 17 horas e novamente pesados para obtenção do peso túrgido (MF2), secos em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até peso constante e novamente pesados para obtenção do peso seco (MS). Em seguida, foi calculado o TRA utilizando a equação:  $TRA = 100[(MF1 - MS)/(MF2 - MS)]$  (BARRS e WEATHERLEY, 1962);
- Massa da matéria seca das folhas (MSF) - pesagem do peso seco de todas as folhas da planta, após secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65±5°C até massa constante;

-Massa da matéria seca total (MMST) – soma do peso da massa seca das frações (hastes, folhas e vagens), segundo métodos de Peixoto e Peixoto, 2004; Cruz, 2007;

- Teor de umidade gravimétrica do solo (Ug) - foram coletadas amostras de solo (0-10 cm de profundidade) em cinco pontos aleatórios de cada quadrante, com auxílio do trado holandês, as quais foram homogeneizadas para compor uma amostra composta seguindo metodologia da EMBRAPA (1997).

A colheita foi realizada no estádio R8 (FEHR e CAVINESS, 1977), realizando-se o arranquio manual de todas as plantas de 9 m lineares por bloco. Estas foram submetidas à secagem natural e, posteriormente, realizou-se a debulha manual e limpeza dos grãos para análise dos componentes de rendimento:

- Produtividade (P) – determinada pelo peso dos grãos obtido em cada parcela ( $\text{kg parcela}^{-1}$ ), corrigindo-se o teor de água para 13% (b.u.) e transformado para  $\text{kg ha}^{-1}$ ;

- Altura de inserção de primeira vagem (AIPV) – medida da distância (cm) entre a superfície do solo e a inserção da primeira vagem na haste principal;

- Número de vagens por planta (NV) - obtidas através de contagem manual;

- Número médio de grãos por vagem – obtido através de contagem manual.

Ao longo de todo o experimento foram coletados dados de temperatura máxima e mínima, umidade relativa e precipitação na estação agrometeorológica da Fazenda, instalada a 150 m de distância da área com pivô avaliada.

As análises de crescimento e de produtividade de cada safra foram submetidas à análise de variância. Os efeitos estatisticamente significativos foram analisados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, para comparação de médias das duas épocas de semeadura em função dos dias após a semeadura, utilizando o programa estatístico R. E foram aplicadas análises de regressão com as médias das variáveis determinadas, a fim de verificar a relação entre a variável dependente (desenvolvimento da planta) e a independente (tempo de avaliação), utilizando o Programa Sigma Plot versão 2011.

### **2.3. Resultados e Discussão**

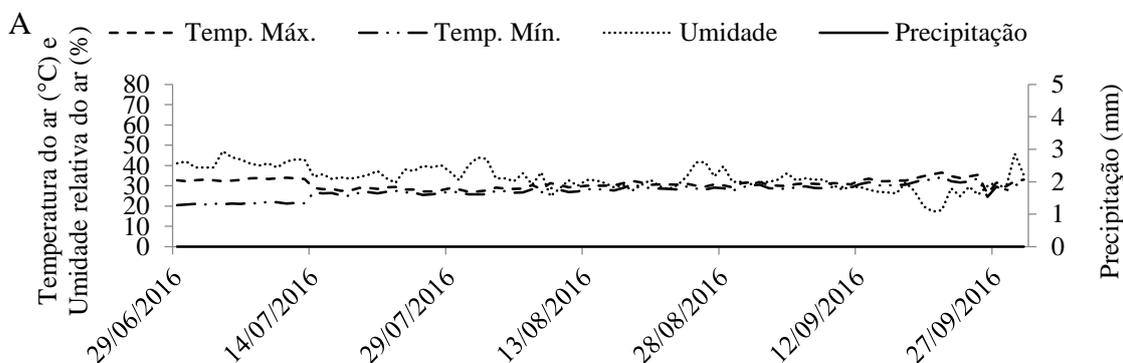
De acordo com a variação dos elementos climáticos durante as duas épocas de cultivo da soja (junho a setembro de 2016 e dezembro a março de 2016/2017), observa-se diferença entre as épocas em todos os elementos (Figura 1A). Na primeira época, a

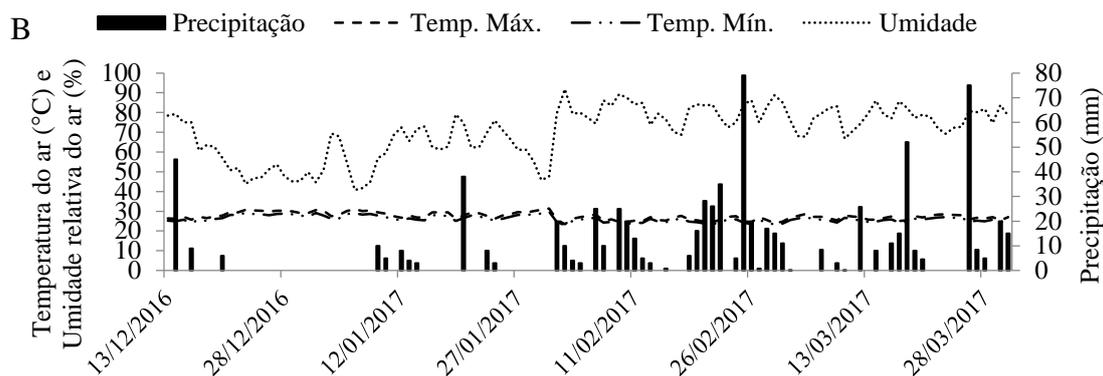
temperatura do ar teve valor máximo de 36,5 °C e mínimo de 20,4 °C. Para a umidade relativa não houve muita variação ao decorrer do primeiro experimento, atingindo o valor máximo de 57,5%, devido a ausência de precipitação, e ocorrência de água apenas pelas lâminas de irrigação (12 mm). A baixa umidade relativa e ausência de precipitação são problemas que limitam a sojicultura na região nesse período seco e, por isso, o uso da irrigação auxilia no desenvolvimento das plantas com melhores resultados na produção de grãos.

Na segunda época podemos observar que a temperatura máxima atingiu os 31,3 °C e a mínima 23,1 °C (Figura 1B), valores próximos da faixa considerada adequada para a cultura que é de 20 a 30 °C (FARIAS et al., 2007). A umidade relativa na semeadura estava alta (78,5%), decrescendo no mês de janeiro, enquanto que no início de fevereiro obteve o valor máximo (91,9%) e manteve-se alta até o final do experimento (78,4%). Os altos valores de umidade relativa nessa época são explicados pela ocorrência do período chuvoso na região, onde foi contabilizado um total acumulado de 796,4 mm.

Se formos observar a diferença dos dois períodos em relação a temperatura, veremos que na primeira época de semeadura houve uma variação de graus-dia de 16,4 °C, o dobro da segunda época que obteve uma variação de apenas 8,2 °C. Essa diferença pode interferir na soja, já que a alta temperatura é uma variável que pode agir negativamente na produção final de uma planta, por modificar o ciclo da cultura.

Em estudos realizados pela EMBRAPA Soja (2003) constatou-se que altas temperaturas possuem efeito adverso na taxa de crescimento, provocam distúrbios na floração e diminuem a capacidade de retenção de vagens. Temperaturas muito acima da ideal acarretam em floração precoce e maturação acelerada, havendo diminuição na altura de planta.





**Figura 1.** Dados diários de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluvial (mm), correspondente a primeira (A) e segunda (B) época de semeadura da soja cultivar Brasmax Bônus IPRO. Bom Jesus – PI, Brasil.

Nas condições estudadas, sistema irrigado e semiárido, a cultivar BRASMAX Bônus IPRO apresentou na primeira época de semeadura um ciclo total de 128 dias e na segunda época de 119 dias (Tabela 1). Observa-se ainda que nas duas épocas a duração do período vegetativo (V) foi semelhante, no entanto as plantas atingiram o estágio vegetativo V6 antes do início da floração (R1) na segunda época. A floração nas duas épocas foi tardia (44 DAS) sendo sugerido que 38 DAS é o tempo aproximado para que essa cultivar floresça, de acordo com a empresa Brasmax. Para ambas, o período reprodutivo (R) teve início aos 44 DAS e chegou a R7 (maturação fisiológica) aos 83 DAS. Porém a primeira época de semeadura teve seu ciclo mais longo com relação a primeira, sendo de 118 a 123 dias o ciclo total dessa cultivar na região dos Cerrados (BRASMAX, 2017), o que pode ser explicado pela ocorrência de altas temperaturas induzindo a planta a acelerar seu ciclo.

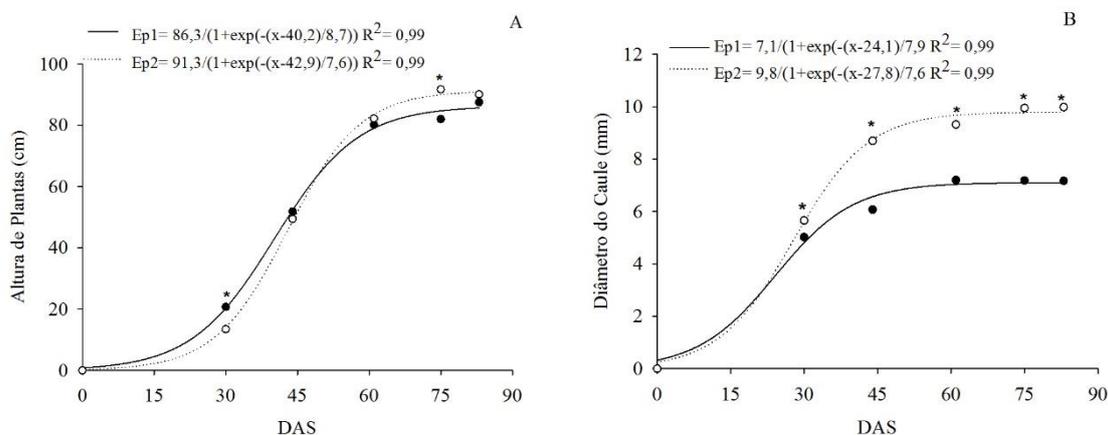
**Tabela 1.** Estádios fenológico da cultura da soja BRASMAX BÔNUS IPRO em duas épocas de semeadura ao longo dos dias após a semeadura (DAS). Redenção do Gurguéia – PI.

DAS	Estádios Fenológicos*	
	1ª Época	2ª Época
30	V4/V5	V4/V5
45	R1/R2	R1/R2
60	R3/R4	R4/R5
75	R5/R6	R6
83	R6/R7	R6/R7

\*CÂMARA, 1998.

A diferença de valores finais de AP entre as épocas de semeadura pode ser explicada pelo período de baixas temperaturas (23,1 °C) e menor volume de precipitações ocorridas na primeira época, estimulando o crescimento até R6. De acordo com a literatura, o porte médio das plantas de 85 cm é encontrado em regiões de baixa latitude (BRASMAX, 2017). Este resultado pode ter sido causado pelo florescimento tardio (44 DAS) que resultou em plantas com maior porte e com impacto direto no incremento de biomassa.

Para o diâmetro do caule observa-se comportamento sigmoide (Figura 2B). Onde a segunda época de semeadura obteve incremento significativo em relação a primeira época até os 83 DAS. A primeira época cessou seu incremento aos 60 DAS (7,19 mm) mantendo-se constante até o final do ciclo. Obtendo uma redução de 28% quando em comparação com a segunda época, com incremento rápido até os 45 DAS, e após um crescimento lento chegando a 9,97 mm de espessura aos 83 DAS, obtendo uma maior capacidade de suportar as folhas e vagens por serem mais robustas, reduzindo risco de acamamento.



**Figura 2.** Altura (A) e diâmetro do caule (B) de plantas de soja BRASMAX Bônus IPRO irrigada em duas épocas de semeadura ao longo dos dias após a semeadura (DAS). Redenção do Gurguéia – Piauí. Valores médios com asteriscos (\*), dentro de cada DAS, significa diferença estatística entre as duas épocas de semeadura pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Esses resultados podem ser explicados levando-se em conta que as altas temperaturas ocorridas na primeira época de semeadura podem ter acarretado em reduções no potencial hídrico das células dos componentes do caule (NEZAMI et al., 2008), cessando sua expansão no momento em que a planta deu início ao desenvolvimento das vagens. Diferindo da segunda época de semeadura que apresentou

maiores condições de precipitação e menores temperaturas obtendo um crescimento de 6,5% dos 60 aos 83 DAS.

O comportamento exponencial foi observado para a massa da matéria seca da parte aérea (MS) nas duas épocas de semeadura (Figura 3A). Observam-se maiores valores para a segunda época até os 60 DAS (22,5 g planta<sup>-1</sup>), no entanto só houve diferença significativa entre as épocas aos 60 DAS, com um incremento de 48,5% a mais que a primeira época.

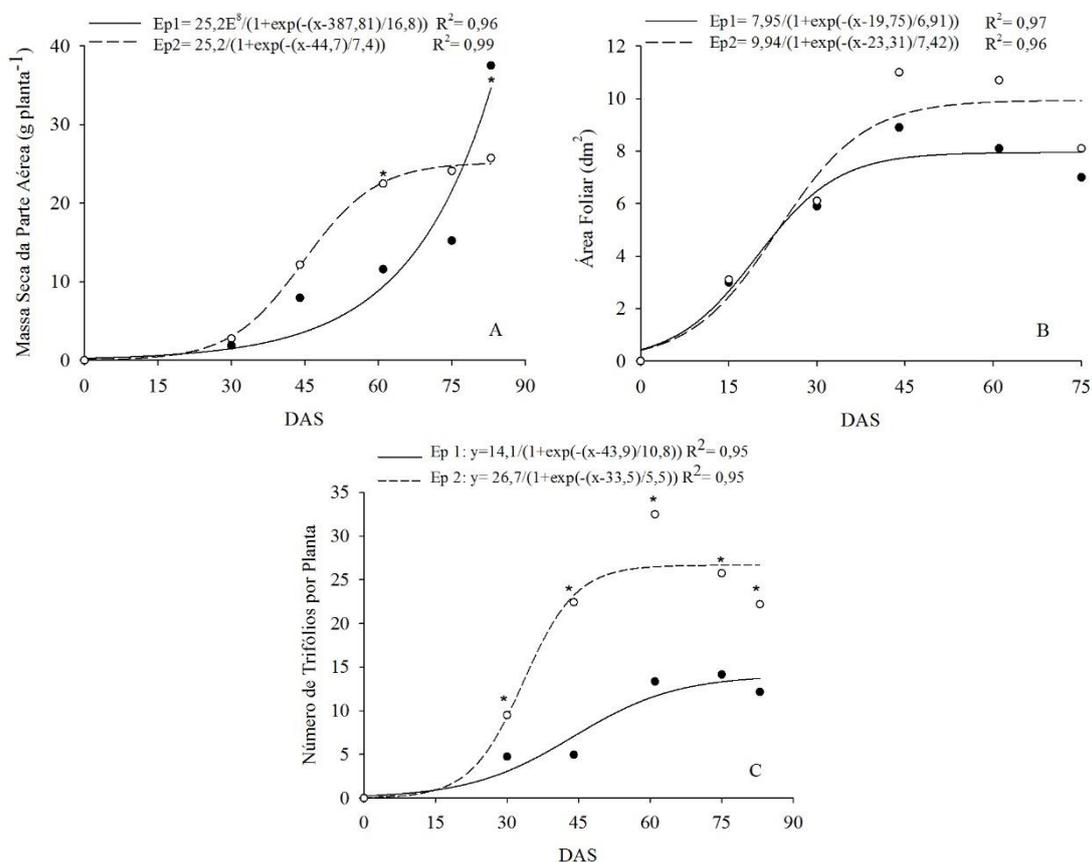
A primeira época teve contínuo crescimento da MS até o final do ciclo da cultura, diferindo estatisticamente da segunda época aos 83 DAS, com valor de 37,5 g MS planta<sup>-1</sup>, incremento final de 31% a mais que a segunda época. Incremento esse que pode ser atribuído ao aumento de nove dias no ciclo de desenvolvimento da cultivar.

Santos (2016) observou resultado semelhante avaliando o crescimento de cultivares de soja do tipo alimento e soja comum no estado de Tocantins. O autor observou que as cultivares que aumentaram os dias do ciclo obtiveram maior incremento de MS, com valor máximo de 40 g planta<sup>-1</sup> na soja comum.

A área foliar (AF) das plantas de soja ajustou-se ao modelo sigmoide, independente da época de semeadura (Figura 3B). O valor máximo observado na primeira época foi de 8,9 cm<sup>2</sup> e na segunda época de 11,0 cm<sup>2</sup> aos 45 DAS, não diferindo entre as épocas ao longo do ciclo. As plantas obtiveram crescimento inicial lento até os 30 DAS, acompanhado de crescimento rápido até os 45 DAS, com leve queda após a planta estar no estágio de senescência, momento em que a planta está na fase reprodutiva e que os fotoassimilados oriundos da fotossíntese e minerais são translocados da fonte (folha) para o dreno (grãos), provocando a senescência das folhas mais velhas.

O número de trifólios por planta aumentou ao longo do ciclo, independente da época de semeadura, sendo que em ambas as épocas houve tendência do comportamento exponencial (Figura 3C). A partir dos 30 DAS, a segunda época de semeadura obteve maior incremento de folhas e, em todos os dias, ela diferiu da primeira época. Aos 75 DAS à primeira época de semeadura obteve 14 folhas por planta enquanto que a segunda época alcançou o valor de 32,5 trifólios por planta aos 61 DAS. A primeira época de semeadura obteve uma redução na quantidade máxima de folhas de 56,9% quando comparada com a segunda época.

De acordo com Cruz et al. (2010), as plantas com maior número de folhas bem distribuídas e possuindo maior área foliar, possibilitam maior captação da energia solar e consequente conversão desta em matéria seca, podendo refletir em uma maior produtividade.



**Figura 3.** Massa da matéria seca da parte aérea (A), área foliar (B) e número de trifólios por planta (C) de soja BRASMAX Bônus IPRO irrigada em duas épocas de semeadura ao longo dos dias após a semeadura (DAS). Redenção do Gurguéia – Piauí. Valores médios com asteriscos (\*) dentro de cada DAS, significa diferença estatística entre as duas épocas de semeadura pelo teste de Tukey a 5% de significância.

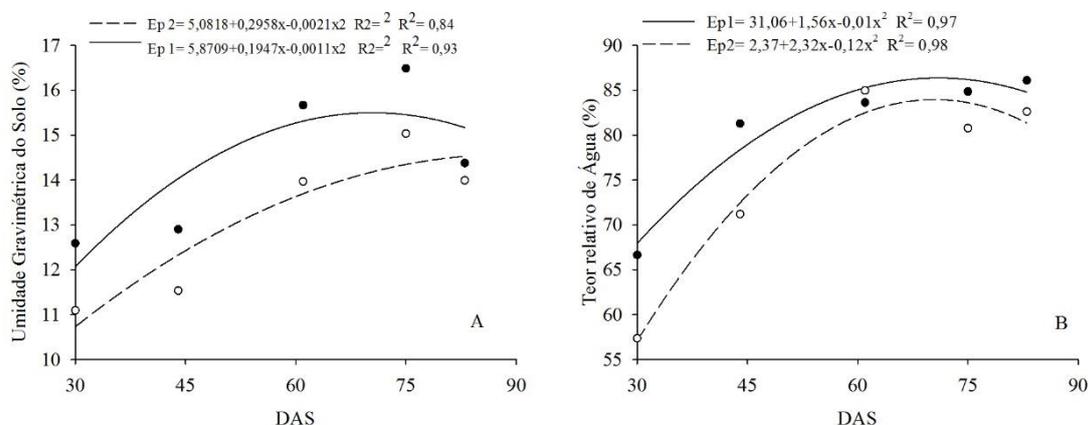
Observa-se um comportamento quadrático para a umidade gravimétrica do solo (Ug), independente das épocas de semeadura (Figura 4A). Ainda pode-se observar que não houve diferença significativa para as épocas em cada dia do ciclo.

As coletas de solo nas duas épocas de semeadura foram no mesmo local (mesmo pivô central) e na mesma profundidade (0-10 cm) e isso pode explicar os valores sem diferença significativa entre as épocas. O solo do pivô é um Latossolo que não retém muita água em sua superfície, por possuir maior quantidade de poros grandes, lixiviando a água para maiores profundidades. Por ser a variável que quantifica a porcentagem de

água presente no solo que está disponível para a planta, podemos observar que a variação foi apenas de 1,5%, independentemente de estar ou não com boas condições de precipitação, umidade e temperatura do ar.

Para as duas épocas de semeadura o comportamento quadrático melhor se ajustou aos dados de teor relativo de água (TRA) e não houve diferença estatística entre as épocas em cada dia do ciclo (Figura 4B). Na primeira época houve aumento ao longo do ciclo da cultura, chegando ao valor máximo de 86% aos 83 DAS enquanto que na segunda época teve comportamento crescente até os 61 DAS, momento em que a planta estava com 85% de água em suas folhas.

Na segunda época, a umidade relativa alta e a precipitação foram maiores do que na primeira época, mas essa diferença não promoveu significância entre os valores de TRA nas duas épocas. Este comportamento pode estar associado ao controle estomático, evitando perdas de água, sendo o TRA um bom covariante para a determinação de variações genéticas resistentes à seca, possuindo adequado ajuste osmótico nas folhas de soja.

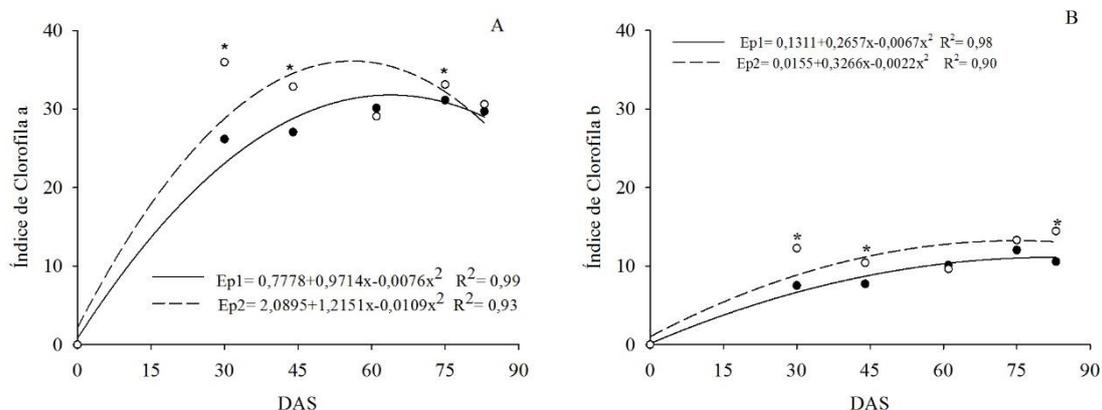


**Figura 4.** Umidade gravimétrica (A) e teor relativo de água (B) de plantas soja BRASMAX Bônus IPRO irrigada em duas épocas de semeadura ao longo dos dias após a semeadura (DAS). Redenção do Gurgueia – Piauí.

O índice de clorofila a (Chl a) teve comportamento quadrático para as duas épocas de semeadura de soja (Figura 5A). A segunda época teve maior índice de clorofila em relação a primeira época, significativamente aos 30, 45 e 75 DAS. O valor máximo verificado para a Chl a foi de 31,1 aos 75 DAS na primeira época e 35,9 aos 30 DAS na segunda época. Fato este que pode ter sido ocasionado pela menor quantidade de folhas na primeira época.

Nas duas épocas de semeadura de soja foi verificado comportamento quadrático para o índice de clorofila b (Chl b) (Figura 5B). Houve diferença estatística entre as épocas de semeadura aos 30, 44 e 83 DAS, sendo que a segunda época teve os maiores valores nesses dias. Foi verificado valor máximo de Chl b (14,0) na segunda época aos 83 DAS, enquanto que na primeira época o valor máximo (12,0) foi alcançado aos 75 DAS. Esses valores são menores do que a metade da clorofila alcançada nas duas épocas por serem clorofilas acessórias, mas que também possui papel importante para a captação da energia solar, porém em espectros diferentes da Chl a.

As clorofilas (*Chl*) são os pigmentos fundamentais, responsáveis pela captação luminosa utilizada na fotossíntese (HOPKINS et al., 1999), compõem um dos principais fatores relacionados à eficiência fotossintética, sendo responsáveis também pelo crescimento e adaptabilidade das plantas a diferentes ambientes. Quando em levadas temperaturas essas clorofilas podem sofrer degradação, o que explica a diferença entre as épocas, onde a segunda época obteve menor temperatura e consequente maiores valores nas clorofilas (ENGEL et al., 1991).



**Figura 5.** Índices de clorofila a (A) e clorofila b (B) de plantas soja BRASMAX Bônus IPRO irrigada em duas épocas de semeadura ao longo dos dias após a semeadura (DAS). Redenção do Gurguéia – Piauí. Valores médios com asteriscos (\*), dentro de cada DAS, significa diferença estatística entre as duas épocas de semeadura pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observa-se que a altura de inserção da primeira vagem (AIPV) na primeira época de semeadura foi de 11,1 cm enquanto que na segunda época foi de 15 cm (Tabela 2). Esta variável é uma característica da própria cultivar, entretanto, fatores como época de semeadura e tipo de solo também podem estar envolvidos. A tendência de apresentar plantas com altura reduzida e, consequentemente, desenvolvimento de vagens próximas

ao solo, são característicos de solos mais arenosos por possuírem baixa capacidade de retenção de água (BARBOSA et al. 2013). Por apresentar elevadas temperaturas (Figura 1A), a primeira época reduziu a altura da planta, com conseqüente redução da altura de inserção da primeira vagem.

Sabe-se que as cultivares de soja devem apresentar altura de inserção da primeira vagem entre 10 a 12 cm, valores abaixo ou muito acima acarretam em perdas de produtividade (CARVALHO et al., 2010). Pode-se observar que a primeira época obteve valores adequados, não sendo prejudicados pela colheita mecanizada por possuir AIPV dentro do indicado, a segunda época já obteve um valor superior também não acarretando em muitas perdas na hora da colheita. Perdas podem ocorrer quando esta variável for inferior a 10 cm por serem rentes ao solo e a linha de corte da colheitadeira acabar abrindo as vagens que estiverem mais baixas, havendo perda de grãos ou vagens.

O número de vagens por planta (NV) variou em função da época de semeadura, onde a primeira época teve 37,8 vagens por planta enquanto que na segunda época foi igual a 77,1 vagens (Tabela 3). Esse comportamento pode ser explicado devido a segunda época possuir menor número de folhas e área foliar, acarretando em uma menor absorção de luz e menor conversão desta em fotoassimilados e nutrientes que são transportados para as vagens e grãos. Esta variável é a que mais contribui para o rendimento de grãos na soja, por estar correlacionada positivamente com a produção (SANTOS et al., 2015).

**Tabela 3.** Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), altura de inserção da primeira vagem (cm), número de vagens por planta e número de grãos por vagem de plantas da soja BRASMAX Bônus IPRO irrigada em duas épocas de semeadura ao longo dos dias após a semeadura (DAS). Redenção do Gurguéia – Piauí.

Caracteres	Valores Médios	
	1ª ÉPOCA	2ª ÉPOCA
Altura de inserção da primeira vagem (cm)	11,1 b	15,3 a
Número de vagens por planta	37,8 b	77,1 a
Número médio de grãos por vagem	2,1 a	2,3 a
Produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	2.880,0	3.120,0

\*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O número médio de grãos por vagem (NMGV) não variou em função da época de semeadura da soja, sendo que a primeira época teve 2,1 grãos por vagem e a segunda

época foi 2,3 grãos (Tabela 2). Esta variável possui relação direta com as condições genéticas das cultivares e não é facilmente influenciada pelas condições ambientais.

Em trabalho realizado por Sousa et al. (2016), foi verificado que em diferentes cultivares de soja produzidas em regiões de baixa latitude em condições de sequeiro o número médio de grãos por vagem foi de 1,65 a 2,5 diferindo entre as cultivares. Característica essa que pode influenciar no tamanho e no peso dos grãos e, conseqüentemente, na produtividade da cultura.

E quanto a produtividade da cultura, observa-se que houve diferença entre as épocas de semeadura, alcançando 2.880,0 kg ha<sup>-1</sup> na primeira época e 3.120,0 kg ha<sup>-1</sup> na segunda época de semeadura (Tabela 3). Em trabalho realizado sob condição de sequeiro em região de baixa latitude no ano agrícola 2015/2016, observou-se variação na produtividade de 888,15 a 1.630,67 kg ha<sup>-1</sup> de soja (SOUSA et al., 2016). Esse resultado comprova que mesmo em época de semeadura não favorável a produção de grãos em região de baixa latitude (altas temperaturas, baixa umidade e baixa precipitação) tem como ser remediada. Uma boa forma seria a adoção da irrigação por pivô central, uma alternativa para os produtores da região com obtenção de aumento na produtividade, como pode ser verificado no presente trabalho (mais de 43%).

Barros et al. (2003) avaliaram o efeito da época de semeadura na produtividade da soja, onde testaram cinco cultivares em cinco épocas distintas (30/10, 09/11, 21/11, 23/12 e 06/01), nos anos agrícolas 2000/2001 e 2001/2002, em Gurupi/TO. Os autores observaram que tanto a época de semeadura antecipada (30/10) quanto a tardia (06/01) causaram quedas na produtividade, sendo a melhor época o dia 21/11, devido a regularidade da precipitação pluviométrica. Esses dados ressaltam a importância do uso da irrigação em locais que há a ocorrência de precipitações adequadas para o cultivo da soja apenas em um período do ano, possibilitando ao produtor mais de uma safra por ano, com uma boa produção, sem perdas significativas.

As análises de crescimento vegetativo e de componentes da produção da cultivar BRASMAX Bônus IPRO semeadas em duas épocas distintas foram suficientes para demonstrar que esta cultivar pode ser uma boa opção para os produtores da região de baixa latitude do Sudoeste do Piauí. Pois mesmo semeada fora das condições adequadas, com altas temperaturas, baixa umidade relativa do ar e nenhuma precipitação, ela obteve

bom desenvolvimento vegetativo e boa produtividade, quando comparada com a média estadual que foi de 2.952 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2017).

No entanto, faz-se necessário mais estudos com a utilização de irrigação com diferentes lâminas que supram a necessidade hídrica da cultura fora do período chuvoso (novembro a março), com a utilização de diferentes cultivares, espaçamentos e densidades de plantio.

## 2.4. Conclusão

1. A cultivar obteve diferentes respostas para as características de crescimento entre as duas épocas de semeadura. Sendo a segunda época (dezembro a março) a que apresentou os melhores resultados para todas as variáveis analisadas, com exceção da massa seca da parte área.
2. Obteve-se melhor conversão de matéria acumulada em grãos, com uma produtividade de 3.120 kg ha<sup>-1</sup>, quando cultivada no período de dezembro a março. Para a época de junho a setembro foram encontrados valores inferiores para todas as variáveis, resultando em uma redução considerável da produção de grãos (2.880 kg ha<sup>-1</sup>).

## 2.5. Referências Bibliográficas

BARBOSA, M. C.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; PICCININ, G. G.; ZUCARELI, C. Desempenho agrônomico e componentes da produção de cultivares de soja em duas épocas de semeadura no arenito caiua. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, p. 945-960, 2013.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas** (noções básicas). 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, p. 41. 2003.

CARVALHO, E. R.; REZENDE, P. M.; OGOSHI, F. G. A.; BOTREL, E. P.; ALCANTARA, H. P.; SANTOS, J. P. Desempenho de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] em cultivo de verão no Sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 892-899, 2010.

CÂMARA, G.M.S. Fenologia da soja. In: CÂMARA, G.M.S. **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: G.M.S. CÂMARA. p. 26-39, 1998.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **A cultura da soja no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, p. 179, 2000.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Soja. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. 1. ed. Brasília. INMET, p. 263-277, 2009.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BURMOOD, D. T.; PENNINGTON, J. S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycyne max* L. Merril. **Crop Science**, v. 11, p. 929-931, 1971.

GARCIA, A. Manejo da cultura da soja para alta produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1991. *Resumos...* Piracicaba: FEALQ, 1991. p. 213-235.

HOPKINS, W.G. **Introduction to plant physiology**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1999. 512 p.

MOTTA, I. S.; BIACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; GONÇALVES, A. C. A.; BRACCINI, M. C. L. Características agronômicas e componentes da produção de sementes de soja em diferentes épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 02, p. 153-162, 2000.

NEZAMI, A.; KHAZAEI, H. R.; REZAZADEH, Z. B.; HOSSEINI, A. Effects of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus*) in controlled conditions. **Journal Desert**, v. 12, p. 99-104, 2008.

PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G. M. S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L. F. S.; LEONARDO, V.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agrícola**. v. 57, n.1, p. 89-95. 2000.

PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G. M. S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L. F. S. Efeito de épocas de semeadura e densidades de plantas sobre o rendimento de cultivares de soja no estado de São Paulo. **Revista de Agricultura**, v. 77, n. 2, p. 265-293, 2002.

PELUZIO, J. M.; FIDELIS R. R. Comportamento de cultivares de soja no Sul do Estado do Tocantis, entressafra 2005. **Journal of Bioscience**, v 21, n3, p. 113-118. 2005.

PELUZIO, J. M.; FIDELIS R. R.; ALMEIDA JÚNIOR, D.; ALMEIDA, R. D.; BARROS, H. B.; SILVA, J. C.; CAPPELLARI, D. Comportamento de cultivares de soja sob condições de várzea irrigada no Sul do Estado do Tocantis, entressafra 2005. In: XXIX Reunião de Soja da Região Central do Brasil. 2007, Campo Grande – MS. *Resumos...* Campo Grande, 2007. p. 287.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E. **How a soybean plant develops?** Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1994. 20p. (Special report, 53)

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

SANTOS, E. R. **Parâmetros genéticos e obtenção de genótipos de soja com ausência de lipoxigenase e características agronômicas em baixas latitudes.** 2016. 160 f. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. *Soja do plantio à colheita.* Viçosa: UFV, 2015. 333 p.

SOUZA, A. J. J.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A., SANT'ANA, J. A. V.; CASTANHEIRA, D. T. Quantitative analysis of growth in coffee plants cultivated with a water-retaining polymer in an irrigated system. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 1, p. 162-171, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p. 918.

### 3. CAPITULO III - ÍNDICES FISIOLÓGICOS DE SOJA IRRIGADA NO NORDESTE BRASILEIRO EM DUAS ÉPOCAS DE SEMEADURA

#### Resumo

A utilização dos índices fisiológicos compõe uma ferramenta primordial para compreensão do crescimento e do desenvolvimento dos vegetais em diferentes condições de ambiente e de manejo. Objetivou-se avaliar a variação dos índices fisiológicos sob a influência de duas épocas de semeadura de plantas de soja irrigada em condições do Nordeste brasileiro. O campo experimental foi montado na Fazenda Nossa Senhora de Fátima, no Município de Redenção do Gurguéia – PI (09° 29' 12"; -44° 35' 11"; 292 m), em duas épocas de semeaduras com a cultivar BRASMAX BÔNUS IPRO, sendo a primeira época de junho a setembro de 2016 e a segunda época de dezembro a março de 2017. Foram calculados através dos dados de matéria seca da parte aérea e da área foliar taxas e índices fisiológicos, tais como: índice de área foliar, taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento relativo, taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento da cultura e razão de área foliar. Na primeira época de semeadura a cultivar obteve respostas inferiores à segunda, devido a primeira apresentar elevadas temperaturas, interferindo no crescimento e acúmulo de matéria seca, havendo conseqüente diminuição de todos os índices e taxas analisadas. Mesmo em sistema de cultivo irrigado a época de semeadura tem efeito direto no crescimento e desenvolvimento das plantas. A cultivar BRASMAX BÔNUS IPRO obteve melhores resultados para taxas e índices fisiológicos quando cultivada no período com temperaturas amenas (dezembro a março).

**Palavras-Chaves:** análise de crescimento, Cerrado piauiense, desempenho fisiológico, *Glycine max*

#### 3.1. Introdução

O Brasil destaca-se mundialmente na produção de soja com uma área plantada de 33.914,9 mil ha e produção de mais de 114 milhões de toneladas, ocupando o segundo lugar no ranking. Na Região Norte-Nordeste ocorreu o maior incremento no percentual da área plantada com a oleaginosa no último ano (14,8%). No Piauí, a área plantada com soja atingiu 693,8 mil hectares, aumento de 22,9% com relação à safra passada (CONAB, 2017). Isso só foi possível devido ao avanço tecnológico, melhoria do manejo e eficácia

dos produtos proporcionando um grande aumento na produtividade da soja (MAPA, 2016).

Ainda que ocorra predominância de solos com textura arenosa, estação seca de 4 a 6 meses (abril a outubro) e possuir extensas áreas com baixa declividade, facilitando a mecanização agrícola, tem sido altamente considerada para expansão da cultura da soja no Piauí a utilização da irrigação por pivô central. A irrigação de culturas agrícolas é uma prática utilizada para complementar a disponibilidade da água provida naturalmente pela precipitação, proporcionando ao solo teor de umidade suficiente para suprir as necessidades hídricas das plantas (SETTI et al., 2001).

Na maioria das lavouras, a disponibilidade de água durante os estádios de desenvolvimento da planta constitui-se, ainda, na principal limitação a expressão do potencial de rendimento da cultura e por causa da variabilidade dos rendimentos de grãos observados na entre safra, fazendo-se indispensável o uso da irrigação (FARIAS et al., 2009). A agricultura irrigada permite a obtenção de aumentos significativos de produtividade de diversas culturas agrícolas, contribuindo para aumentar a duração do período anual de plantios e a produção agrícola.

Uma forma de mensurar esse potencial das culturas é a utilização de índices que expressam as condições fisiológicas da planta e quantificam a produção líquida derivada dos processos fotossintéticos, cujo desempenho é diretamente influenciado por diversos fatores, sendo eles bióticos e/ou abióticos (LESSA, 2007). Fatores como a disponibilidade hídrica, a umidade relativa do ar, temperatura do ar e fotoperíodo influenciam diretamente nas taxas e índices fisiológicos, afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas e alterando alguns fenômenos fisiológicos básicos, como a fotossíntese, a respiração e os processos morfogênicos.

Com a elevada importância socioeconômica da cultura da soja, entender a dinâmica do crescimento e do desenvolvimento constitui uma importante estratégia para um melhor planejamento e maiores rendimentos desta atividade nos municípios produtores. A utilização dos índices e taxas fisiológicas compõe uma ferramenta primordial para a compreensão desta dinâmica em diferentes condições de ambiente e de manejo.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a variação dos índices fisiológicos sob a influência de duas épocas de semeadura de plantas de soja irrigada em condições do Nordeste brasileiro.

### 3.2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido em área écotono Cerrado-Caatiga, na Fazenda Nossa Senhora de Fátima em Redenção do Gurguéia (9°05'02,2" S, 44°19'34,1" W e 275 m), no Sudoeste do Piauí, Nordeste do Brasil.

O clima da região é quente e úmido, classificado por Köppen como Awa (Tropical chuvoso com estação seca no inverno). A temperatura média anual é de 27 °C e precipitação média de 875,1 mm durante a estação chuvosa, distribuídos entre novembro a abril, com período seco de maio a setembro (ANDRADE JÚNIOR et al., 2009).

A área experimental possui solo classificado como Latossolo Vermelho-amarelo, de relevo plano, cultivado anteriormente com uma safra de soja em sequeiro, seguida de quatro safras de soja irrigada e uma de milho irrigado. Entre uma época e outra foi plantado milheto com a finalidade de cobertura do solo. A área possui um sistema de irrigação com aspersão por pivô central, com aspersores *I Wob* com peso e tubo de descida flexível. Foi aplicada pressão de serviço de 59 mca, com vazão total de 500,43 L h<sup>-1</sup>, raio irrigado de 578,36 m e área total de 105,09 ha. Os aspersores estavam localizados a 3,54 m de altura, com lâmina bruta média diária de nove mm dia<sup>-1</sup> e a água utilizada oriunda de reservatório abastecido por dois poços proveniente do Aquífero Cabeças.

A primeira época foi semeada no dia 29 de junho de 2016, sendo que no pré-plantio realizou-se a correção do solo com 1 t de calcário dolomítico (PRNT 90%). As sementes foram tratadas com 1 mL kg<sup>-1</sup> de Maxim XL (Syngenta®), 1 mL kg<sup>-1</sup> de Dermacor (Dupont®), 5 mL kg<sup>-1</sup> de Stimulate (Stoller®) e 4 mL kg<sup>-1</sup> de CoMo (Stoller®). Ainda foi realizada a inoculação das sementes com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na dose recomendada pelo fabricante. Na adubação de base foi aplicado 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (fórmula 8-40-8) e 120 kg ha<sup>-1</sup> de KCl. No estágio fenológico R1/R2 (floração) foi aplicado 0,3 L ha<sup>-1</sup> de Score (Syngenta®) e 300 ml de Approach (Dupont®) para controle de doenças.

A segunda época foi semeada no dia 13 de dezembro de 2016. As sementes foram tratadas com 1 mL kg<sup>-1</sup> de Maxim XL (Syngenta®), 1 mL kg<sup>-1</sup> de Dermacor (Dupont®),

5 mL kg<sup>-1</sup> de Stimulate (Stoller®) e 4 mL kg<sup>-1</sup> de CoMo (Stoller®). Realizada inoculação das sementes com *Bradyrhizobium* na dose recomendada pelo fabricante. Para adubação de base foram aplicados 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (fórmula 5-30-15) e 100 kg ha<sup>-1</sup> de KCl. Na fase R1/R2 (floração) foi aplicado 0,3 L ha<sup>-1</sup> de Score (Syngenta®) e 300 ml de Approach (Dupont®) para controle de doenças.

Utilizou-se a cultivar de soja BRASMAX BÔNUS IPRO, de ciclo médio, grupo de maturação 7.9 e hábito de crescimento indeterminado. Adotou-se o sistema de plantio direto, com semeadura mecanizada, com 10 plantas por metro linear e 0,5 metros entre linhas.

Ao longo de todo o experimento foram coletados dados de temperatura máxima e mínima, umidade relativa e precipitação na estação agrometeorológica da Fazenda, instalada a 150 m de distância da área com pivô avaliada.

Seguiu-se o delineamento em blocos casualizados em parcelas subdivididas no tempo, com duas épocas (junho a setembro; dezembro a março do ano agrícola 2016/2017) constituídas por quatro quadrantes de 26 ha, com cinco plantas em cada quadrante avaliadas aos 30, 45, 60, 75 e 83 dias após a semeadura.

As avaliações de crescimento foram realizadas quinzenalmente, entre os estádios fenológicos V4/V5 (vegetativo com 4 a 5 nós na haste principal) até R7 (início da maturação) (FEHR e CAVINESS, 1977). Para isso foram coletadas plantas aleatoriamente (cortando-se a parte aérea próxima à superfície do solo) e transportadas para o laboratório para determinação de:

Área foliar (AF) – utilizando um medidor automático de bancada LI-3100C (Licor, Biosciences®);

Massa da matéria seca das folhas (MSF) – obtido pelo peso seco de todas as folhas da planta, após secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65±5 °C, até massa constante;

Massa de matéria seca total (MS) – soma do peso da massa seca das frações (hastes, folhas e vagens), segundo método anterior (PEIXOTO e PEIXOTO, 2004; CRUZ, 2007).

Com a obtenção das variáveis acima foram calculados os seguintes índices fisiológicos (PEIXOTO e PEIXOTO, 2004):

- Índice de área foliar:

$$IAF = \frac{AF}{S} \text{ (cm}^2 \text{ cm}^{-2}\text{)}$$

- Taxa de crescimento da cultura:

$$TCC = \frac{dMS}{dt} \text{ (g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}\text{)}$$

- Taxa de crescimento relativo:

$$TCR = \frac{TCC}{MS} \text{ (g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}\text{)}$$

- Taxa assimilatória líquida:

$$TAL = \frac{TCC}{AF} \text{ (g cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}\text{)}$$

- Razão de área foliar:

$$RAF = \frac{AF}{MS} \text{ (cm}^2 \text{ g}^{-1}\text{)}$$

Onde:

AF – área foliar;

S – área de solo ocupada pela planta;

MS – massa seca da parte área;

t – tempo.

Ainda foi avaliado o índice de colheita (IC), determinado pela relação entre o peso da massa da matéria seca da parte aérea (PMS) na colheita e o peso da massa seca dos grãos (PG), dado pela relação (CRUZ, 2007).

$$IC = \frac{PG}{PMS}$$

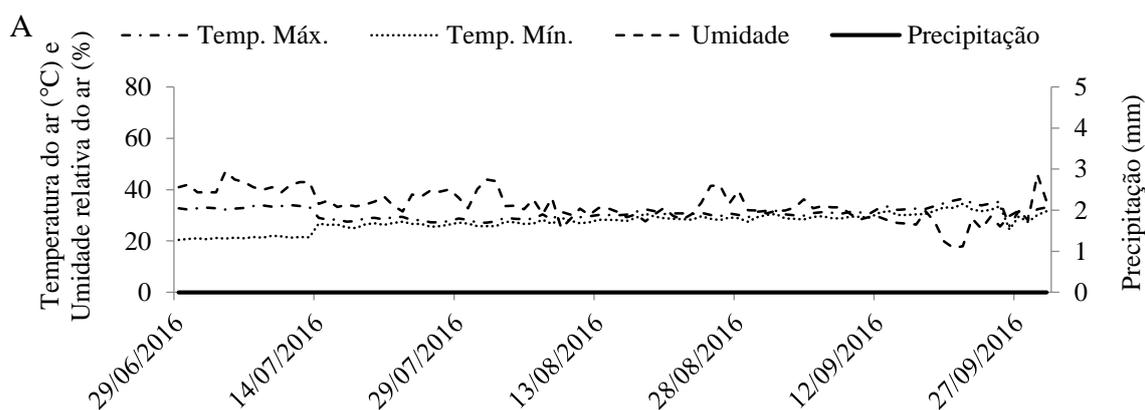
Para avaliar a tendência dos dados médios de crescimento foi aplicada análise de regressão com o objetivo de verificar a relação entre a variável dependente (desenvolvimento da planta) e a independente (tempo de avaliação – estágio fenológico), utilizando o Programa Sigma Plot versão 11.0.

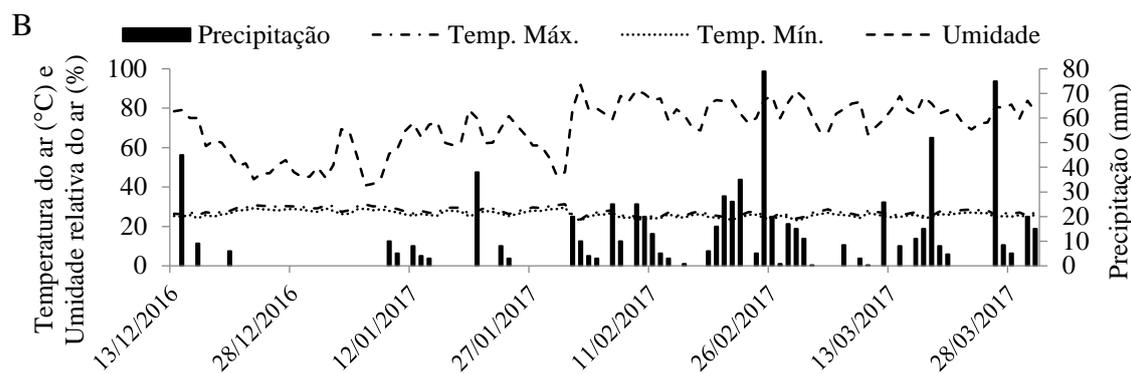
### 3.3. Resultados e Discussão

Houve variação dos elementos climáticos entre as duas épocas de cultivo da soja (junho a setembro de 2016 e dezembro a março de 2016/2017) em todos os fatores avaliados (Figura 1). Na primeira época de semeadura, a temperatura do ar teve valor máximo de 36,5 °C e mínimo de 20,4 °C. Enquanto que a umidade relativa do ar oscilou em todos os dias, atingindo valor máximo de 57,5%, resultante de não ter ocorrido precipitação e apenas água disponível por meio das lâminas de irrigação (12 mm).

Este fato acima evidência a principal limitação para a sojicultora nesta região e demonstra a importância do uso da irrigação para que possibilite o cultivo fora da época chuvosa (novembro a abril), com adequado desenvolvimento das plantas e boa produção de grãos.

Na segunda época de semeadura observa-se que a temperatura máxima foi de 31,3 °C e mínima de 23,1 °C (Figura 1B), um pouco fora da faixa considerada adequada para a cultura que é de 20 a 30° C (FARIAS et al., 2007). Enquanto que a umidade relativa do ar no dia do plantio estava alta (78,5%), decrescendo no mês de janeiro, até alcançar o valor máximo de 91,9% no início de fevereiro e mantendo-se alta até o final do experimento (78,4%). Os valores altos da umidade relativa do ar são resultados dos meses do período chuvoso na região, como pode ser confirmado pela precipitação pluvial acumulada no período igual a 796,4 mm.





**Figura 1.** Dados diários de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluvial (mm), correspondente a primeira (A) e segunda (B) época de semeadura da soja cultivar BRASMAX Bônus IPRO. Bom Jesus – PI, Brasil.

Nas condições de sistema irrigado na região de baixa latitude, a cultivar de soja BRASMAX BÔNUS IPRO ajustou-se ao modelo quadrático para os valores do índice de área foliar (IAF) nas duas épocas de semeadura, obtendo tendências semelhantes (Figura 2A). No entanto, a primeira época (junho a setembro) teve valores inferiores a segunda época (dezembro a março) durante todo o ciclo da cultura. Observa-se aumento nos valores até os 44 dias após a semeadura, aonde chegaram ao seu valor máximo estimado de  $1,8 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$  na primeira época e  $2,2 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$  na segunda época. Após esse período houve redução no IAF, devido à planta estar na fase reprodutiva e ocorrer rápida absorção no momento em que os fotoassimilados e minerais são translocados para a formação dos grãos, dando início a senescência e queda das folhas mais velhas (CAMPOS et al., 2008).

A soja é uma cultura de interesse econômico, portanto almeja-se um valor de IAF ótimo porque durante o crescimento da comunidade vegetal a área foliar deve ser suficiente para interceptar o máximo de luz que será convertida em fotoassimilados (PEIXOTO e PEIXOTO, 2004). E de acordo com Yoshida (1972), o IAF ótimo para a soja é igual a  $3,2 \text{ cm}^2 \text{ cm}^{-2}$ , o que não foi observado neste trabalho pois apresentaram valores inferiores nas duas épocas, implicando em alta redução do rendimento, principalmente na primeira época.

Os fatores ambientais como temperatura e fotoperíodo possuem efeito direto sobre o IAF, dependendo da latitude, altitude, data da semeadura e das características genotípicas da cultivar (SPEHAR et al., 2014). Durante a primeira época ocorreu altas temperaturas e baixa umidade relativa, além de estar em condição de dias longos (Figura 1A), promovendo a indução de florescimento precoce e menor crescimento e

desenvolvimento da planta, acarretando em uma baixa produtividade, com consequente diminuição na área fotossintética e redução de IAF.

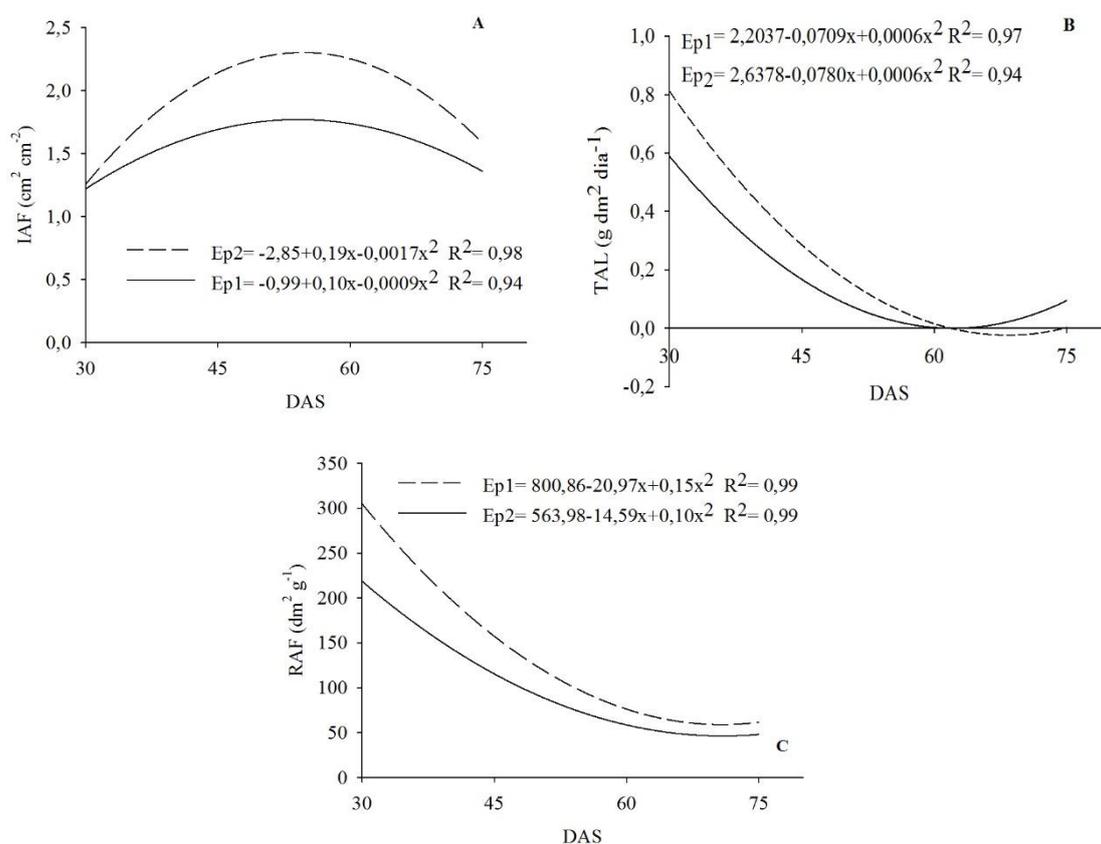
Para a taxa assimilatória líquida (TAL) observa-se comportamento quadrático decrescente, obtendo valores máximos de 0,62 e 0,87 g dm<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> para a primeira e segunda época respectivamente, aos 30 DAS (Figura 2B). Observa-se ainda que aos 60 DAS ambas as épocas de semeadura estavam com TAL próxima ao valor de zero. Nesta variável a primeira época obteve valores de TAL sempre abaixo da segunda época, como visto no IAF.

Esse comportamento é esperado, pois a TAL corresponde ao equilíbrio do produto da fotossíntese e das perdas causadas pela respiração, indicando a eficiência da planta na produção de matéria seca. Os valores tendem a diminuir ao longo do ciclo da cultura da soja em virtude do autossombreamento causado pelas folhas superiores (PEIXOTO e PEIXOTO, 2004), que no caso da primeira época foi menor devido as altas temperaturas e baixa umidade relativa, fazendo com que a planta respire mais e seja menos eficiente na conversão de matéria seca.

A razão de área foliar (RAF) ajustou-se ao modelo quadrático decrescente nas duas épocas de semeadura, no entanto a primeira época obteve valores menores do que a segunda (Figura 2C). O valor máximo observado de 310,6 e 221,1 dm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, respectivamente, na segunda e primeira época de semeadura foi alcançado aos 30 DAS.

Em trabalhos realizados por Zucareli et al. (2012) e Urchei et al. (2000) foi verificado valores altos da RAF no início do ciclo do feijoeiro, indicando que nesta fase a maior parte do material fotossintetizado é convertido em folhas para maior interceptação da energia luminosa e no decorrer do ciclo ocorre diminuição dos valores.

Os valores de RAF declinam durante o crescimento da planta porque ocorre o sombreamento e consequente redução da área fotossinteticamente ativa (PRICE e MUNNS, 2010). Os maiores valores no início do ciclo se devem a maior resposta de área foliar para a interceptação de luz, CO<sub>2</sub> e maior conversão em matéria seca, pois as folhas ainda estão em expansão e a planta em crescimento, sem haver o autossombreamento (PRICE e MUNNS, 2010).



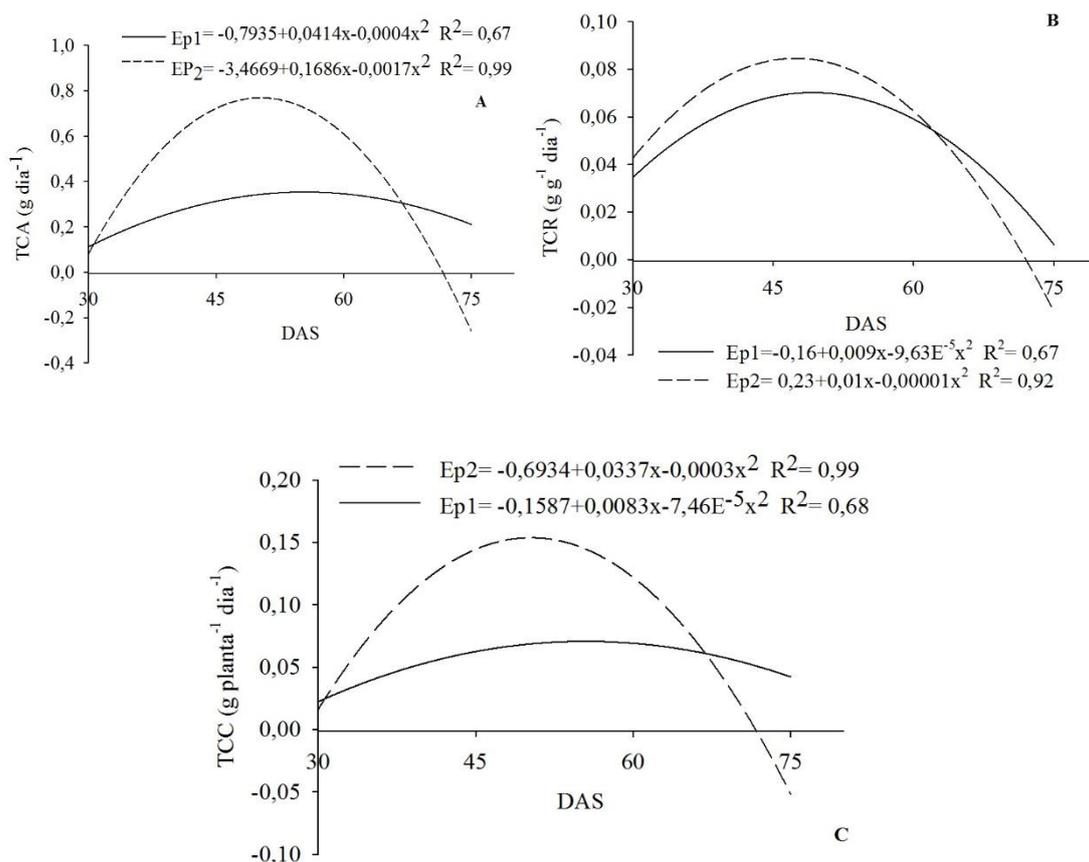
**Figura 2.** Índice de área foliar –  $\text{cm dm}^{-2}$  (IAF) (A), taxa assimilatória líquida –  $\text{g dm}^{-2} \text{dia}^{-1}$  (TAL) e (B) razão de área foliar  $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$  (RAF) (C) de plantas soja BRASMAX Bônus IPRO irrigada em duas épocas de semeadura ao longo dos dias após a semeadura (DAS). Redenção do Gurguéia – Piauí.

A taxa de crescimento absoluta (TCA) apresentou comportamento quadrático crescente, iniciando com  $0,06$  e  $0,09 \text{ g dia}^{-1}$  para a primeira e segunda época respectivamente, aos 30 DAS e valores máximo após os 44 DAS,  $0,4 \text{ g dia}^{-1}$  (primeira época) e  $0,8 \text{ g dia}^{-1}$  (segunda época) (Figura 3A). Novamente é visualizado que a segunda época de semeadura apresentou maiores valores de TCA em relação a primeira época, com uma diferença de 50% no crescimento, além da segunda época obter maior valor no coeficiente de determinação do modelo de regressão.

O maior valor de TCA indica o período em que a planta se desenvolve com mais rapidez, havendo maior acúmulo de massa seca. O decréscimo no valor corresponde ao momento em que a planta entra na fase reprodutiva, diminuindo a velocidade de crescimento devido aos fotoassimilados serem direcionados para o enchimento de grãos (PEIXOTO e PEIXOTO, 2004).

Foi observado comportamento quadrático crescente para a taxa de crescimento relativa (TCR), sendo que a segunda época de semeadura obteve maiores valores em relação a primeira época (Figura 3B). A primeira e segunda época de semeadura obtiveram crescimento inicial lento até os 30 DAS de 0,02 e 0,03 g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> respectivamente, e atingiram o maior crescimento aos 44 DAS, com acúmulo de 0,10 g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> nas duas épocas. Após esse período verificou-se redução constante da TCR com avanço dos DAS nas duas épocas de semeadura, o que é explicado pelo estágio de senescência das folhas.

A TCR reflete o aumento da matéria seca da planta, num determinado intervalo de tempo, em função do tamanho inicial, ou seja, do material pré-existente, havendo tendência de diminuição com a idade da planta (BORTOLINI et al., 2002). Este decréscimo da TCR com a idade da planta está relacionado também com o aumento gradativo de tecidos não fotoassimilatório (TAIZ e ZEIGER, 2009).



**Figura 3.** Taxa de crescimento absoluto – g dia<sup>-1</sup> (TCA) (A), taxa de crescimento relativo - g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (TCR) (B) e taxa de crescimento da cultura – g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (TCC) (C) de plantas soja BRASMAX Bônus IPRO irrigada em duas épocas de semeadura ao longo dos dias após a semeadura (DAS). Redenção do Gurguéia – Piauí.

A taxa de crescimento da cultura (TCC) apresentou comportamento quadrático crescente para as duas épocas de semeadura e novamente a segunda época obteve maiores valores quando comparada a primeira (Figura 3C). Próximo aos 44 DAS observa-se que as duas épocas atingem o máximo valor, igual a 0,08 e 0,13 g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para a primeira e segunda época respectivamente. Os valores máximos de TCC geralmente coincidem com o fim do estágio vegetativo e início do reprodutivo, seguido de decréscimo nos valores em virtude do início da maturação das plantas, perda de folhas e senescência (ROSSETTO e NAKAGAWA, 2001).

Após ocorre redução nos valores da TCC até o final do ciclo, chegando a 0,05 g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (primeira época) e -0,05 g planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (segunda época) (Figura 3C). Possivelmente a diferença entre as duas épocas esteja associada a menor área foliar da primeira época de semeadura em virtude da redução do número de folhas causada pela baixa disponibilidade de precipitação e altas temperaturas, ocasionando uma menor produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, menor taxa de produção de matéria seca.

Pode-se observar que houve a mesma tendência nos valores do IAF, TCA e TCC e a primeira época de semeadura obteve valores inferiores a segunda época devido a baixa disponibilidade de precipitação, baixa umidade relativa do ar e principalmente as elevadas temperaturas, fazendo com que as plantas da primeira época de semeadura não expressem devidamente seu potencial, reduzindo a taxa de crescimento da cultura com conseqüente diminuição na conversão da matéria seca em produção final.

### **3.4. Conclusão**

1. Mesmo em sistema de cultivo irrigado a época de semeadura tem efeito direto no crescimento e desenvolvimento das plantas.
2. A cultivar BRASMAX BÔNUS IPRO obteve melhores resultados para taxas e índices fisiológicos quando cultivada no período com temperaturas amenas (dezembro a março).

### **3.5. Referências Bibliográficas**

ALVAREZ, R. C. F.; RODRIGUES, J. D.; MARUBAYASHI, O. M.; ALVAREZ A. C. C.; CRUSCIOL, C. A.C. Análise de crescimento de duas cultivares de amendoim (*Arachishypogaea L.*). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 611-616. 2005.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; FORSTHOFER, E. L. Sistemas de aplicação de nitrogênio e seus efeitos sobre o acúmulo de N na planta de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 2, p. 373-380, 2002.

CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; FERNANDES, C. S.; RODRIGUES, B. J. D. Análise de crescimento em plantas de soja tratadas com substâncias reguladoras. **Revista Biotemas**, v. 21, n. 3, p. 53-63, 2008.

CRUZ, T. V. D.A; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C.; BRUGNERA, A.; LOPES, P. V. L. Índices fisiológicos de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura no Oeste da Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, p. 663-679, 2011.

FARIAS, J. R. B., NEUMAIER, N., NEPOMUCENO, A. L. Soja. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. 1. ed. Brasília. INMET, p. 263-277, 2009.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 94-99, 2005.

LESSA, L. S. **Avaliação agrônômica, seleção simultânea de caracteres múltiplos em híbridos diplóides (aa) e desempenho fisiológico de cultivares de bananeira**. 2007. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais. Universidade Federal da Bahia, 2007.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da Produção**. Viçosa, MG: Ed. UFV, p. 146-175. 2015.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. F. S. **Dinâmica do crescimento vegetal: Princípios Básicos**. Cruz das Almas. 2004.

PRICE, C.; MUNNS, R. Growth analysis: a quantitative approach. In: MUNNS, R.; SCHMIDT, S.; BEVERIDGE, C. (Eds.). **Plants in action**. Australian Society of Plant Scientists, New Zealand Society of Plant Biologists, and New Zealand Institute of Agricultural and Horticultural Science, 2010.

ROSSETTO, C.; NAKAGAWA, J. Época de colheita e desenvolvimento vegetativo de aveia preta. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 4, p. 731-736, 2001.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. **Soja do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015. 333 p.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica: Agência Nacional de Águas, 2001. Disponível em: [http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/livro\\_Introd-Gerenc-Rec-Hidr.pdf](http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/livro_Introd-Gerenc-Rec-Hidr.pdf) Acesso em: 26 de setembro de 2017.

SPEHAR, C. R., FRANCISCO, E. R.; PEREIRA, E. A. Yield stability of soybean cultivars in crop seasons and sowing dates at low latitude Brazilian Savannah Highlands. **Journal of Agricultural Science**, v. 153, p. 1059-1068, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

URCHEI, M. A. Análise crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.497-506, 2000.

YOSHIDA, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. **Annual Reviews Plant Physiologic**, v. 23, p. 437-464, 1972.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A soja por ser uma cultura de extrema importância socioeconômica para os agricultores da região do Nordeste brasileiro, o uso da irrigação já é uma realidade, embora pequena, com tendência de aumento com o passar dos anos por ser uma região onde este tipo de manejo se torna indispensável para obtenção de mais de uma safra por ano, por obter condições inviáveis de precipitação porém ótimas condições de solo e relevo, para o cultivo dessa cultura. Com o presente estudo pode-se observar que as épocas de semeadura influenciam diretamente as condições fisiológicas, bioquímicas e físicas da planta de soja, influenciando no crescimento, desenvolvimento e na produção final, porém também mostrando que o uso da irrigação pode ser uma alternativa para os agricultores da região que querem obter mais de uma safra por ano, podendo chegar a 2,8 safras da soja.

Ainda é necessário mais estudos sobre lâminas de irrigação, outras épocas de semeadura e outras cultivares, para encontrar adequada condição para uma alta produção, já que com a lâmina e condições estudadas neste trabalho pode-se observar que a época antecipada não obteve o desenvolvimento esperado, sendo indispensável também o estudo da viabilidade econômica.