



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

MARONY PEREIRA DE ALMEIDA SANTOS

**DEFÍCIT HÍDRICO EM SOJA COM TIPO DE CRESCIMENTO
SEMIDETERMINADO PARA A REGIÃO DO MATOPIBA**

GURUPI - TO

2018

MARONY PEREIRA DE ALMEIDA SANTOS

**DÉFICIT HÍDRICO EM SOJA COM TIPO DE CRESCIMENTO
SEMIDETERMINADO PARA A REGIÃO DO MATOPIBA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dsc. Hélio Bandeira Barros

GURUPI - TO

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

S237d Santos, Marony Pereira de Almneida.

Déficit hídrico em soja com tipo de crescimento semideterminado para a região do MATOPIBA. / Marony Pereira de Almneida Santos. – Gurupi, TO, 2018.

77 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Produção Vegetal, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Hélio Bandeira Barros

1. Seleção . 2. Fisiologia Vegetal. 3. Déficit hídrico. 4. Trocas gasosas. I. Título

CDD 635

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

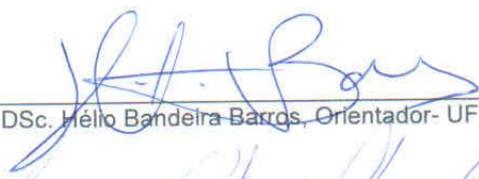
Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

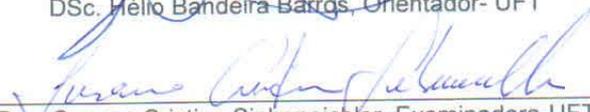
ATA nº 03/2018

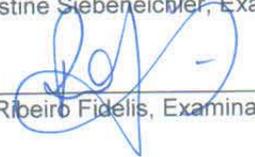
ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE MARONY PEREIRA DE ALMEIDA SANTOS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

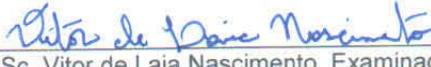
Aos 06 dias do mês de março do ano de 2018, às 08:00 horas, na Sala de 02 do prédio da Produção Vegetal, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Orientador Dsc. Hélio Bandeira Barros da Universidade Federal do Tocantins do Câmpus Universitário de Gurupi, Prof. Dsc. Susana Cristine Siebeneichler da Universidade Federal do Tocantins do Câmpus Universitário de Gurupi, Prof. D.Sc. Rodrigo Ribeiro Fidelis da Universidade Federal do Tocantins do Câmpus Universitário de Gurupi, Pós-Doc. D.Sc. Vitor de Laia Nascimento da Universidade Federal do Tocantins do Câmpus Universitário de Gurupi, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de Marony Pereira de Almeida Santos, intitulada "Déficit hídrico em soja com tipo de crescimento semideterminado para a região do MATOPIBA". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo parecer favorável à aprovação, habilitando-o ao título de Mestre em Produção Vegetal. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Banca examinadora:


DSc. Hélio Bandeira Barros, Orientador- UFT


Dsc. Susana Cristine Siebeneichler, Examinadora-UFT


D.Sc. Rodrigo Ribeiro Fidelis, Examinador- UFT


D.Sc. Vitor de Laia Nascimento, Examinador- UFT

Gurupi, 06 de março de 2018.


D.Sc. Rodrigo Ribeiro Fidelis
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela dádiva que é a vida, e por estar sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis da minha jornada mesmo que muitas vezes eu tenha vacilado em minha fé.

Aos meus pais Joelita de Almeida Santos e Espedito Pereira dos Santos, que ao longo de minha vida abdicaram e se sacrificaram tanto de si em favor de mim. Agradeço os meus irmãos Deusmário, Deuselito, Almiro, Ana Paula e aos meus sobrinhos Christian, Maria Eduarda e Aleph pelo apoio e credibilidade.

Ao meu orientador Professor Dr^o Hélio Bandeira Barros, pelas orientações irrestritas, liberdade, amizade, incentivo, confiança, pelo conhecimento transmitido e um belo exemplo de profissional, educador e pesquisador. Meu profundo agradecimento.

À Dr^a Susana C. Siebeneichler, mulher extraordinária e de um coração gigante, que me ajudou e co-orientou na minha pesquisa, e sua equipe que contribuíram para meu trabalho: Guilherme, Renata e Rafael.

Ao meu amigo, Prof. Dr^o Aurélio Vaz de Melo, que me incentivou e deu apoio para que hoje, com a graça de Deus, posso dizer que sou Mestre.

Aos companheiros e amigos de pesquisa, Caponi, Zati, Lucas, Vitor, Alex, Marcão, pela companhia e amizade sempre.

À Álida Filomena Andrade, uma amiga querida, que conquistei por intermédio da minha vinda para Gurupi.

À amiga Marciane e conterrânea, meu muito obrigado e que Deus lhe abençoe sempre.

Ao grande amigo Valdir Andrade, que mesmo longe, deu forças para essa conquista.

Aos amigos Alex Dário, Eduardo Lourenço, que me acolheram na República onde moro e quarto elemento, Eduardo Côrtes (Maranhão). À Jô, Teca e Deth pela amizade, carinho e apoio.

Aos Professores, José Carlos Levi e Professora Cida Câmara, ao Prof^o Dr^o Manoel Mota que acreditaram e me apoiaram nesta conquista.

Aos demais professores da UFT que somaram de forma grandiosa para minha formação.

À Universidade Federal do Tocantins, em especial ao Campus Universitário de Gurupi, e ao Programa de Pós-graduação de Produção Vegetal pela oportunidade de realização deste curso.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

À todas as pessoas que direta ou indiretamente, contribuíram na realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos!!

RESUMO

A soja é umas das leguminosas mais cultivadas no mundo. No Brasil a área plantada supera os 33 milhões de hectares com uma produção superior a 114 milhões de toneladas e no estado do Tocantins a área plantada foi superior a 940 mil hectares com uma produção de 2,9 milhões de toneladas na safra 2016/2017. Porém a cultura da soja sofre com as mudanças climáticas e com o déficit hídrico causando reduções significativas na produção. Diante da relevância desta cultura no contexto nacional, o estudo aqui realizado teve como objetivo a caracterização de linhagens de soja com hábitos de crescimento semi-determinado desenvolvida pelo programa de melhoramento da Universidade Federal do Tocantins para o déficit hídrico analisando as variáveis agronômicas, fisiológicas e bioquímicas. As investigações aqui realizadas foram divididas em dois capítulos. No primeiro capítulo objetivou-se avaliar os efeitos do déficit nas trocas gasosas, variáveis agronômicas e bioquímicas das linhagens estudadas no estágio reprodutivo do florescimento ao início do enchimento de grãos no município de Gurupi- Tocantins. O segundo capítulo consistia em estudar os efeitos do déficit hídrico na fase de reprodução que compreendeu do início do enchimento de grão até o pleno enchimento dos grãos. Submeteu-se os genótipos as restrições hídricas com redução de 30% e 50% da capacidade de campo. De um modo geral o déficit hídrico de 30 e 50% aplicado no florescimento não afetaram as variáveis como: produção por planta, peso de cem sementes, número total de vagens, número total de sementes por planta, diâmetro da haste, inserção da primeira vagem e porcentagem de vagem chocha. Do mesmo modo o aminoácido prolina foi afetado pelo estresse hídrico sendo que o genótipo 4 apresentou a maior concentração de prolina. Para as variáveis condutância estomática, transpiração, eficiência do uso da água e fotossíntese apresentaram reduções quando submetidos ao déficit hídricos de maior intensidade. No enchimento de grãos mesmo com a redução da condutância estomática as concentrações de carbono interno em geral não foram alteradas nos tratamentos sem estresse e estresse de 30 e 50%. O nível de prolina foi afetado para todos os genótipos quando comparados com e sem estresse. Para as variáveis agronômicas, diâmetro da haste, inserção da primeira vagem, porcentagem de vagem chocha, número de vagem por planta, número total de sementes por vagem produção por planta e peso de cem sementes, não houve diferenças estáticas entre os genótipos. Os genótipos 2 e 4 apresentaram resultados positivos, sendo, portanto, selecionados para continuar no programa de melhoramento.

Palavras-chaves: Trocas gasosas, déficit hídrico, concentração prolina

ABSTRACT

The soybean is one of the most cultivated legumes in the world. In Brazil, more than 33 million hectares were planted in soybeans for a production of more than 114 million tons and in the state of Tocantins, the planted area was over 940 thousand hectares with a production of 2.9 million tons in the 2016/2017 harvest. However, soybean crops are affected by climate change and the water deficit that lead to significant reductions in yields. Considering the relevance of this culture in the national context, this study aimed to characterize soybean lineages with semi-determinate growth habit developed by the Federal University of Tocantins breeding program for the water deficit, analyzing the agronomic, physiological and biochemical characters. The work has been divided into two chapters. The objective of the first chapter was to evaluate the effects of the deficit in the gas exchange, agronomic and biochemical variables of the studied lineages at the reproductive stage of flowering at the beginning of grain filling in the municipality of Gurupi-Tocantins. The second chapter aimed to study the effects of the water deficit in the period of reproduction, from the beginning of the grain filling to the full filling. Genotypes were subjected to water restrictions with 30% and 50% reduction of field capacity. In general, the water deficit of 30 and 50% applied to flowering did not affect these following variables: yield per plant, weight of 100 seeds, total number of pods, total number of seeds per plant, stem diameter, first pod insertion and percentage of blank pods. Likewise, the amino acid proline was affected by water stress and the genotype 4 had the highest proline concentration. When submitted to higher intensity water deficits, reductions were recorded for the variables such as stomatal conductance, transpiration, water use efficiency and photosynthesis. In the grain filling, even with the reduction of stomatal conductance, the internal carbon concentrations in general were not changed in treatments without stress and stress of 30 and 50%. When compared to with stress and without stress, the level of proline was affected for all genotypes. There was no statistical difference among the genotypes for the agronomic variables: stem diameter, first pod insertion, blank pod percentage, pod number per plant, total number of seeds per pod, yield per plant and weight of one hundred seeds. The genotypes 2 and 4 presented positive results and were consequently selected to continue in the breeding program.

Keywords: Gaseous exchanges, water deficit, proline concentration

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	ARTIGO I	
	CARACTERIZAÇÃO AGRONOMICA E FISIOLÓGICA DE GENÓTIPOS DE SOJA SEMIDETERMINADO SUBMETIDO AO DEFICIT NO INÍCIO DO FLORESCIMENTO.....	12
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	21
5	CONCLUSÕES	36
	REFERÊNCIAS.....	37
6	ARTIGO II	
	CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA E FISIOLÓGICAS DE GENÓTIPOS DE SOJA SEMIDETERMINADO SUBMETIDOS AO DÉFICIT HÍDRICO NO INÍCIO DO ENCHIMENTO DE GRÃO.....	42
7	MATERIAL E MÉTODOS	45
8	RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
9	CONCLUSÕES	68
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
	REFERÊNCIAS.....	71

1 INTRODUÇÃO GERAL

A soja é umas das leguminosas mais consumidas e cultivadas em todo mundo. Seu cultivo se concentra em quase todas as regiões do país. Inicialmente na região sul e sudeste até a nova e última fronteira agrícola denominada de MATOPIBA que compreende as regiões dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (EMBRAPA, 2014). Segundo Conab (2017) e Embrapa (2016) a área de soja no Brasil na safra 2016/ 2017 foi na ordem de 33,9 milhões de hectares com produção de 114, 07 milhões de toneladas e para o estado do Tocantins a área e a produção foram 964 mil hectares e 2,9 milhões de toneladas, respectivamente.

Para (FARIAS et al., 2001) vários fatores contribuem para um bom desenvolvimento e respostas em produção; são os fatores bióticos – fungos, bactérias, vírus - e abióticos - nutrição, clima, solo, salinidade, entre outros. No entanto, a adversidade climática é o principal fator que interfere no desenvolvimento e produção no cultivo da soja, também restringindo as latitudes de cultivo e os solos onde possam ser cultivadas.

No que se refere a importância da água para as plantas, e neste caso, a soja, aproximadamente 90% do peso da cultura é composta por água e que os efeitos do estresse hídrico dependem do estágio fenológico em que ocorrem, sendo que os mais susceptíveis ao déficit hídrico são as fases de desenvolvimento da soja na germinação-emergência, na floração e enchimento de grãos (EMBRAPA 2009).

Dependendo da fase de desenvolvimento da soja o estresse hídrico provocado pelo déficit hídrico pode acarretar plantas pouco desenvolvidas, pouco produtivas, diminuição da fitomassa, diminuição da altura e tamanho das folhas, redução da área foliar, pode acarretar, também, alteração na fenologia, redução na fixação de nitrogênio atmosférico pelas bactérias simbióticas, aumento das suscetibilidades de agentes patogênicos ou pragas, e redução da eficiência na utilização da radiação (SINCLAIR et al., 2007; FARIAS, et. al., 2007, SINCIK et al., 2008; NEPOMUCENO et al., 2001).

Os déficits hídricos também afetam a membrana citoplasmática, perda de turgidez celular, abertura e fechamento dos estômatos – condutância estomática (GS), fotossíntese, assimilação de carbono (A), eficiência do uso da água (EUA) e a transpiração da planta. (CASAGRANDE et al., 2001; MANAVALAN et al., 2009; FAGERIA, et. al.,1984).

Também, o estresse hídrico provocado pelo déficit hídrico, pode acarretar em mudanças bioquímicas das plantas aumentando ou diminuindo algumas substâncias como: carboidratos solúveis totais, sacarose, prolina, aminoácidos livres e o total de proteínas solúveis. (LOBATO et al., 2008; FIOREZI et al., 2011). O aumento dessas substâncias tem como função promover a proteção ou reduzir os efeitos do déficit hídrico, desta forma aumentando a capacidade de retenção de água. (RAMOS et al., 2005).

A prolina é um aminoácido que, na planta e sobre estresse hídrico, desempenha importante papel adaptativo na tolerância ao estresse, pois ela possui grande propriedade osmoprotetora. O acúmulo desse aminoácido durante o estresse hídrico resulta no aumento da osmolaridade da célula, levando ao influxo de água e até mesmo redução do efluxo promovendo a manutenção do turgor celular necessária para sua expansão. Esse aumento da concentração de prolina é para garantir a integridade da membrana evitando a desnaturação da proteína sob condições de estresse osmótico. A preservação das estruturas e da atividade da prolina é garantida pela interação desta com enzimas e outras proteínas (SILVA, 2012).

Para minimizar os problemas da deficiência hídrica na cultura da soja buscam-se plantas tolerantes à seca utilizando métodos de seleção e a transgenia. Tolerância à seca é um mecanismo muito complexo que envolve a ação e interações de genes múltiplos (CATTIVELLI et al., 2008).

Uma alternativa para seleção de plantas tolerantes à seca é a característica morfológica como o hábito de crescimento. Sendo que a soja é classificada de acordo com o seu hábito de crescimento, como tipo determinado, semi-determinado e indeterminado. No Brasil há a predominância da soja do tipo de crescimento determinado que, após o florescimento seu crescimento é paralisado, porém, nos últimos anos devido ao melhoramento e seleção está havendo uma maior disponibilidade de cultivares de soja com crescimento indeterminado e semi determinado que mantém o crescimento vegetativo mesmo após o início do florescimento. (NOGUEIRA et al., 2009; PERINI et al., 2012).

Quanto as plantas com tipo de crescimento semi-determinado, há poucas cultivares no Brasil e o seu descritor pode não coincidir com o genótipo. Como os estádios vegetativos e reprodutivos da soja com tipo de crescimento semideterminado e indeterminado se parecem, essa diferenciação se dá pelos marcadores dos genes que controlam tal características. Os dois genes Dt1 e Dt2, que afetam a terminação da haste, foram descritos por BERNARD (1972).

Os tipos de crescimento da soja influenciam em várias características agrônômicas e na produtividade. Linhagens de soja com tipo de crescimento determinado, geralmente, combinavam ótima produção, resistência ao acamamento pois atingiam menores alturas, menor inserção de primeira vagem, maior número de hastes, menor período de floração quando comparadas com sojas de crescimento indeterminado de mesmo grupo de maturação (WILCOX e SEDIYAMA, 1981; KILGORE- NOQUEST e SNELLER, 2000).

O estudo da soja em relação aos seus diferentes tipos de crescimento, suas respostas fisiológicas e agrônômicas consistem em uma via tradicional do melhoramento e que podem ser de grande valor para o aperfeiçoamento do programa de melhoramento em relação a tolerância ao déficit hídrico.

Com isso, objetivou-se com o presente trabalho avaliar as variáveis agrônômicas e fisiológicas de genótipos de soja nos estágios reprodutivos (R1-R6).

REFERÊNCIAS

BERNARD, R.L. Two genes affecting stem termination in soybean. **Crop Sci.**, Medison, v.12, n.7, p.235-239, 1972.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO: **Séries históricas**. Brasília, 2017. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252>> Acesso em: 20 Dez 2017

EMPRESA BARSILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA: **Soja em números (safra 2015/2016)**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 20 nov. 2017

EMPRESA BARSILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo de Soja no Cerrado de Roraima – Exigências climáticas**. Embrapa Roraima, 2009. (Sistema de Produção, 12). EMBRAPA: **Espaço Temático Matopiba**, 2014 . Disponível em: < <https://www.embrapa.br/tema-matopiba/sobre-o-tema>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; CLARK, R. B. **Physiology of crop production**. The Haworth Press Inc, New York, 1984. 345p.

FARIAS, J.R.B.; ASSAD, E.D.; ALMEIDA, I.R.; EVANGELISTA, A.B.; LAZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.415-421, 2001.

FARIAS, J.R.B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L. **Ecofisiologia da soja**. Circular técnica 48. Embrapa: Londrina, PR, 2007.

FIGLIORINI, S. L.; PIVETTA, L. G.; FANO, A.; MACHADO, F. R.; GUIMARÃES, V. F. Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação. **Revista Ceres**. Viçosa, v.58, n.3, p.342-349, 2011.

KILGORE- NORQUEST, L; SNELLER, C.H. Effect of stem termination on soybean traits in southern U.S production systems. **Crop Sci.**, Medison, v.40, n.2, p.83-90, 2000. < DOI: 10.2135/cropsci2000.40183x >

LOBATO, A. K. S.; OLIVEIRA NETO, C.F.; SANTOS FILHO, B.G.; COSTA, R.C.L.; CRUZ, F.J.R; NEVES, H.K.B.; LOPES, M.J.S. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sambaíba) plants under water deficit. **Australian Journal of Crop Science**, Amsterdam, v.2, n.1, p.25-32, 2008.

MANAVALAN, L. P.; GUTTIKONDA, S.K.; TRAN, L.P.; NGUYEN, H. T. Physiological and Molecular Approaches to Improve Drought Resistance in Soybean. **Plant Cell Physiology**, Oxford, v.50, n.7, p. 1260-1276, 2009.

NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; OYA, TETSUJI. Tolerância à seca em plantas. **Biotecnologia Ciência & desenvolvimento**, Brasília, v. 4, n.23, p.1-7, 2001.

NOGUEIRA, A.P.; SEDIYAMA, T.; BARROS, H. B.; TEIXEIRA, R. C. Morfologia, crescimento e desenvolvimento. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologia de produção e uso da soja**. Londrina: Mecenaz, p.7-16, 2009.

PERINI, L. J.; FONSECA-JUNIOR, N. S.; DESTRO, D.; PRETE, C.E.C. Componentes da produção em cultivares de soja com crescimento determinado e indeterminado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.1, p.2531-2544, 2012.

RAMOS, M. L. G.; PARSONS, R.; SPRENT, J.L. Differences in ureide and amino acid content of water stressed soybean inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* and *B. elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Goiânia, v.40, n.5, p.453-458,2005.

SILVA, R. de C. B. Germinação e Desenvolvimento inicial de plântulas de melancia submetidos ao aumento de CO₂, temperatura e salinidade.2012. 88. **Dissertação (Mestrado em Horticultura Irrigada)** - Universidade do Estado da Bahia- Juazeiro, 2012.

SINCIK, M.; et al. Déficit Irrigation of Soya Bean (*Glycine max (L.) Merr.*) in: a sub-humid climate. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v.199, n. 194, p.200-205, 2008.

SINCLAIR, T.R.; PURCELL, L.C.; KING, C.A.; SNELLER, C.H.; CHEN, P. VADEZ, V. Drought tolerance and yield increase of soybean resulting from improved symbiotic N₂ fixation. **Field Crops Research**, Akron, n.101, p.68-71,2007.

WILCOX, J. R.; SEDIYAMA, T. Interrelationship among height lodging and yield in determinate and indeterminate soybeans. **Euphytica**, Wageningen, v.30, n.5, p. 323-326, 1981.

CAPÍTULO I

Caracterização agronômica e fisiológicas de genótipos de soja semi-determinado submetidos ao déficit hídrico no início do florescimento

RESUMO

A soja é a principal cultura na região conhecida como MATOPIBA (Maranhão, Piauí, Bahia e Tocantins) e como qualquer cultura é acometida por dois tipos de estresse, o biótico e abiótico. Os fatores ambientais afetam os processos fisiológicos, bioquímicos e agronômicos das plantas. Diante da relevância da cultura soja para essa região, o objetivou-se com este trabalho estudar os efeitos do estresse hídrico nas trocas gasosas e produção da soja no município de Gurupi. Para a realização foram utilizados 8 genótipos de soja, sendo dois comerciais e 6 linhagens desenvolvidas no programa de melhoramento da Universidade Federal do Tocantins em casa de vegetação. Os dados fisiológicos foram coletados no mês de junho de 2017 no período da manhã em folíolos da 3ª folha do ápice para base, sendo 4 plantas amostradas por genótipo e por nível de estresse. Para a quantificação da prolina foram coletadas cada folíolo das folhas que foram analisadas as trocas gasosas. As avaliações das trocas gasosas foram realizadas a partir da mensuração da taxa de assimilação de CO₂ (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna de CO₂ (C_i), eficiência no uso de água (EUA) e a eficiência instantânea da carboxilação (E_{iC}). Esses parâmetros foram obtidos por meio de um analisador portátil de gás infravermelho (IRGA), também foi realizado os parâmetros agronômicos: altura de planta, diâmetro da haste, inserção da primeira vagem, porcentagem de vagem chocha, número de vagem por planta, número de sementes por vagem, produção por planta e peso de cem sementes. Foi observado que os genótipos apresentaram redução da fotossíntese e condutância estomática quando aplicado estresse de 50% capacidade de campo. A transpiração, a eficiência de carboxilação e eficiência do uso da água houve redução quando aplicado o estresse de 50%. As concentrações de prolina em geral teve aumento com o maior nível de estresse sendo que o genótipo 2 apresentou a maior concentração de prolina para o estresse de 50%. Para as variáveis agronômicas não houve diferenças nos tratamentos sem estresse, estresse de 30 e 50%.

Palavras-chaves: trocas gasosas, fatores abióticos, déficit hídrico.

CHAPTER I

Agronomic and physiological characterization of semi-determinate soybean genotypes submitted to water deficit at the beginning of flowering

ABSTRACT

Soybean is the main culture in the region known as MATOPIBA (Maranhão, Piauí, Bahia and Tocantins) and is affected by the biotic and abiotic stresses as any other culture. The physiological, biochemical and agronomic processes of the plant are influenced by environmental factors. Due to the relevance of soybean crop for this region, this study aimed to study the effects of water stress on gas exchange and soybean yield in the municipality of Gurupi. Eight soybean genotypes were used, being two commercial and six lineages developed in the breeding program of the Federal University of Tocantins in greenhouse. With a sampling of four plants by genotype and by level of stress, physiological data were collected in the month of June 2017 in the morning in leaflets of the 3rd leaf from the apex to the base. For the proline quantification, each leaflet was collected from the leaves that were analyzed for the gas exchange. The gas exchange evaluations were carried out by measuring the assimilation rate of CO₂ (A), transpiration (E), stomatal conductance (g_s), internal CO₂ concentration (C_i), water use efficiency, and instantaneous efficiency of carboxylation (E_{iC}). These parameters were obtained using a portable Infra-Red Gas Analyzer (IRGA). These following agronomic parameters were also recorded: plant height, stem diameter, first pod insertion, percentage of blank pod, number of pod per plant, number of pods seeds per pod, yield per plant and weight of one hundred seeds. The results showed that the genotypes presented reduction of photosynthesis and stomatal conductance when applied stress of 50% field capacity. When applied the stress at 50%, the transpiration, carboxylation efficiency and water use efficiency have been reduced. Proline concentrations were increased with the highest stress level, with genotype 2 having the highest proline concentration for 50% stress. For the agronomic variables, there was no difference in treatments without stress, 30 and 50% stress.

Key words: gas exchange, abiotic factors, water deficit.

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

A nova fronteira agrícola denominada de MATOPIBA, que compreende os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia é o novo potencial de expansão da agricultura no Brasil (EMBRAPA, 2014). O Estado do Tocantins apresenta uma localização geográfica privilegiada, sendo um grande entroncamento rodoviário e o elo obrigatório dos grandes corredores de exportação da cultura da soja para as regiões Centro-Norte e Leste-Nordeste (PELÚZIO et al., 2008).

A cultura da soja, assim como qualquer cultura, está sujeita a dois tipos de estresse: o biótico e abiótico. No estresse abiótico a disponibilidade hídrica é considerada o fator climático de maior efeito na produtividade, visto que é esse fator que determina a distribuição das espécies pela superfície terrestre. (LAWLOR & UPRETY, 1993).

Mudança no clima tem ocorrido em várias partes do mundo, a produção agrícola está ou será afetada por essas mudanças. Secas prolongadas, fora de época e intensas tem sido observada e essas mudanças são devido a altas temperaturas e climas mais secos (ECO LATINA, 2007).

Durante os estádios de crescimento e desenvolvimento da planta pode ocorrer deficiência hídrica provocando prejuízos em menor grau, porém durante a floração e enchimento de grão, provoca alterações fisiológicas na planta, como o fechamento estomático e o enrolamento de folhas, podendo ocasionar queda prematura de folhas, flores e abortamento de vagens recém-formadas, resultando por fim, em redução do rendimento de grãos (EMBRAPA, 2008).

As respostas fisiológicas da soja ao déficit hídrico vão além do fechamento dos estômatos, interferindo na: membrana plasmática, fotossíntese, no uso eficiente da água (EUA) pela planta, transpiração da planta, assimilação de carbono (A), potencial de água no xilema, fixação do nitrogênio entre outros fatores (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Para minimizar os problemas da deficiência hídrica na cultura da soja buscam-se plantas tolerantes à seca utilizando métodos de seleção e a transgenia. Tolerância à seca é um mecanismo muito complexo que envolve a ação e interações de genes múltiplos (CATTIVELLI et al., 2008).

Uma alternativa para seleção de plantas tolerantes à seca é a característica morfológica como o hábito de crescimento.

Embora existam três tipos de crescimento, o determinado, semi-determinado e indeterminado, no Brasil predomina o cultivo de variedades de soja com hábito de crescimento determinado. Este apresenta as seguintes características: florescimento uniforme e de cima para baixo, por ocasião do florescimento a planta já está entre 80-90% do seu crescimento total, o desenvolvimento de vagem e grão no topo e base ao mesmo tempo, as folhas do topo e base do mesmo tamanho. Para as cultivares de crescimento indeterminado apresentam os seguintes atributos: o florescimento ocorre de forma escalonada de baixo para cima, o desenvolvimento dos grãos e vagens ocorre de baixo para cima sendo que as vagens e grãos de baixo são mais adiantados em relação a parte de cima; a planta continua crescendo. E no crescimento semi-determinado, apresenta racemo terminal, igual da determinada, por ocasião do florescimento possui apenas 60 -70% do seu crescimento, o florescimento é de baixo para cima. (AGEITC, 2016; BORÉM, 2000).

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar os efeitos do déficit hídrico na cultura da soja para as variáveis agrônômicas e fisiológicas no estágio reprodutivo (R1 ao R3), na seleção de genótipos tolerantes à seca.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Campus Universitário de Gurupi, Universidade do Tocantins, Município de Gurupi, TO, ao sul do Estado do Tocantins (11° 45'S, 49° 03'W, altitude 287 m), em casa de vegetação.

O clima é Aw Cerrado ou Savana tropical quente e úmido com estação chuvosa no verão e seco no inverno, segundo a classificação de Köpper e (B1wA'a') com pequena deficiência hídrica conforme a classificação de Thornthwaite. A temperatura média anual está em torno de 26 °C, sendo a amplitude térmica média anual muito pequena, com temperatura média mensal mínima de 20°C e máxima de 33°C. A precipitação média anual é de 1.632 mm, registrando-se nos meses de outubro a março (SEPLAN, 2012; INMET, 2016).

O experimento foi instalado em casa de vegetação, utilizando sacos de polietileno com capacidade de 7 dm³ que receberam 11 kg de solo, previamente peneirados com malha n°2, homogeneizados e adubados. A adubação foi realizada de acordo a análise química, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura média. Com as seguintes características físico-químicas: pH em água = 5,71; P (Mel) = 0,29 mg dm⁻³; K = 14,45 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 0,63 cmolc dm⁻³; Mg²⁺ = ,48 cmolc dm⁻³; Al³⁺ = 0,40 cmolc dm⁻³; H+Al = 2,71 cmolc dm⁻³; CTC(t) = 1,74 cmolc dm⁻³; V = 29,77%; MO = 2.04%, Textura: 40,46% de areia; 8,01% de silte e 51,44% de argila. A adubação de correção para Fósforo 100 kg/ha de P₂O₅, Potássio 100 kg/ha, micronutrientes (BR12) 150 kg/ha. A adubação de manutenção foi realizada para valores de Fósforo 150 kg/ha de P₂O₅, Potássio 100 kg/ha.

As características hídricas da camada de solo foram determinadas no laboratório do Departamento de Ciência do solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), utilizando-se amostras deformadas pelo método do Extrator de Richards (RICHARDS, 1951), obtendo-se o valor do ponto de murcha permanente (PM) em umidade base volume de 9,46% e também a capacidade de campo (CC) desse solo que foi de 33,66% de umidade base volumétrica. Conforme gráfico 1.

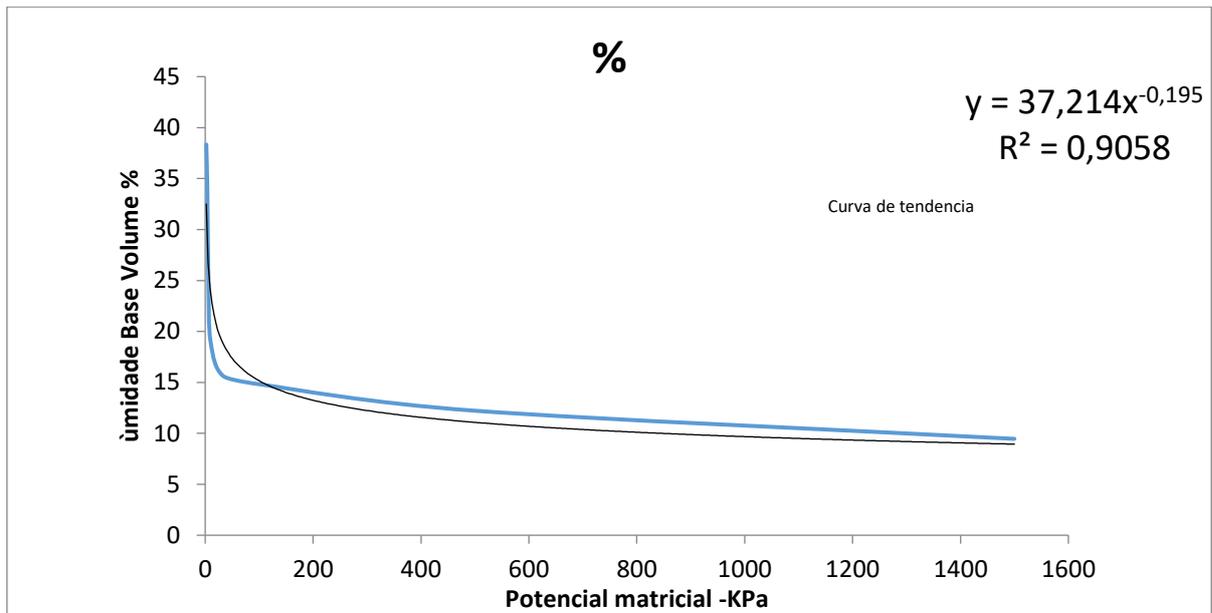


Figura 1 – Curva de retenção de água no solo para amostra deformada de um latossolo vermelho amarelo distrófico.

Fonte: Dados da pesquisa.

Concomitante a obtenção da curva de retenção, foi realizado in situ a determinação da capacidade de campo pelo método gravimétrico e densidade do solo com a adaptação de metodologia da EMBRAPA (1997). Os vasos com solo completamente seco, pesando 11 kg, receberam um volume de água conhecido até a saturação total, foram cobertos para que não houvesse perda de água por evaporação, e o volume de água drenado foi coletado em intervalos de 0, 24 e 48 horas até que cessasse a drenagem. Nesse intervalo os vasos foram pesados até que seu peso fosse estabilizado e suas diferenças não fossem significativas. Com a diferença do volume conhecido de água menos o drenado, estabeleceu-se a CC desse solo que ficou em 31,2% de umidade de base volumétrica.

Neste experimento foram utilizados 8 genótipos conforme descrito na tabela 1. Os genótipos 1 e 7 são cultivares comerciais e os demais linhagem desenvolvida pelo programa de melhoramento coordenado pelo Professor Dsc. Hélio Bandeira Barros da Universidade Federal do Tocantins. As determinações dos tipos de crescimentos foram realizadas por marcadores moleculares e determinações de genes em trabalhos anteriores do programa de melhoramento.

Tabela 1: Caracterização dos genótipos e hábito de crescimento

Genótipos	Caracterização	Tipo crescimento
1	Msoy 8808	Determinado
2	Linhagem	Semi-determinado
3	Linhagem	Determinado
4	Linhagem	Semi-determinado
5	Linhagem	Semi-determinado
6	Linhagem	Semi-determinado
7	BRS 8871	Indeterminado
8	Linhagem	Semi-determinado

Fonte: Dados da pesquisa.

A semeadura foi realizada em 13/05/2017. Cada vaso recebeu 5 sementes tratadas e inoculadas com *Bradryzobium japonica*. Após 15 dias da germinação das sementes houve desbaste das plantas permanecendo somente uma que apresentava melhor vigor, sanidade e uniformidade em casa vaso.

A irrigação dos vasos foi realizada de modo que a umidade se mantivesse próximo a capacidade de campo (CC) até o florescimento, onde se iniciaria a aplicação do estresse hídrico até o início do enchimento do grão. A diferença no manejo de irrigação teve início na fase reprodutiva, quando os tratamentos foram submetidos aos diferentes déficits hídricos que variaram de 30 e 50 % de água disponível a partir de 70% da CC do solo. Foi considerado o início do florescimento, denominada de R1 e enchimento de grão, denominada R4, quando 50% das plantas apresentassem pelo menos um botão floral e grãos perceptíveis ao tato, respectivamente, segundo escala fenológica de Ferh. (NEUMAIER et al., 2000). O início do estresse se deu aos 25 dias após a emergência (DAE) que coincidiu para todos os genótipos.

A reposição hídrica ou quantidade de água por vaso foi definida com: peso do vaso sobre estresse menos o peso do vaso sem estresse mais a média do peso da planta na fase estabelecida.

O período em que as plantas foram submetidas a restrição hídrica, os vasos foram pesados diariamente no mesmo horário. Para garantir que a evapotranspiração potencial e o estresse seriam máximos, optou-se por fixar os horários de pesagem e reposição da lâmina de água no período de maior temperatura. Para garantir a precisão de reposição da água, foi utilizado proveta volumétrica graduada de 500 ml.

As avaliações foram realizadas em 01 de julho de 2017, sendo os dados coletados no período de 9h as 11h30, em folíolos completamente expandidos da folha 3 do ápice para a base de cada tratamento, sendo 3 plantas amostradas por cultivar e por nível de estresse. A temperatura e umidade no interior da casa de vegetação

eram de 34°C e 40% de umidade em média, no exterior a temperaturas e umidade de 29°C e 80 %, respectivamente.

Tabela 2- Temperaturas máximas (T. máx), mínimas (T. mín.) e médias (T. méd.); Umidade relativa máxima (UR máx) e mínima (UR min.) Gurupi -TO, 2017

Fora da casa de vegetação					
Mês	T. máx. (°C)	T. mín. (°C)	T. méd. (°C)	UR máx (%)	UR min (%)
Maio	33	21	28,0	93	43
Junho	31	17	24,9	88	37
Julho	30	15	22,9	86	28
Agosto	35	17	26,3	64	28
Setembro	36	19	27,6	65	28

Fonte: INMET, 2017.

Ao decorrer 20 dias do início do estresse foram realizadas as seguintes avaliações: trocas gasosas, realizadas a partir da mensuração da assimilação líquida de CO₂ (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (gs) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO₂ (Ci) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Com os dados coletados foi possível quantificar a eficiência no uso de água (EUA) ($\text{mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e Eficiência Instantânea de Carboxilação (EiC) [A/Ci] [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$] (MELO et al., 2010). Todas essas variáveis foram obtidas sob condições ambiente de CO₂ por meio de um analisador portátil de gás infravermelho (IRGA - Infra Red Gas Analyser, modelo LI-6400 XT, Li-cor, inc. Lincoln, EUA). A câmara foliar foi ajustada para trabalhar sob luz saturante artificial de 1200 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, temperatura interna da câmara foi ajustada para 30°C e a concentração de CO₂ foi padronizada pelo CO₂ do ambiente.

Para a determinação do teor de prolina nas folhas, coletou-se um folíolo do trifólio mais jovem e totalmente expandido em três repetições de cada tratamento no horário mais quente do dia e antes da reposição diária de água para os tratamentos; o mesmo foi congelado em nitrogênio líquido e liofilizado posteriormente à temperatura de -40°C por 48h. Em posse do material liofilizado, aplicou-se a metodologia de Bates et al. (1973).

Após completado o ciclo da cultura, foram realizadas as seguintes avaliações: Altura de plantas (AP), medida em centímetro, desde a base até o ápice da planta; diâmetro da haste (DH), medido em milímetro, com uso de paquímetro digital, no terço inferior da planta; inserção da primeira vagem (AV); número de vagem por planta

(NVP); porcentagem de vagens chochas (%VCh), medidas em porcentagem; número total de sementes (NTS); produção por planta (PP), medido em gramas e peso de 100 sementes (P100), medido em gramas.

Para a PP e P100, foram adotados a porcentagem de umidade padrão de 13% e a determinação e a correção de umidade foram utilizadas a RAS - Regra para Análise de Semente - que é adotada pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1992).

O experimento foi conduzido em esquema fatorial (8X2) com 4 repetições em blocos ao acaso.

Os dados foram submetidos à análise de variância. Aplicou-se o teste de Scott e Knott para comparações entre os genótipos e DUCAN para comparações entre níveis de stress, ambos a 5% de probabilidade. Sempre com o apoio do Aplicativo Computacional Genes. Estatística experimental (CRUZ, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Concentração de prolina

Ao analisar a Tabela 3, referente a análise de variância para a prolina, percebe-se que esta variável apresentou efeito significativo da interação genótipo x estresse ao nível de 1% de significância. Com isso, foi efetuado o desdobramento.

Tabela 3– Resumo da Análise de Variância para concentração de Prolina em $\mu\text{molPro.gMS}^{-1}$ de oito genótipos soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido na floração plena e enchimento de grão, em Gurupi – TO, 2017

FV	Quadrado médio	
	GL	Prolina ($\mu\text{molPro.gMS}^{-1}$)
Genótipos	7	0,2804 ^{ns}
Estresse	2	3,56 ^{ns}
Interação GxE	14	1,12 ^{**}
Bloco	2	0,8241
Resíduo	42	0,1554
Média		2,52
CV (%)		15,60

FI = Florescimento; EG = Enchimento de grão; FV= Fator de Variação; GL= Graus de Liberdade; ns - não significativo; * - significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade de erro, pelo teste F
Fonte: Dados da Pesquisa

Na tabela 4, estão discriminados os teores médios de prolina nas folhas de soja, para os níveis de estresse. Quando se analisa a concentração de prolina dos genótipos para cada nível de estresse, foram observadas um incremento significativo nos genótipos 1, 2 e 8 para o tratamento com nível de 30% e 50% de estresse em relação ao tratamento sem estresse. Os genótipos 1, 2, 3, 5, 6 e 8 apresentaram um aumento significativo sendo que, o genótipo 3 apresentou a maior concentração de prolina para o estresse de 50%. Pode-se observar que não houve um aumento da concentração de prolina nos genótipos 4 e 7 indicando que possivelmente estes genótipos utilizaram outras vias metabólicas para responder ao déficit hídrico e que, o aumento da prolina é um efeito positivo na proteção e adaptação da planta a tais condições e que podem influenciar positivamente na produção.

Para concentração de prolina a 30% de estresse houve diferença significativa do genótipo 2 se comparado ao 3, 5, e 6 porém não aos demais. Para o nível de estresse de 50 % o genótipo 3 apresentou a maior concentração de prolina em relação ao demais. Para este nível de estresse a menor foi observada para o genótipo 4.

Lobato et al., (2008) observaram um aumento de 67% nos níveis de concentração de prolina e de outras alterações bioquímicas estudando o

comportamento bioquímico da soja sobre condições de estresse hídrico num intervalo de seis dias no início da fase de reprodução.

Entre algumas espécies de leguminosas, resposta semelhante foi observada por Ford (1984). Como há variabilidade dessas características entre cultivares de uma mesma espécie, segundo Johnson et al. (1984), é possível que a resposta da não variação de prolina seja característica desses genótipos.

O acúmulo de prolina como soluto compatível no ajuste osmótico de folhas com baixo potencial hídrico, ou seja, em estresse, ajuda na estabilidade da membrana e na conformação de proteínas, impedindo a desidratação do citosol. Esse acúmulo ocorre devido a redução da síntese de proteínas e ao aumento da proteólise (KISHOR et al., 2005; BRITO et al., 2008).

Tabela 4 – Médias estimadas da concentração de prolina em $\mu\text{molPro.gMS-1}$ de oito genótipos soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido na floração plena, em Gurupi – TO, 2017

Níveis de stress	Genótipos								Médias
	1 *	2	3	4	5	6	7	8	
30%	2,7 Aab	2,9 Aa	2,1 Bbc	2,3 Aabc	1,6 Bc	2,1 Bbc	2,9 Aa	2,6 ABab	2,4
50%	3,1 Ab	2,5 ABbc	4,3 Aa	2,1 Ac	3,0 Ab	3,2 Ab	2,6 Abc	2,9 Ab	2,9
SEM	1,9 Bbc	1,9 Bbc	1,8 Bc	2,1 Abc	3,0 Aa	2,1 Bbc	2,5 Aab	2,1 Bbc	2,2
Médias	2,6	2,4	2,7	2,2	2,5	2,5	2,7	2,5	

* Médias seguidas por uma mesma letra MAIÚSCULA na coluna e MINÚSCULA na linha, respectivamente, não diferem entre si, significativamente, pelo teste de DUNCAN a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da Pesquisa

3.2 Variáveis fisiológicas

Analisando a Tabela 3, observamos que não houve interação significativa das características avaliadas para assimilação líquida de CO₂, (*A*), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), carbono interno (*Ci*), eficiência do uso da água (*EUA*), e *EiC* (*A/Ci*) Eficiência de carboxilação, indicando que os efeitos genótipo e níveis de estresse podem ser estudados isoladamente.

Tabela 5– Resumo da Análise de Variância em blocos ao acaso de 5 características fisiológicas de diferentes genótipos soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido na floração plena, em Gurupi – TO, 2017

FV	Quadrado médio						
	GL	A	<i>gs</i>	<i>E</i>	<i>Ci</i>	<i>EUA</i>	<i>ACi</i>
Genótipo	7	32,94**	0,08 **	6,91 **	5179,01 ^{ns}	0,1927 ^{ns}	0,0004 *
Estresse	2	928,71**	1,25 **	186,16 **	138402,03**	6,09 **	0,0165 **
GxE	14	6,52 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,85 ^{ns}	6752,35 ^{ns}	0,0603 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Bloco	2	0,267	0,001	0,14	3480,64	0,0382	0,0001
Resíduo	43	8,39	0,017	1,57	18297,54	0,2067	0,0001
Média		9,20	0,30	4,82	288,18	1,68	20,42
CV (%)		31,48	43,33	25,87	46,94	26,99	20,72

A= Assimilação líquida de CO₂ em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; *gs* =Condutância Estomática em $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; *E* =Transpiração em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; *Ci*= Carbono interno em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; *AGs*= Relação da Fotossíntese e Condutância estomática ; *EUA*= Eficiência do Uso da Água *ACi*= Relação entre Fotossíntese e Carbono Interno ; FV= Fator de Variação; GL= Grão de Liberdade; ns - não significativo; * - significativo 5% e ** Significativo a 1% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Fonte: Dados da Pesquisa

A diferença em *A* não foi significativa entre genótipos nos níveis de estresse estudado (Tabela 6) mas, pode-se observar, que analisando a *A* por níveis de estresse, houve uma redução significativa para o déficit hídrico de 50% da capacidade de campo quando comparado com o nível de 30% de estresse e sem estresse. Sendo que os genótipos 6 e 8 apresentarem fotossíntese líquida nula.

Tabela 6 – Médias estimadas da Assimilação Líquida de CO₂ (A) em (μmol m⁻² s⁻¹) e da Condutância Estomática (gs) em mol m⁻² s⁻¹ de diferentes genótipos soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido na floração plena, em Gurupi – TO, 2017

Genótipo	Assimilação líquida de CO ₂ (A)				Condutância Estomática (gs)			
	ES 30%	ES 50%	SE	Média	ES 30%	ES 50%	SE	Média
1*	14,3	7,1	16,8	12,7 a	0,4	0,21	0,6	0,4 a
2	11,5	2,7	13,9	9,4 a	0,3	0,07	0,4	0,3 a
3	13,9	1,9	17,3	11,1 a	0,5	0,06	0,7	0,4 a
4	8,8	2,6	13,3	8,2 a	0,2	0,06	0,4	0,2 a
5	10,1	0,9	14,6	8,5 a	0,2	0,04	0,5	0,3 a
6	7,6	1,0	13,4	7,3 a	0,2	0,04	0,5	0,2 a
7	7,8	2,1	11,1	7,0 a	0,2	0,05	0,3	0,2 a
8	10,0	1,0	16,7	9,2 a	0,3	0,03	0,8	0,4 a
Médias	10,5 A	2,4 B	14,6 A		0,3 AB	0,1 B	0,5 A	

ES 30% = Déficit hídrico de 30%, ES 50%= Déficit hídrico de 50% e SE= Sem déficit hídrico.

* Médias seguidas por uma mesma letra MAIUSCULA na Linha não diferem entre si, significativamente, pelo teste de DUNCAN a 5% de probabilidade. Médias seguidas por uma letra MINÚSCULA na coluna pertencem a um mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da Pesquisa

Bertolli et al. (2012) observaram valores nulos, ou seja, zero ou abaixo de zero indicando possivelmente maior fotorrespiração da planta, de *A* em soja submetidos à indução de déficit hídrico lenta, com conteúdo relativo de água de 60% da CC.

O genótipo 1 (determinado) foi o que apresentou menor influência do estresse de 50% com fotossíntese líquida média de $7,1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de CO_2 . Machado Junior (2015) estudando os efeitos do déficit hídrico em soja constatou que as cultivares estudadas de ciclo determinado apresentaram melhor resposta em relação ao de ciclo indeterminado.

Chavarria et al, (2015) estudando restrições hídricas genótipos em soja por períodos de tempo que variaram de 2 a 11 dias na fase vegetativa constataram que houve uma redução da *A* conforme o prolongamento do estresse.

Com relação a *gs* não houve diferença estatísticas das médias dos níveis de déficit hídrico para cada genótipo testado. Porém, observamos que houve redução da *gs* quando comparadas as médias por níveis de déficit hídrico aplicados. Para o nível de 50% em relação ao nível de estresse de 30% e sem déficit houve um decréscimo da *gs*. Essa resposta da diminuição da condutância estomática pode ser verificada em outras culturas conforme relatado por Vellini et al., (2008) que estudando respostas fisiológicas ao déficit hídrico em eucalipto observaram que a *gs* é, sim, afetada negativamente pela restrição hídrica. Em resposta ao déficit hídrico a planta controla a abertura estomática e diminui a perda de água, por transpiração, sendo essa ação identificada como um dos primeiros eventos em resposta ao estresse hídrico (CHAVES, 1991; OHASHI et al., 2006).

Para tanto, deve-se atentar que a redução da taxa fotossintética, pode ser comprometida pela redução da *gs* (CASAROLI e VAN LIER, 2008). Como pode ser observado na Tabela 6.

A *E* nos genótipos estudados foi afetada quando se aplicou o déficit hídrico em relação as plantas irrigadas (Tabela 7) sendo que o nível de estresse que apresentou esse decréscimo foi o estresse de 50%, com uma taxa que variou entre $1,1 \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de H_2O no genótipo 8 e $4,3 \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ H_2O para o genótipo 1. Tais dados estão diretamente ligados aos resultados encontrados com a redução da condutância estomática, pois quanto maior a abertura estomática, maior será a perda de água pelas folhas.

Em condições abióticas, como estresse hídrico, a redução da taxa transpiratória é uma das respostas encontradas pela planta, sem ou com mínimos gastos energéticos, para a redução da evapotranspiração de água pelas folhas (PES e ARENHARDT, 2015).

Com relação ao C_i não houve diferenças significativas das médias de cada nível de estresse em relação a cada genótipo, do mesmo modo que quando foi analisado a médias dos genótipos para os níveis de estresse. Tais resultados podem ser explicados, pois possivelmente pelo fechamento desuniforme dos estômatos, das plantas submetidas a déficit hídrico e esse processo é observado em várias espécies (CHAVES, 1991; WISE et al., 1992). Cornic, (2000) ressalta que, o aumento ou a não diferença do C_i entre os genótipos com e sem estresse pode ser devido um aumento da fotorrespiração. A fotorrespiração é um processo biológico que reduz a eficiência da assimilação de CO_2 , consumindo oxigênio e produzindo dióxido de carbono através da degradação de compostos intermediários do processo fotossintético.

Tabela 7 – Médias estimadas da Transpiração (E) em ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e da concentração interna de CO_2 (C_i) em $\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de diferentes genótipos soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido na floração plena, em Gurupi – TO, 2017

Genótipo	Transpiração (E)				Concentração interna de CO_2 (C_i)			
	E30%	E 50%	SE	Média	E 30%	E 50%	SE	Média
1*	6,5	4,3	8,1	6,3 a	248,2	276,2	246,6	257,0 a
2	5,3	2,0	6,9	4,7 a	247,1	237,5	243,9	289,1 a
3	7,4	1,6	8,6	5,9 a	255,2	246,3	249,9	322,6 a
4	4,5	1,7	6,4	4,2 a	238,8	350,2	235,8	275,0 a
5	5,2	1,4	7,4	4,7 a	237,7	344,0	243,6	275,1 a
6	4,3	1,2	7,0	4,1 a	243,3	384,2	241,2	289,7 a
7	3,7	1,6	5,7	3,7 a	234,3	352,2	232,0	257,0 a
8	5,5	1,1	8,7	5,1 a	264,1	460,7	247,4	324,1 a
Médias	5,3 A	1,8 B	7,4 A		246,1 A	375,8 A	242,6 A	

ES 30% = Déficit hídrico de 30%, ES 50%= Déficit hídrico de 50% e SE= Sem déficit hídrico.

* Médias seguidas por uma mesma letra MAIUSCULA na Linha não diferem entre si, significativamente, pelo teste de DUNCAN a 5% de probabilidade. Médias seguidas por uma letra MINÚSCULA na coluna pertencem a um mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da Pesquisa

Para Eficiência Instantânea de Carboxilação (E_iC), (Tabela 8), que corresponde a relação entre a A e C_i , foi observada uma redução significativa nas plantas com estresse mais severo comparando as médias dos níveis de estresse para os genótipos estudados. Não se observa diferenças significativas quando comparamos as médias dos genótipos.

Valores elevados de C_i associados com a redução da g_s indicam uma redução da E_iC . Além disso, A é limitada em concentrações baixas de C_i pela concentração baixa de CO_2 .

Tabela 8 – Médias estimadas da Eficiência instantânea da Carboxilação (*E_iC*) e da Eficiência do uso da água (EUA, $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{CO}_2/\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{H}_2\text{O}$) de diferentes genótipos soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido na floração plena, em Gurupi – TO, 2017

Genótipos	<i>E_iC</i>				EUA			
	ES 30%	ES 50%	SE	Média	ES 30%	ES 50%	SE	Média
1*	0,05	0,03	0,07	0,05 a	2,2	1,4	2,1	1,9 a
2	0,04	0,01	0,06	0,04 a	2,1	1,2	2,0	1,8 a
3	0,05	0,01	0,07	0,04 a	1,9	1,1	2,0	1,7 a
4	0,03	0,01	0,06	0,03 a	1,9	1,4	2,1	1,8 a
5	0,04	0,00	0,06	0,03 a	1,9	0,7	1,9	1,5 a
6	0,03	0,00	0,05	0,03 a	1,7	0,8	1,9	1,5 a
7	0,03	0,01	0,05	0,03 a	2,1	1,1	1,9	1,7 a
8	0,03	0,00	0,07	0,04 a	1,8	1,0	1,9	1,6 a
Médias	0,04 A	0,01 B	0,06 A		2,0 A	1,1 B	2,0 A	

ES 30% = Déficit hídrico de 30%, ES 50%= Déficit hídrico de 50% e SE= Sem déficit hídrico.

* Médias seguidas por uma mesma letra MAIUSCULA na Linha não diferem entre si, significativamente, pelo teste de DUNCAN a 5% de probabilidade, Médias seguidas por uma letra MINÚSCULA na coluna pertencem a um mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da Pesquisa

Devido ao fechamento dos estômatos o CO_2 intercelular da folha é oriundo da respiração mitocondrial, com isso, a planta utiliza esse CO_2 para manter uma fotossíntese mínima. Desta forma a fotossíntese é afetada pela capacidade de carboxilação da Rubisco. Independentemente do funcionamento dos estômatos, a fotossíntese é regulada pelo CO_2 devido a assimilação do CO_2 em função do C_i (TAIZ e ZEIG, 2009).

Para a variável EUA (Tabela 8), que é o resultado da relação entre A e E, o nível de estresse de 50% os genótipos, em média, sofreram redução quando comparados aos estresses de 30% e sem estresse. EUA está relacionada com a eficiência com que a planta fixa um carbono para cada unidade de água perdida (JAIMEZ et al., 2005).

Segundo Blum (2009), menores valores de EUA, são devido à altas E e gs sob déficit hídrico. Baixas C_i e E, levam a altos valores de EUA e para a soja a EUA é negativamente relacionada com a gs, C_i e E (EAL, 2002). Segundo Eck et al. (1983) Liu et al. (2005) pode-se encontrar valores mais alto ou mais baixo para EUA quando comparado o controle (sem estresse) para o nível mais severo de estresse sendo que tais diferenças podem ser devido a metodologia empregada (ECK et al. 1983; LIU et al., 2005).

3.3 Análises agronômicas

A Tabela 9 refere ao resumo da análise de variância, podendo se observar interação do genótipo x estresse somente para a variável altura de planta, indicando que os efeitos isolados dos fatores genótipo e estresse não explicam toda a variação encontrada na característica analisada. As demais variáveis foram analisadas independentemente.

Tabela 9– Resumo da Análise de Variância para as características avaliadas em oito genótipos soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido na floração plena, em Gurupi – TO, 2017

FV	Quadrado médio								
	GL	AP	DH	AV	%VCh	NVP	NTPS	PP	P100
Genótipo	7	29362,5**	1,25 ^{ns}	61,35**	18,06 ^{ns}	430,90**	2872,79**	28,49**	23,11**
Estresse	2	3192,6 ^{ns}	10,74**	7,14 ^{ns}	15,74 ^{ns}	1270,06 ^{ns}	4620,29 ^{ns}	51,78 ^{ns}	39,41 ^{ns}
GxE	14	5831,3*	0,4874 ^{ns}	13,87 ^{ns}	13,21 ^{ns}	67,10 ^{ns}	598,54 ^{ns}	7,45 ^{ns}	1,46 ^{ns}
Bloco	3	75,25	0,2171	6,58	8,72	69,97	585,87	0,532	13,24
Resíduo	63	9338,3	0,6228	12,54	12,71	78,41	382,78	7,39	5,35
Média		48001,3	79,9	16,04	20,295	35,99	78,99	11,58	14,88
CV (%)		14,88	15,64	22,08	21,18	24,59	24,79	23,47	15,55

DH= diâmetro da haste em mm; NVP = número de vagem por planta; AP= altura da planta; %VCh= Porcentagem de vagem chochas; NTS= número total de sementes por planta; PP= produção por planta em gramas; P100= Peso em gramas de 100 grão; FV= Fontes de Variação; GL= grau de liberdade; CV= Coeficiente de Variação – ns= não significativo; * - significativo 5% e ** Significativo a 1% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Fonte: Dados da Pesquisa

Para a característica de altura de plantas (Tabela 10) sob condições de estresse e sem estresse, os genótipos avaliados de hábitos de crescimento determinado, indeterminado e semi-determinado apresentaram respostas divergentes. Para o nível de estresse moderado (30%) os genótipos de um modo geral não apresentaram diferenças, sendo que essa diferença foi significativa no genótipo 8 comparado com os demais. Já para o estresse severo (50%) não houve diferença para os genótipos 1,2, 3,4, 5 e 8 apresentando as menores alturas, e os genótipos 6 e 7 diferiram dos demais, porém não entre si, com a maior média de altura de 96,2 cm.

Ao analisar a intensidade do déficit hídrico, para cada genótipo, não houve diferenças nos genótipos 1,3,5 e 8. Já para os genótipos 2,4,6 e 7 houve diferença da altura em relação ao estresse. Tais resultados podem ser explicados por vários fatores: para os genótipos de crescimento determinado, o início do florescimento ou logo após a indução floral, há uma interrupção da produção de biomassa vegetativa, a planta para de crescer pois seu meristema apical torna-se inflorescência reprodutiva. (TIAN et al., 2012).

Como o experimento foi realizado no período de inverno, noites mais longas para a região do Tocantins, esta condição ambiental pode ter interferido no crescimento das plantas. Segundo Mundstock e Thomas (2005) o aumento ou diminuição da temperatura ou no número de horas de luz por dia pode antecipar ou tardar o florescimento da soja comprometendo a sua altura.

Tabela 10 – Médias estimadas da Altura de Plantas (AP) em cm de diferentes genótipos soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido na floração plena, em Gurupi – TO, 2017

Níveis de stress	Genótipos								Médias
	1 *	2	3	4	5	6	7	8	
30%	61,2 Abc	65,2 Bbc	47,0 Ac	76,7 ABab	59,5 Abc	85,7 Ba	75,0 Cab	60,0 Abc	66,3
50%	53,7 Ab	61,0 Bb	50,7 Ab	64,0 Bb	57,2 Ab	86,0 Ba	96,2 Ba	46,5 Ab	64,4
SEM	63,5 Ac	87,2 Ab	44,2 Ad	85,5 Ab	58,7 Aa	118,7 Aa	113,0 Aa	49,0 Acd	77,5
Médias	59,5	71,2	47,3	75,4	58,5	96,8	94,7	51,8	

* Médias seguidas por uma mesma letra MAIUSCULA na coluna e MINÚSCULA na linha, respectivamente, não diferem entre si, significativamente, pelo teste de DUNCAN a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da Pesquisa

Como pode ser visto na Tabela 11, não houve diferenças significativas para diâmetro da haste (DH), entre os genótipos e níveis de estresse. Para os genótipos do tipo determinado seu crescimento é interrompido logo após o florescimento e para os genótipos semi-determinado e indeterminados, apesar de continuarem o crescimento mesmo com o início do florescimento não há variação significativa que expresse o aumento do diâmetro da planta. Sousa e Lima (2010) estudando a influência da supressão da irrigação em feijão em diferentes fases de desenvolvimento constataram que o diâmetro do caule não foi influenciado pela supressão de irrigação.

Quando analisamos a Tabela 11, referente a inserção da primeira vagem (IPV), não se observa diferenças significativas dos genótipos para a intensidade do estresse, em relação ao tratamento sem estresse, e nem diferenças entre genótipos. Tais resultados são corroborados por GAVA (2014) estudando o efeito do estresse em soja.

Tabela 11– Médias estimadas do Diâmetro da haste (DH) em milímetro e da Inserção da primeira vagem (IPV) em centímetro de oito genótipos soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido na floração plena, em Gurupi – TO, 2017

Genótipo	Diâmetro da haste (DH)				Inserção da primeira vagem (IPV)			
	ES 30%	ES 50%	SE	Média	ES 30%	ES 50%	SE	Média
1*	4,7	4,0	5,1	4,6 a	15,5	14,2	13,2	14,3 a
2	5,5	4,2	5,9	5,3 a	16,5	16,5	19,5	17,5 a
3	4,,1	4,4	5,1	4,6 a	12,5	16,7	12,5	13,9 a
4	4,7	4,6	6,1	5,1 a	16,2	19,2	21,5	19,0 a
5	5,2	4,9	5,7	5,3 a	13,2	14,5	13,7	13,8 a
6	5,3	4,8	5,8	5,3 a	19,5	19,3	18,5	19,1 a
7	4,6	5,0	6,2	5,3 a	15,2	16,7	17,7	16,5 a
8	4,9	4,0	5,2	4,7 a	16,3	15,0	11,5	14,3 a
Médias	4,9 A	4,5 A	5,7 A		15,6 A	16,5 A	15,9 A	

ES 30% = Déficit hídrico de 30%, ES 50%= Déficit hídrico de 50% e SE= Sem déficit hídrico.

* Médias seguidas por uma mesma letra, MAIUSCULA na Linha, não diferem entre si, significativamente, pelo teste de DUNCAN a 5% de probabilidade. Médias seguidas por uma letra MINÚSCULA na coluna pertencem a um mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da Pesquisa

Ao se analisar a Tabela 12 pode-se verificar que para a porcentagem de vagem chocha (VCh) não se observou diferenças significativas quando comparados entre os genótipos e quanto ao nível de estresse, sendo que a testemunha obteve o maior valor. Pode ser que, para a fase de florescimento, os níveis de estresse estabelecidos não alteram a porcentagem de vagem chochas. Com isso, o período de manutenção do estresse que foi do florescimento ao início do enchimento de grão também foi reduzido podendo influenciar no número de vagens chochas. A antecipação do florescimento nessa data de semeadura, deve-se ao fotoperíodo curto (12-13 horas)

a que as cultivares foram expostas no início do ciclo de desenvolvimento (SINCLAIR et al., 2005).

Tabela 12 – Médias estimadas da % de Vagem Chochas (VCh) de diferentes genótipos soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido na floração plena, em Gurupi – TO, 2017

Níveis de stress	Genótipos								Médias
	1 *	2	3	4	5	6	7	8	
30%	0,00	0,62	3,42	0,52	0,00	1,04	2,36	0,58	1,06 A
50%	0,74	1,32	0,00	5,33	1,64	0,78	2,90	0,83	1,69 A
SEM	0,73	1,21	8,52	1,42	2,28	1,50	3,42	0,67	2,47 A
Médias	0,49 a	1,05 a	3,98 a	2,42 a	1,30 a	1,10 a	2,89 a	0,69 a	

ES 30% = Déficit hídrico de 30%, ES 50%= Déficit hídrico de 50% e SE= Sem déficit hídrico.

* Médias seguidas por uma mesma letra MAIUSCULA na coluna não diferem entre si, significativamente, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. Médias seguidas por uma letra MINÚSCULA na linha pertencem a um mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da Pesquisa

O número de vagens por planta (NVP) denominada de legumes é uma variável importante, pois compõe o fator de produção da planta. Na Tabela 13 pode-se observar que as médias dos genótipos não apresentaram diferenças significativas entre si e entre os níveis de estresse. Fioreze et al. (2011) encontraram resultados semelhantes estudando a influência do déficit hídrico nas variáveis agrônômicas em soja nas cultivares CD 201, CD 202 e CD 217.

Os resultados obtidos referentes ao número total de sementes por planta (NTPS), as médias dos genótipos para cada nível de estresse não diferiram. Porém, os genótipos 2, 6, 4, 1 e 8 em ordem crescente no número total de sementes, foram superiores aos demais genótipos.

Tabela 13– Médias estimadas de Número Vagem por planta (NVP) e Número Total de Sementes por Planta (NTPS) de 8 genótipos de soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido na floração plena, em Gurupi – TO, 2017

Genótipo	Número de Vagem por Planta (NVP)				Número Total de sementes por planta (NTPS)			
	ES 30%	ES 50%	SE	Média	ES 30%	ES 50%	SE	Média
1*	33,50	29,50	46,00	36,33 a	84,00	70,00	102,50	85,50 a
2	46,25	39,50	60,50	48,75 a	101,50	84,25	128,00	104,58a
3	30,50	30,00	40,25	33,58 a	55,00	55,25	69,25	59,83 b
4	35,75	28,50	43,00	35,75 a	97,75	66,75	96,00	86,83 a
5	28,50	30,25	29,00	29,25 a	65,25	79,50	58,50	67,75 b
6	36,50	31,41	47,00	38,30 a	85,25	68,50	108,00	87,25 a
7	35,75	32,50	38,75	35,66 a	78,00	72,50	89,50	80,00 a
8	34,33	19,75	37,00	30,36 a	75,00	34,50	71,00	60,17 b
Médias	35,13 A	30,17 A	42,68 A		80,21 A	66,40 A	90,34 A	

ES 30% = Déficit hídrico de 30%, ES 50%= Déficit hídrico de 50% e SE= Sem déficit hídrico.

* Médias seguidas por uma mesma letra MAIUSCULA na coluna não diferem entre si, significativamente, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. Médias seguidas por uma letra MINÚSCULA na linha pertencem a um mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da Pesquisa

Analisando a produção por planta (Tabela 14) não foram observadas diferenças ao se comparar os genótipos entre si e nem quando comparamos as médias dos genótipos para os níveis de estresse. Esses resultados estão em concordância com os obtidos por Fioreze et al. (2011) quando comparados entre genótipos, porém no mesmo estudo, quando comparou três genótipos para os regimes com e sem estresse encontrou diferença significativa em pelo menos um dos genótipos.

Tabela 14– Médias estimadas Produção por Planta (PP) em gramas e da Peso de 100 sementes (P100) em gramas de 8 genótipos de soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido na floração plena, em Gurupi – TO, 2017

Genótipo	Produção por Planta (PP)				Peso de Cem sementes (P100)			
	ES 30%	ES 50%	SE	Média	ES 30%	ES 50%	SE	Média
1*	13,9	12,1	14,1	14,1 a	16,4	17,3	13,1	15,6 a
2	13,2	10,7	15,8	13,2 a	12,6	12,3	12,1	12,3 a
3	9,9	9,3	9,4	9,5 a	17,9	18,3	13,1	16,4 a
4	13,7	10,8	13,1	12,5 a	13,7	15,7	13,6	14,3 a
5	11,6	11,4	9,8	10,9 a	17,6	14,1	17,4	16,4 a
6	12,7	10,3	12,9	11,7 a	15,1	14,8	12,2	14,0 a
7	12,6	10,7	12,0	11,8 a	14,9	14,6	13,1	14,2 a
8	12,5	5,5	9,8	9,3 a	16,5	16,2	14,2	15,6 a
Médias	12,5 A	10,1 A	12,1 A		15,6 A	15,3 A	13,6 A	

ES 30% = Déficit hídrico de 30%, ES 50%= Déficit hídrico de 50% e SE= Sem déficit hídrico.

* Médias seguidas por uma mesma letra MAIUSCULA na Linha não diferem entre si, significativamente, pelo teste de DUNCAN a 5% de probabilidade. Médias seguidas por uma letra MINÚSCULA na coluna pertencem a um mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da Pesquisa

Para a massa de 100 grãos não houve diferença entre os genótipos e nem nos níveis do estresse hídrico. Tais dados são divergentes dos encontrados por Felisberto (2015) submetendo a soja a períodos que variaram de 0, 6, 9 e 12 dias ao estresse hídrico. De acordo com Navarro Junior e Costa (2002) cada cultivar apresenta valor característico para massa de grãos, mas que esses valores podem variar de acordo com as condições ambientais e manejo, o que explicaria os valores aqui encontrados.

Os valores de peso de Cem sementes sem diferenças significativas entre as médias dos tratamentos com e sem déficit, que sobre estresse a planta priorizou as sementes para carrear os fotoassimilados processados pelas folhas. Tais resultados estão diretamente ligados com as questões fisiológicas. Correlacionando com a EUA (Tabela 8) o déficit moderado de água pode ter influenciado no fator de produção. Pois, segundo Tardieu (2013) o fator positivo de uma alta EUA pode levar a menores produções em ambientes moderadamente favoráveis e se tornar um fator negativo sobre condições favoráveis.

4 CONCLUSÕES:

As respostas dos genótipos avaliados pela redução hídrica de 30 e 50% de capacidade de campo em relação as plantas sem estresse indicam que o déficit hídrico quando aplicado no início do florescimento não interferiu na produção geral dos genótipos.

O genótipo 3 (tipo determinado) foi o que apresentou as melhores respostas fisiológicas e refletindo no peso de 100 sementes. Do ponto de vista biológico e para o melhoramento é uma planta a ser estudada. Também apresentou a maior concentração de prolina no déficit de 50% da capacidade de campo.

Para os tipos semi-determinado o genótipo 4 apresenta potencial para o melhoramento, pois mesmo apresentando uma transpiração baixa, uma assimilação de CO₂ baixo, uma resposta positiva da condutância estomática ao estresse apresentou um peso de 100 sementes de 15,7 gramas para a condição de 50% de déficit hídrico.

O estresse hídrico de um modo geral aumentou as concentrações de prolina na planta, indicando que os genótipos utilizam dessa rota metabólica para se proteger do estresse hídrico.

REFERÊNCIAS

AGENCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO: **Árvore do conhecimento: soja.**

Disponível em:

<<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONT000fzr67crj02wx5ok0cpoo6ar6pq9g5.html>>. Acesso em: 03 nov. 2017

BATES, L. S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Short communication. **Plant and Soil**. v. 39, p. 205-207.

<https://doi.org/10.1007/BF00018060>

BERTOLLI, S.C. et al. Photosynthetic limitations caused by different rates of water-deficit induction in Glycinemax and Vignaunguiculata . **Photosynthetica** , v.50, p.329- 336, 2012. Disponível em: <

<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11099-012-0036-4#page-1>>. Acesso em: 04 set. 2017. doi: 10.1007/s11099-012-0036-4.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas. 2º edição**, Viçosa: Editora UFV, 2000, 453p
BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: DNDV/CLAV, 1992. 365p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

BRITO, L.K.F.L. de; SILVEIRA, J.A.G.; LIMA, L.L.F. de; TIMÓTEO, A.R. de S.; HAGAS, R.M.; MACEDO, C.E.C. Alterações no perfil de frações nitrogenadas em calos de cana-de-açúcar induzidas por déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.6, 2008.

CASAROLI, D.; VAN LIER, Q.J. Critérios para determinação da capacidade de vaso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n. 7, p.59-66, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n1/07.pdf>>. Acesso em: 17 out 2017.

CATTIVELLI, F; RIZZA, F; BADECK, F; MAZZUCOTELLI, E; MASTRANGELO, A.M; FRANCIA, E; MARE, C; TONDELLI A & STANCA AM . Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. **Field Crops Research**, Akon, v.32, n.105, p.1-14. 2008.

CHAVARRIA, G., DURIGON, M.R., KLEIN, V.A., KLEBER, H.; Restrições fotossintéticas de plantas de soja sob variação de disponibilidade hídrica. **Ciências Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 8., p. 1387-1393, 2015.

CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**. Oxford, v.42, n.6, p.1-16, 1991.

CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE MEIO AMBIENTE E RESPONSABILIDADE SOCIA. **Relatório IPCC/ONU. Novos Cenários Climáticos. 2007**. Disponível em: < <http://www.ecolatina.com.br/pdf/IPCC-COMPLETO.pdf>>. Acesso em: 20 .09. 2017.

CRUZ, C.D, 2006. **Programa Genes: Estatística experimental e matrizes**. Editora UFV, Viçosa, Brasil, 285p.

ECK, H.V.; MATHERS, A.C.; MUSICK, J.T. Plant Water Stress at Various Growth Stage and Growth and Yield of Soybeans. **Field Crops Research**, Akron, v. 17, n. 1, p. 1-16, 1987.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA: **Soja em números (safra 2015/2016)**. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 20 out. 2017

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA: **Centro Nacional Pesquisa sobre soja, 2008**. Disponível em: <http://bioinfo.cnpsa.embrapa.br/seca/index.php?option=com_content&view=article&id=73%3Aexigencias-climaticas&catid=84&Itemid=435>. Acesso em 19 set. 2017

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA: **Espaço Temático MATOPIBA, 2014**. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/tema-matopiba/sobre-o-tema>>. Acesso em: 19 out. 2017

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2006. 306p.

FELISBERTO, G. Caracterização de respostas morfológicas e fisiológicas de plantas de soja submetidas a estresse hídrico. **Dissertação (mestrado) Escola superior de agricultura, Luiz de Queiroz**. Piracicaba, 2015. 85p.

FIGUEIREDO, S.L.; PIVETTA, L.G.; FANO, A.; MACHADO, F.R.; GUIMARÃES, V.F. Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n. 7, p.342-349, 2011.

FORD, C.W. Accumulation of low molecular weight solutes in water-stressed tropical legumes. **Phytochemistry**, New York, v,23, n.5 p.1007, 1984.

GAVA, R. Os efeitos do estresse hídrico na cultura da soja. **Tese (doutorado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, 2014 123 p. INMET, Instituto Nacional de Meteorologia, **Monitoramento das Estações Automáticas**, Gurupi - TO, Dados. 2016.

JAIMEZ, R. E. RADA, F.; GARCÍA-NÚÑEZ, A.; AZÓCAR, A Seasonal variation in leaf gas exchange of plantain cv. 'Hartón' (Musa AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 104, n. 1, p. 79-89, 2005.

JOHNSON, R.C.; NGUYEN, H.T.; CROY, L.I. Osmotic adjustment and solute accumulation in two wheat genotypes differing in drought resistance. **Crop. Sci.**, Madison, v.24, n.5, p. 957-62, 1984.

KISHOR, P.B.K.; et. al. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. **Current Science**, Bengaluru, v.88, p.424-438, 2005.

LAWLOR, D.W.; UPRETY, D.C. Effects of the water stress on the photosynthesis of crops and biochemical mechanism. In: **Abrol YP, Mohanty P & Govindje E (Ed.) Photosynthesis: photoreactions to plant productivity. New Dehli, Oxford and IBH Publishing Co.** p.419-449, 1993.

LOBATO, A.K.S.; et al. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sabaiba) plants under water deficit. **Australian Journal of Crop Science**, Amsterdam, v.2, n. 1, p 25- 32, 2008.

MACHADO JUNIRO, C. S. **Dissertação (mestrado)**: Déficit hídrico em tipos de crescimento de soja. Universidade federal de Uberlândia. Uberlândia 2015, 56 p.

MELO, A. S.; et.al. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 73-79, 2010.

MUNDSTOCK, C.M; THOMAS, A.L: Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Porto Alegre: **Departamento de Plantas de Lavoura.** Universidade Federal do Rio grande do Sul: Evangraf, 2005. 31p.

NAVARRO JUNIOR, H.M.; COSTA, J.A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para a produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v37, n. 3, p. 269-274, 2002.

NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B. **Estádios de desenvolvimento da cultura de soja**. In: BONATO, E.R. (Ed.). Estresses em soja. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 2000. p. 19-44.

OHASHI, Y.; NAKAYAMA, N.; SANEOKA, H.; FUJITA, K. Effects of drought stress on photosynthetic gas Exchange, chlorophyll fluorescence and stem diameter of soybean plants. **Biologia Plantarum**, Praha, v.50, n. 1, p. 138-141, 2006

PELÚZIO, J.M. et al. Influência da dessecação química e retardamento de colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja no sul do estado do Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 77-82. 2008.

PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H.; **Fisiologia vegetal**: Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2015. Disponível em: http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_fruticultura/terceira_etapa/arte_fisiologia_vegetal.pdf> Acesso em: 16 Nov. 2017

SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E DO ABASTECIMENTO, **Condições Ambientais**, Governo do Estado do Tocantins, Disponível em: www.to.gov.br/seagro/v_menu.php?id=603 Acesso em: 30 out. 2017

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DO ESTADO DO TOCANTINS, **Atlas Tocantins**, 2012. Disponível em: [http://web.seplan.to.gov.br/Arquivos/download/ZEE/TO_AtlasTocantins2012/Atlas do Tocantins 2012.pdf](http://web.seplan.to.gov.br/Arquivos/download/ZEE/TO_AtlasTocantins2012/Atlas_do_Tocantins_2012.pdf)> Acesso em: 15 Dez 2017.

SINCLAIR, T. R., NEUMAIER, N., FARIAS, J. R. B., & NEPOMUCENO, A. L. Comparison of vegetative development in soybean cultivars for low latitude environments. **FIELD CROPS RESEARCH**, Akron, v.92, n.32, p.53-59. 2005 <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2004.08.008>

SOUSA, M.A; LIMA, M.D.B., Influência da supressão da irrigação em estádios de desenvolvimento do feijoeiro CV. Carioca comum. **Biosci. J.**, Uberlândia, v.26, n.4 p. 550-557,2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 819 p.

TARDIEU, F. Plant response to environmental conditions: assessing potential production, water demand and negative effects of water deficit. **Frontiers in physiology**, v.4, n. 3, p.1-7,2013.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE. Atlas do Tocantins: **subsídio ao planejamento e gestão territorial**. Palmas: Seplan,2012 80p.

VELLINI, A.L.T.T., FIGUEIREDO DE PAULA, N., ALVES, P.L.C., PAVANI, L.C. BONINE, C.A.V, SCARPINATI, E.A, CESAR DE PAULA, R.; Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore. Sociedade de Investigações Florestais**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 651-663, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/1013>>.

WISE, R.R., ORTIZ-LOPEZ, A., ORT, D.R. Spatial distribution of photosynthesis during drought in field-grown and acclimated and non-acclimated growth chamber-grown cotton. **Plant Physiology**, Bethesda, v.100, n. 32, p.26-32, 1992.

CAPÍTULO II

Caracterização agrônômica e fisiológicas de genótipos de soja semi-determinado submetidos ao déficit hídrico no início do enchimento de grão

RESUMO

Um déficit hídrico expressivo durante o enchimento de grão provoca alterações fisiológicas na planta e também alterações agrônômicas, como perda de peso das sementes, abortamento de vagem, queda prematura das folhas. Várias ferramentas estão sendo usadas no estudo de obtenção de genótipos resistentes à seca: a transgenia, o melhoramento tradicional e a seleção de materiais de acordo com sua morfologia - genótipos de crescimento determinado, semi-determinado e indeterminado. Com isso, o objetivou-se com este trabalho avaliar genótipos tolerância à seca comparando com as diferentes condições de disponibilidade hídrica no solo em casa de vegetação. Foram utilizados 8 genótipos, 1 e 7 cultivares comerciais, a 1 de hábito de crescimento determinado e 7 indeterminado; e os genótipos 2,3,4,5,6, e 8 linhagens de hábito de crescimento semi-determinado. Os níveis de déficit hídrico aplicados foram de 30 e 50%. Os dados fisiológicos foram coletados no mês de março de 2017 no período da manhã em folíolos da 3ª folha do ápice para base, sendo 4 plantas amostradas por genótipo e por nível de estresse. Para a quantificação da prolina foram coletadas cada folíolo das folhas que foram analisadas as trocas gasosas. As avaliações das trocas gasosas foram realizadas a partir da mensuração da taxa de assimilação de CO₂ (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna de CO₂ (C_i), eficiência no uso de água (EUA) e a eficiência instantânea da carboxilação (E_{iC}). Esses parâmetros foram obtidos por meio de um analisador portátil de gás infravermelho (IRGA), também foi realizado os parâmetros agrônômicos: altura de planta, diâmetro da haste, inserção da primeira vagem, porcentagem de vagem chocha, número de vagem por planta, número de sementes por vagem, produção por planta e peso de cem sementes. O estudo apresentou que as variáveis agrônômicas mais afetadas foram número de vagem por planta e o número de sementes por plantas nos estresses de 30 e 50% em relação ao tratamento sem estresse. E o peso total de sementes não houve variação dos tratamentos. Para concentração de prolina o genótipo 7 foi o que mais apresentou aumento desse aminoácido de prolina variando de 1,7; 3,1; 4,2 $\mu\text{molPro.gMS}^{-1}$ dos tratamentos sem estresse, 30 e 50%, respectivamente. As variáveis fisiológicas como fotossíntese, condutância estomática, transpiração foram afetadas conforme a intensidade do estresse aumentava. O carbono interno e uso eficiente de água não tiveram diferenças nos tratamentos. De um modo geral os genótipos 2 e 4 tiveram promissores resultados das variáveis estudadas que indicam continuidade no programa de melhoramento para tolerância ao estresse hídrico.

Palavras-chaves: Hábito de crescimento, Glycine max, déficit hídrico

CHAPTER II

Agronomic and physiological characterization of semi-determinate soybean genotypes submitted to water deficit at the beginning of grain filling

ABSTRACT

During the grain filling, an expressive water deficit causes physiological change in the plant and affects the agronomic parameters such as seed weight loss, pod abortion, premature leaf falls. The researchers are using several tools to obtain drought resistant genotypes for example: transgenic, traditional breeding and material selection according to their morphology - determinate, semi-determinate and indeterminate growth genotypes. Therefore, the objective of this work was to evaluate the drought tolerance of the genotypes comparing with the different soil water availability conditions in greenhouse. Eight genotypes, 1 and 7 commercial cultivars were used, 1 of determinate growth habit and 7 indeterminate; and genotypes 2, 3,4,5,6, and 8 lines of semi-determinate growth habit. The water deficit levels applied were 30 and 50%. From four plants sampled by genotype and by level of stress, physiological data were collected in the month of March 2017 in the morning in leaflets of the 3rd leaf from the apex to the base. For proline quantification, each leaflet was collected from the leaves that were analyzed for gas exchange. The gas exchange evaluations were carried out by measuring the assimilation rate of CO₂ (A), transpiration (E), stomatal conductance (gs), internal CO₂ concentration (Ci), water use efficiency, and instantaneous efficiency of carboxylation (EiC). These parameters were obtained using a portable Infra-Red Gas Analyzer (IRGA). The agronomic parameters such as: plant height, stem diameter, first pod insertion, percentage of blank pod, number of pod per plant, number of pods, number of seed per pod, yield per plant and weight of one hundred seeds were also recorded. According to the results, the agronomic variables most affected were number of pods per plant and number of seeds per plant in the stress levels of 30 and 50% compared to the treatment without stress. In addition, there was no variation for the total weight of seeds character in the treatments. For proline concentration, the genotype 7 showed the highest increase of this amino acid of proline oscillating from 1,7; 3.1; to 4.2 $\mu\text{molPro.gMS}^{-1}$ of the treatments without stress, 30 and 50%, stresses respectively. Physiological variables such as photosynthesis, stomatal conductance, and transpiration were affected as the intensity of stress increased. There was no difference in the treatments for the internal carbon and water use efficiency. Overall, according to the studied variables, genotypes 2 and 4 showed promising results that indicate continuity in the breeding program for tolerance to water stress.

Key words: Growth habit, Glycine max, water deficit

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Embrapa (2014) para um aumento de 1°C na temperatura haverá perdas agrícolas superiores a 10% nas áreas de menor risco climático, e esse cenário fica ainda mais preocupante pois se houver aumento de 3°C na temperatura, o risco de perdas serão superiores a 40%.

O déficit hídrico afeta os processos de assimilação de carbono e a fenologia da planta (HIRT e SHINOZAKI, 2004). Uma deficiência hídrica expressiva durante a floração e enchimento de grão, provoca alterações fisiológicas na planta como: fechamento estomático, enrolamento das folhas, queda prematura de folhas e flores, e abortamento de vagens, resultando por fim, em redução do rendimento de grãos. (EMBRAPA, 2008; KARAM et al. 2005; LIU et al., 2003).

Várias ferramentas estão sendo usadas no estudo de obtenção de genótipos resistentes à seca: a transgenia, o melhoramento tradicional e a seleção de materiais de acordo com sua morfologia - genótipos de crescimento determinado, semi-determinado e indeterminado - (EMBRAPA, 2014).

O tipo de crescimento da haste da soja influencia em várias características agrônômicas. Plantas com tipo de crescimento determinado, geralmente atingem alturas menores com maior resistência ao acamamento, menores alturas da inserção da primeira vagem e maior número de ramos por planta do que cultivares de tipo de crescimento indeterminado de grupos de maturação semelhante. Linhagens de tipo determinado apresentam menor período de floração do que linhagens do tipo indeterminado e semi-determinado (KILGORE-NORQUEST e SNELLER, 2000; SEDIYAMA et. al., 1985).

Déficit hídricos nos estágios R1 a R3, que causam altas taxas de abortamento de flores, em geral não reduzem significativamente o rendimento, pois algumas flores podem ser produzidas até o estágio R5, é o que acontece com soja de crescimento semi-determinado e indeterminado. Tais condições podem resultar em um aumento no número de grão por vagem e o no peso do grão, sendo um compensador do abortamento das flores e das vagens. Já no estágio R4 da soja podemos dizer que é o período mais crítico porque o florescimento completa-se não havendo compensação de mais flores, e que nessa fase as vagens e os grãos mais novos são mais propensos ao déficit hídrico devido ao abortamento.

No estágio R5 caracterizado pelo rápido crescimento das vagens e enchimento de grãos e onde a relação fonte – dreno é mais acentuada pois aproximadamente

metade do nitrogênio, fósforo e potássio são adquiridos pelos grãos. Nesta fase, a demanda por água é alta ao longo do período de enchimento dos grãos. Uma deficiência hídrica extrema e/ou duradora pode acarretar redução de até 75% no rendimento. (LANTMANN, 2016; EMBRAPA, 2011; FARIAS et al.,2007; NEUMAIER et al., 2000; FEHR et al., 1977).

Considerando a importância da soja e as limitações causadas pela seca, o trabalho teve como objeto avaliar as respostas fisiológicas e agronômicas de oito genótipos de soja visando tolerância à seca comparados a diferentes condições de disponibilidade hídrica no solo em casa de vegetação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Campus Universitário de Gurupi, Universidade do Tocantins, Município de Gurupi, TO, ao sul do Estado do Tocantins (11° 45'S, 49° 03'W, altitude 287 m), em casa de vegetação.

O clima é Aw Cerrado ou Savana tropical quente e úmido com estação chuvosa no verão e seco no inverno, segundo a classificação de Köpper e (B1wA'a') com pequena deficiência hídrica conforme a classificação de Thornthwaite. A temperatura média anual está em torno de 26 °C, sendo a amplitude térmica média anual muito pequena, com temperatura média mensal mínima de 20°C e máxima de 33°C. A precipitação média anual é de 1.632 mm, registrando-se nos meses de outubro a março (TOCANTINS, 2005 ou SEPLAN, 2007; INMET, 2016).

O experimento foi conduzido em estufa de plástico transparente; foram utilizados sacos de polietileno com capacidade de 5 dm³ que receberam 9 kg de solo, previamente peneirados com malha n°2, homogeneizados e adubados. A adubação foi realizada de acordo a análise química, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura média. Com as seguintes características físico-químicas: pH em água = 5,71; P (Mel) = 0,29 mg dm⁻³; K = 14,45 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 0,63 cmolc dm⁻³; Mg²⁺ = ,48 cmolc dm⁻³; Al³⁺ = 0,40 cmolc dm⁻³; H+Al = 2,71 cmolc dm⁻³; CTC(t) = 1,74 cmolc dm⁻³; V = 29,77%; MO = 2.04%, Textura: 40.46% de areia; 8,01% de silte e 51,44% de argila. A adubação de cobertura foi realizada com cloreto de potássio em pó e micronutriente BR 12 parcelados em 2 vezes.

As características hídricas da camada de solo foram determinadas no laboratório do Departamento de Ciência do solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), utilizando-se amostras deformadas pelo método do Extrator de Richards (RICHARDS, 1951), obtendo-se o valor do ponto de murcha permanente (PM) em umidade base volume de 9,46% e também a capacidade de campo (CC) desse solo que foi de 33,66% de umidade base volumétrica. Conforme Gráfico 1.

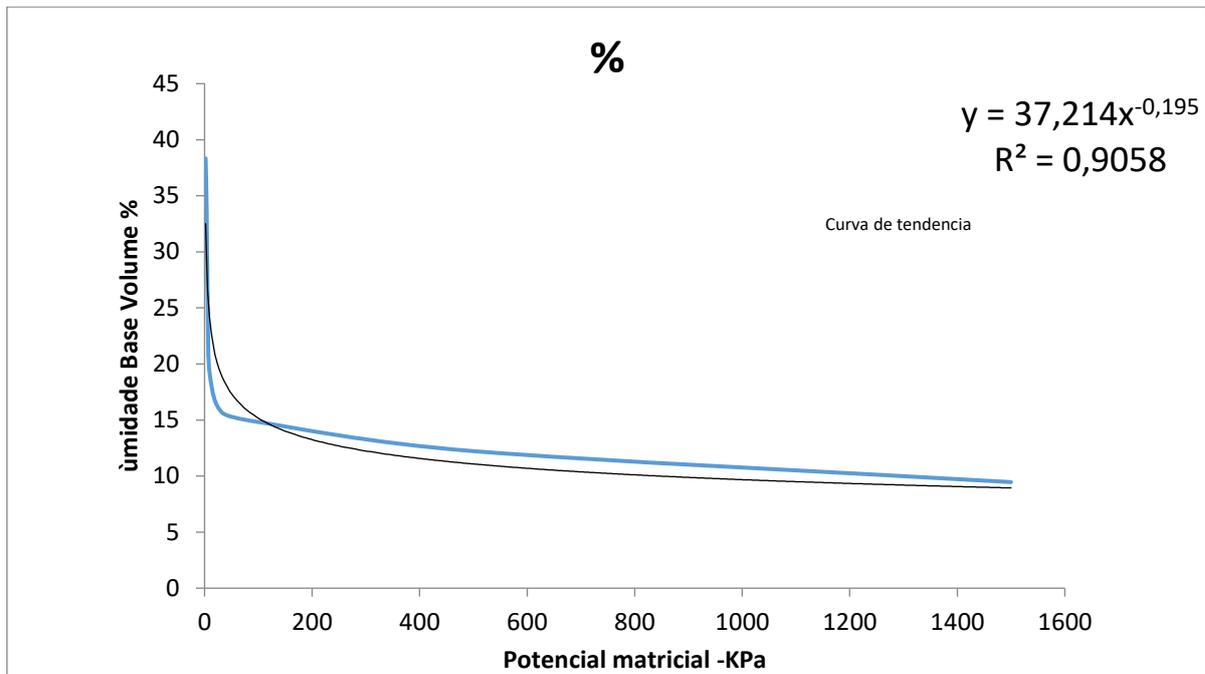


Gráfico 1 – Curva de retenção de água no solo para amostra deformada de um latossolo vermelho-amarelo.
Fonte: Dados da pesquisa

Concomitante a obtenção da curva de retenção, foi realizado in situ a determinação da capacidade de campo pelo método gravimétrico e densidade do solo com a adaptação de metodologia da EMBRAPA (1997). Os vasos com solo completamente seco, pesando 11 kg, receberam um volume de água conhecido até a saturação total desse solo, foram cobertos para que não houvesse perda de água por evaporação, e o volume de água drenado foi coletado em intervalos de 0, 24 e 48 horas até que cessasse a drenagem. Nesse intervalo os vasos foram pesados até que seu peso fosse estabilizado e suas diferenças não fossem significativas. Com a diferença do volume conhecido de água menos o drenado, estabeleceu-se a CC desse solo que ficou em 31,2% de umidade de base volumétrica.

Neste experimento foram utilizados 8 genótipos conforme descrito na Tabela 1. Os genótipos 1 e 7 são cultivares comerciais e os demais linhagem desenvolvida pelo programa de melhoramento do Professor Dr^o Hélio Bandeira da Universidade Federal do Tocantins.

Tabela 1- Caracterização dos genótipos.

Genótipos	Caracterização	Hábito crescimento
1	Msoy 8808	Determinado
2	Linhagem	Semi-determinado
3	Linhagem	Determinado
4	Linhagem	Semi-determinado
5	Linhagem	Semi-determinado
6	Linhagem	Semi-determinado
7	BRS 8871	Indeterminado
8	Linhagem	Semi-determinado

Fonte: Dados da pesquisa

O plantio foi realizado em 03/01/2017, cada vaso recebeu 5 sementes tratadas e inoculadas com *Bradryzobium japonica*. Após 15 dias da germinação houve desbaste das plantas permanecendo somente uma em casa vaso.

A irrigação dos vasos foi realizada de modo que a umidade se mantivesse próximo a capacidade de campo (CC) até o florescimento, onde se iniciaria a aplicação do estresse hídrico até o início do enchimento do grão. A diferença no manejo de irrigação teve início na fase na fase de enchimento de grão, quando os tratamentos foram submetidos aos diferentes déficits hídricos que variaram de 30 e 50 % de água disponível a partir de 70% da CC do solo. Foi considerado o início do enchimento de grão, denominada de R3, até enchimento de grão pleno, denominada R5, quando 50% das plantas apresentassem pelo menos uns grãos perceptíveis ao tato e completamente entumecido, respectivamente, segundo escala fenológica de Ferh. (NEUMAIER, et al, 2000). O início do estresse se deu aos 25 dias após a emergência (DAE)

A reposição hídrica ou quantidade de água por vaso foi definida com: peso do vaso sobre estresse menos o peso do vaso sem estresse mais a média do peso da planta na fase estabelecida.

O período em que as plantas foram submetidas a restrição hídrica, os vasos foram pesados diariamente no mesmo horário. Para garantir que a evapotranspiração potencial e o estresse seriam máximos, optou-se por fixar os horários de pesagem e reposição da lâmina de água no período de maior temperatura. Para garantir a precisão de reposição da água, foi utilizado proveta volumétrica graduada de 500 ml.

Ao decorrer 20 dias do início do estresse foram realizados as seguintes avaliações: trocas gasosas, realizadas a partir da mensuração da assimilação líquida de CO₂ (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (gs) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO₂ (Ci) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Com os dados coletados foi possível quantificar a eficiência no uso de água (EUA)

(mmol CO₂ mol⁻¹ H₂O) (A/E) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)-1] (MELO, et al. 2010). Todas essas variáveis foram obtidas sob condições ambiente de CO₂ por meio de um analisador portátil de gás infravermelho (IRGA - Infra Red Gas Analyser, modelo LI-6400 XT, Li-cor, inc. Lincoln, EUA). A câmara foliar foi ajustada para trabalhar sob luz saturante artificial de 1200mmol m⁻² s⁻¹ de fótons, a temperatura de 30°C da câmara.

As avaliações foram realizadas em 16 de março de 2017, sendo os dados coletados no período de 9h as 11h30, em folíolos completamente expandidos da folha 3 do ápice para a base de cada tratamento, sendo 3 plantas amostradas por cultivar e por nível de estresse. A temperatura e umidade no interior da casa de vegetação eram de 32°C e 66 % umidade e 28°C e 74% umidade nos dias 16 e 23 de março, respectivamente.

As médias de temperatura e umidade podem ser analisadas ao longo do ciclo de duração do experimento (Tabela 2).

Tabela 2- Temperaturas máximas (T. máx), mínimas (T. mín.) e médias (T. méd.); Umidade relativa máxima (UR máx) e mínima (UR min.) Gurupi - TO, 2017. Fonte: INMET, 2017.

Mês	Fora da casa de vegetação					Dentro da casa de Vegetação				
	T. máx. (°C)	T. mín. (°C)	T. méd. (C°)	UR máx (%)	UR min (%)	T. máx. (°C)	T. mín. (°C)	T. méd. (C°)	UR máx (%)	UR min (%)
Janeiro	33	21	27	92	51	38	22	28	91	45
Fevereiro	30	22	25	80	64	34	24	27	97	47
Março	31	21	26,5	93	58	39	27	29	90	47
Abril	32	23	28	92	55	39	26	29	89	44

Fonte: INMET, 2017

Fonte: Autor

Para a determinação do teor de prolina nas folhas, coletou-se um folíolo do trifólio mais jovem e totalmente expandido em três repetições de cada tratamento no horário mais quente do dia e antes da reposição diária de água para os tratamentos; o mesmo foi congelado em nitrogênio líquido e liofilizado posteriormente à temperatura de -40°C por 48h. Em posse do material liofilizado, aplicou-se a metodologia de Bates et al., (1973).

Após completado o ciclo da cultura, foram realizadas as seguintes avaliações: Altura de plantas (AP), medida em centímetro, desde a base até o ápice da planta; diâmetro da haste (DH), medido em milímetro, com uso de paquímetro digital, no terço inferior da planta; altura da primeira vagem (AV); número de vagem por planta (NVP); número de vagens chochas(VCh), medidas em porcentagem; número total de

sementes (NTS); produção por planta (PP), medido em gramas e peso de 100 sementes (P100) , medido em gramas.

Para a PP e P100, foram adotados a porcentagem de umidade padrão de 13% e a determinação e a correção de umidade foram utilizadas a RAS- Regra para Análise de Semente- que é adotada pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1992).

O experimento foi conduzido em esquema fatorial (8X3) com 4 repetições em blocos ao acaso.

Os dados foram submetidos à análise de variância. Aplicou-se o teste de Scott e Knott para comparações entre os genótipos e DUCAN para comparações entre níveis de stress, ambos a 5% de probabilidade. Sempre com o apoio do Aplicativo Computacional Genes. Estatística experimental (CRUZ, 2006).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises Fisiológicas

Plantas submetidas ou não ao estresse hídrico apresentam comportamentos fisiológicos distintos. Estudar e compreender os processos fisiológicos que ocorrem na planta submetida ao déficit hídrico, ajudam a responder e justificar os reflexos que ocorrem na parte morfológica da planta com reflexo na produção. Foram realizadas análises da concentração de prolina, assimilação líquida do CO₂, condutância estomática, transpiração, concentração interna de carbono, eficiência do uso da água.

A tabela 3 mostra o resumo da análise de variância. Como houve interação entre o genótipo x estresse ao nível de 1% de significância foi efetuado os desdobramentos das variáveis.

Tabela 3– Resumo da Análise de Variância para concentração de Prolina em $\mu\text{molPro.gMS}^{-1}$ de diferentes genótipos soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido no enchimento de grão, em Gurupi – TO, 2017

FV	Quadrado médio	
	GL	Prolina ($\mu\text{molPro.gMS}^{-1}$)
Genótipo	7	1,97 **
Estresse	2	5,44 ns
GxE	14	1,66**
Bloco	2	0,0361
Resíduo	42	0,2677
Média		2,87
CV (%)		18,03

FV= Fator de Variação; GL= Graus de Liberdade; ns - não significativo; * - significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Fonte: Dados da pesquisa

Na tabela 4 estão discriminados os teores médios de prolina na folha, para os diferentes tratamentos (fase da cultura e os níveis de estresse). Quando comparado os níveis de estresse dentro de cada genótipo, somente 5 genótipos tiveram diferenças significativas.

O genótipo 2 apresentou o nível de prolina de 86% a mais no estresse de 50% em relação as plantas sem estresse; Para o genótipo 3 ocorreu o inverso, uma redução de 35% no nível de prolina no estresse de 30% e no nível de 50% não houve diferença com as sem estresse; No genótipo 6 houve um acúmulo de mais de 2 vezes do teor de prolina para estresse de 30 % em relação as plantas sem estresse e de 1,5

vezes em relação ao nível de 50%, que pode ser explicado por uma possível adaptação da planta ao estresse; O genótipo 7 apresentou teores de prolina de 2,5 vezes para o estresse de 30% e quase 2 vezes no estresse de 50% ambos em relação as plantas não estressadas; Para o genótipo 8 houve um incremento de 50% de prolina para os níveis de 30% e 50% de estresse em relação as plantas sem estresse.

Tabela 4 – Médias estimadas da concentração de prolina em $\mu\text{molPro.gMS}^{-1}$ de oito genótipos soja submetidos a dois níveis de estresse hídrico, induzido no enchimento de grãos, em Gurupi – TO, 2017

Níveis de stress	Genótipos								Médias
	1 *	2	3	4	5	6	7	8	
30%	2,8 Ac	2,8 Bc	1,7 Bd	3,0 Ac	3,2 Ac	5,4 Aa	4,2 Ab	3,1 Ac	3,3
50%	2,1 Ad	3,9 Aa	2,6 Abcd	2,4 Abcd	2,6 Abcd	3,4 Bab	3,1Babc	3,3 Aabc	2,9
SEM	2,4 Aab	2,1 Bab	2,3 ABab	2,9 Aa	2,6 Aab	2,5 Cab	1,7 Cb	2,0 Bab	2,4
Médias	2,4	2,9	2,8	2,8	2,8	3,8	3,0	2,8	

ES 30% = Déficit hídrico de 30%, ES 50%= Déficit hídrico de 50% e SE= Sem déficit hídrico.

* Médias seguidas por uma mesma letra MAIUSCULA na coluna e MINÚSCULA na linha, respectivamente, não diferem entre si, significativamente, pelo teste de DUNCAN a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da pesquisa

Quando comparamos os genótipos para cada nível de estresse observamos que o genótipo 3 apresentou o menor nível de prolina 1,7 $\mu\text{molPro.gMS-1}$ e o genótipo 6 o maior nível 5,4 $\mu\text{molPro.gMS-1}$ para os demais não houve diferenças estatística para o nível de 30% de déficit hídrico. Para o nível de estresse de 50% o genótipo 1 apresentou o menor nível de prolina 2,1 $\mu\text{molPro.gMS-1}$ diferindo dos genótipos 2, 6, 7 e 8, e estes apresentaram os maiores níveis de prolina 3,9; 3,4; 3,1 e 3,3 $\mu\text{molPro.gMS-1}$ respectivamente, mas não diferiram entre si. Na CC o genótipo 4 apresentou o maior nível de prolina 2,9 $\mu\text{molPro.gMS-1}$ diferindo somente do cultivar 7 que apresentou nível de prolina de 1,7 $\mu\text{molPro.gMS-1}$, porém este foi estatisticamente igual aos demais.

Segundo Ramos et al. (2005) o acúmulo acelerado de aminoácidos livres como a prolina e glicinabetaina são fortemente influenciados pelo estresse hídrico.

Sendo assim, o conteúdo de prolina na planta pode ser considerado um indicador bioquímico e fisiológico efetivos dos efeitos da restrição hídrica em soja.

Considerando a análise de variância (Tabela 5), observa-se que houve interação significativa das características avaliadas para assimilação líquida de CO₂ AL condutância estomática (gs), transpiração (E), carbono interno (Ci) e somente para o uso eficiente da água (EUA) não houve interação, indicando que os efeitos genótipo e níveis de estresse podem ser estudados isoladamente.

Tabela 5 – Resumo da Análise de Variância em blocos ao acaso de 5 características fisiológicas de 8 genótipos de soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido no enchimento de grão, em Gurupi – TO, 2017

FV	Quadrado médio					
	GL	A	gs	E	Ci	EUA
Genótipo	7	34,52**	0,066 ^{ns}	4,48 ^{ns}	867,97 ^{ns}	1,63 ^{ns}
Estresse	2	177,3 ^{ns}	0,859 ^{ns}	45,87 ^{ns}	88,84 ^{ns}	1,59 ^{ns}
GxE	14	36,70*	0,168 [*]	9,73*	875,75*	1,29 ^{ns}
Bloco	2	0,4376	0,035	16,93	948,92	3,59
Resíduo	43	2,3	0,080	4,46	440,03	1,76
Média		10,59	0,59	7,01	199,24	1,76
CV (%)		14,41	47,95	30,14	10,52	75,39

A= Fotossíntese em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; Gs Condutância Estomática em $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; E =Transpiração em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; Ci= Carbono interno em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; AGs= Relação da Fotossíntese e Condutância estomática; EUA= Eficiência do Uso da Água ACi= Relação entre Fotossíntese e Carbono Interno; FV= Fator de Variação; GL= Grão de Liberdade; ns - não significativo; * - significativo 5% e ** Significativo a 1% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Fonte: Dados da pesquisa

Na tabela 6, ao analisar a assimilação líquida de CO₂ (A) o genótipo 2 e 5 apresentaram respostas fotossintéticas positivas para os níveis de estresse estudado mesmo com a diminuição da condutância estomática. O genótipo 8 apresentou uma redução drástica de A sendo de 5,7 vezes comparado o tratamento sem déficit com o com o de 50% sem reduzir drasticamente a condutância estomática.

Ao analisar a A para o estresse de 30%, os genótipos 5 e 1 apresentaram as menores médias para essa variável de 8,3 e 8,7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente, mesmo com uma condutância estomática de 0,2 $\text{mol.m}^{-2} \text{s}^{-1}$, ou seja, estômatos quase fechados. Para o estresse de 50% o genótipo 1 apresentou uma A de 14 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para uma condutância estomática de 0,9 $\text{mol.m}^{-2} \text{s}^{-1}$, o genótipo 2 apresentou uma A de 12,2 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para uma condutância estomática de 0,4 $\text{mol.m}^{-2} \text{s}^{-1}$, e o genótipo 3 com uma A de 2,5 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ com a mesma condutância, evidenciando uma melhor eficiência do genótipo 1.

Segundo Lauriano et al. (1997) mesmo havendo fechamento estomático, em várias espécies, não ocorrem diminuição da concentração de CO₂ nos espaços intercelulares, com isso, em plantas submetida ao déficit hídrico moderado o fechamento dos estômatos não pode ser considerado como o único fator para a limitação da fotossíntese.

Para a condutância estomática o genótipo 5, apresentou condutância estomática de 0,2 $\text{mol.m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no nível de 30% de estresse e 0,5 $\text{mol.m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no estresse de 50% demonstrando que houve fechamento dos estômatos em função do estresse, quando comparados com as plantas sem estresse. O mesmo ocorreu com o genótipo 4 com condutância estomática de 0,4 $\text{mol.m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para o nível de estresse de 50% tendo diferença significativa em relação as plantas sem estresse e ao estresse de 30%. Já para o genótipo 1 a redução significativa da condutância estomática se deu com estresse de 30%, sendo que seu valor foi de 0,2 $\text{mol.m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Para os demais genótipos não houve diferenças significativas dentro dos níveis de estresse.

Para o nível de estresse de 50% os genótipos 2,3,4,6 e 8 foi o que apresentaram as menores condutância e o genótipo 1 a maior condutância tendo uma diferença de 300% da maior condutância para a menor.

O déficit hídrico pode ocasionar efeito de estresse hídrico na planta, levando a ocorrência do fechamento dos estômatos, em maior ou menor grau dependendo da intensidade do estresse, com isso há uma diminuição da absorção de CO₂ acarretando o aumento da fotorrespiração. A energia gerada na fotoquímica e não utilizada diretamente na fixação do carbono é dissipada com o aumento da

fotorrespiração, com isso, previne danos fotoinibitórios ao aparato fotossintético. (TAIZ e ZEIGER, 2006). Para Maury et. al. (1996), a capacidade de reciclar o CO₂ fotorrespirado pode ser o principal fator da alta tolerância do aparato fotossintético em nível de FSII.

De acordo com Flexas et. al., (2004) devido a sua resposta rápida sobre o déficit hídrico a condutância estomática é considerada um indicador bastante sensível ao estresse hídrico e que o mesmo autor considera um estresse hídrico severo quando os valores de condutância estão abaixo 0,1 mol H₂O m⁻²s⁻¹.

Tabela 6– Médias estimadas da assimilação líquida de CO₂ (A) em (μmol m⁻² s⁻¹) e da Condutância Estomática (gs) em mol m⁻² s⁻¹ de 8 genótipos de soja submetidos a dois níveis de stress hídrico induzido no enchimento de grão, em Gurupi – TO, 2017

Genótipo	Assimilação líquida de CO ₂ (A)				Condutância Estomática (gs)			
	ES 30%	ES 50%	SE	Média	ES 30%	ES 50%	SE	Média
1*	8,7 Bb	14 Aa	14,3 Aabc	12,3	0,2 Bb	0,9 Aa	0,9 Aab	0,7
2	13,8 Aa	12,2 ABab	10,8 Bd	12,2	0,6 Aab	0,4 Ab	0,7 Ab	0,5
3	13,4 Aa	2,5 Bc	11,9 Abcd	9,3	0,7 Aa	0,4 Ab	0,6 Ab	0,6
4	12,9 Aa	4,8 Bc	15,0 Aa	10,9	0,5 ABab	0,3 Bb	0,8 Aab	0,5
5	8,3 Cb	12,1 Bab	14,7 Aab	11,7	0,2 Bab	0,5 Bab	1,2 Aa	0,6
6	12,5 Aa	1,9 Bc	11,4 Acd	8,6	0,6 Aab	0,3 Ab	0,7 Aab	0,5
7	12,9 Aa	10,8 Ab	13,2 Aabcd	12,3	0,6 Aab	0,7 Aab	0,9 Aab	0,7
8	8,4 Ba	2,0 Cc	11,4 Acd	7,3	0,4 Aab	0,4 Ab	0,7 Aab	0,5
Médias	11,4	7,6	12,8		0,5	0,5	0,8	

ES 30% = Déficit hídrico de 30%, ES 50%= Déficit hídrico de 50% e SE= Sem déficit hídrico.

* Médias seguidas por uma mesma letra MAIUSCULA na Linha não diferem entre si, significativamente, pelo teste de DUNCAN a 5% de probabilidade, Médias seguidas por uma letra MINÚSCULA na coluna pertencem a um mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da pesquisa

Na tabela 7 analisando cada genótipo com os níveis de estresse, pode-se verificar que o genótipo 3 apresentou uma redução no valor de C_i sendo de $155,7 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para o nível de estresse de 50% enquanto o das plantas sem estresse foi de $209,3 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Esse valor corrobora com os baixos valores da transpiração, da condutância estomática e da assimilação líquida do CO_2 . Diferentemente do genótipo 1 que apresentou um C_i menor de $153,07 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para o estresse de 30%, porém com uma Condutância estomática muito baixa na ordem de $0,2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Ao analisar o C_i por cada nível de estresse, o genótipo 1 foi o que apresentou a menor concentração de carbono interno de $153,0 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para o nível de 30% de estresse; para o estresse de 50% o genótipo 3 apresentou o menor valor de carbono interno $155,7 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e o genótipo 6 o maior valor $232,4 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Para os genótipos sem estresse não houve diferenças estatísticas entre os mesmos.

A concentração interna de carbono (C_i) está intimamente ligada a condutância estomática e a transpiração e estes refletem na fotossíntese.

Como podemos observar no genótipo 3,4,6 e 8 para um nível de estresse de 50% a transpiração foi baixa, na ordem de $3,9 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em relação ao estresse de 30% e as plantas sem estresse, e essa baixa transpiração foi acompanhada na redução do carbono interno, da condutância estomática e por fim na redução da assimilação líquida do CO_2 .

Também de acordo com Kerbauy (2004) em estresse hídrico moderado, a abertura estomática será a máxima possível, sem que ocorra desidratação letal da planta, mas a planta ainda é capaz de fixar CO_2 , ou seja, ocorre transpiração. E, quando esse estresse persiste, os estômatos são fechados em maior grau.

Tabela 7 – Médias estimadas da Transpiração (E) em ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e da concentração interna de CO_2 (C_i) em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de diferentes genótipos soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido no enchimento de grão, em Gurupi – TO, 2017

Genótipo	Concentração interna de CO_2 (C_i)				Transpiração (E)			
	E 30%	E 50%	SE	Média	E 30%	E 50%	SE	Média
1*	153,0 Bb	197,3 Aab	203,5 Aa	184,6	4,3 Bab	9,2 Aa	9,9 Aa	7,8
2	201,1 Aa	208,4 Aab	204,4 Aa	204,7	7,9 Aab	5,9 Aab	8,4 Aa	7,4
3	193,3 Aa	155,7 Bc	209,3 Aa	186,1	8,2 Aa	3,9 Bb	8,2 Aa	6,8
4	200,7 Aa	199,4 Aab	191,7 Aa	197,2	7,7 Bb	4,6 Bb	9,0 Aa	7,1
5	214,5 Aa	204,1 Aab	205,5 Aa	208,1	4,0 Aab	6,5 ABab	9,3 Aa	6,6
6	203,0 ABa	232,4 Aa	192,8 Ba	209,5	7,9 Aab	4,0 Bb	7,5 Aa	6,5
7	211,0 Aa	212,1 Aab	198,5 Aa	207,2	6,9 Aab	8,6 Aa	8,4 Aa	8,0
8	199,1 Aa	192,3 Abc	197,7 Aa	196,4	6,3 Aab	4,0 Ab	7,4 Aa	5,9
Médias	197,0	200,2	200,4		6,6	5,8	5,9	

ES 30% = Déficit hídrico de 30%, ES 50%= Déficit hídrico de 50% e SE= Sem déficit hídrico.

* Médias seguidas por uma mesma letra MAIUSCULA na Linha não diferem entre si, significativamente, pelo teste de DUNCAN a 5% de probabilidade. Médias seguidas por uma letra MINÚSCULA na coluna pertencem a um mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da pesquisa

A capacidade de a planta limitar a perda de água, e concomitante a isso, permitir a assimilação de CO_2 , pode ser expressa pela a eficiência do uso da água (EUA) e esta se dá pela relação da quantidade de CO_2 assimilado pela fotossíntese (A) e pela quantidade de água transpirada (E) (KERBAUY, 2004; TAIZ et. al., 2017).

A Tabela 8 expressa a eficiência do uso da água, e como a interação do genótipo x estresse não foi significativo, trabalhou-se com a média dos genótipos e dos níveis de estresse.

Tabela 8 – Médias estimadas da Eficiência do uso da água (EUA) ($\text{mmol CO}_2 \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$) de diferentes genótipos soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido na floração plena, em Gurupi – TO, 2017

Genótipo	EUA			
	ES 30%	ES 50%	SE	Média
1*	2,1	1,5	1,4	1,7 a
2	1,7	3,2	1,3	2,1 a
3	1,7	1,5	1,5	1,5 a
4	1,7	1,2	1,7	1,5 a
5	3,5	2,8	1,6	2,6 a
6	1,6	0,7	1,6	1,3 a
7	2,5	1,3	1,6	1,8 a
8	1,4	1,4	1,6	1,4 a
Médias	2,0 A	1,7 A	1,5 A	

ES 30% = Déficit hídrico de 30%, ES 50%= Déficit hídrico de 50% e SE= Sem déficit hídrico.

* Médias seguidas por uma mesma letra MAIUSCULA na Linha não diferem entre si, significativamente, pelo teste de DUNCAN a 5% de probabilidade. Médias seguidas por uma letra.

Fonte: Dados da pesquisa

Como observado, não houve diferenças significativas entre os genótipos e nem entre os níveis de déficit hídrico aplicado.

Como os valores de assimilação de CO₂ e da transpiração dos genótipos ficaram muitos próximos a relação de A/E ficaram baixos. EUA alta indica que as plantas são eficientes na fixação de carbono.

Segundo Hossain et al. (2014) estudando genótipos de soja para estresse hídrico em tipos solos, afirmam que o fechamento estomático induzido pela seca, resultou num aumento do EUA nas plantas consideradas tolerantes, e esta permaneceu elevada durante todo o período de déficit. Em contraste, o EUA do genótipo suscetível à seca manteve-se abaixo ao das plantas bem irrigadas.

De um modo geral, a água é importante em vários fatores: além da manutenção térmica da planta ocorrida pela transpiração, também é requerida para a produção de massa seca e que, a planta de interesse agrícola, possui elevada transpiração. Porém, deve-se atentar, transpiração excessiva pode levar a significativa redução na produtividade (KERBAUY, 2004).

3.2 Variáveis Agronômicas

A Tabela 9 do resumo da análise de variância apresentou interação significativa entre genótipo x estresse somente para as variáveis porcentagem de vagens chochas, número de vagem por planta e número total de sementes por planta indicando que os efeitos isolados dos fatores genótipo e estresse não explicam toda a variação encontrada nas características analisadas. Com isso, foram realizados os desdobramentos. Para as demais variáveis altura de planta, diâmetro da haste, inserção da primeira vagem, produção por planta e peso de cem sementes, não houve significância da interação genótipo x estresse com isso, os efeitos dos fatores genótipo e estresse foram estudados isoladamente.

Tabela 9– Resumo da Análise de Variância para as características avaliadas de oito genótipos soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido no enchimento de grão, em Gurupi – TO, 2017

FV	Quadrado médio								
	GL	AP	DH	IPV	%VCh	NVP	NTS	PP	P100
Genótipo	7	4156,1*	7,040*	61,35*	146,2*	3791,2*	17107,1*	57,5*	24,0*
Estresse	2	271,4 ^{ns}	0,410 ^{ns}	129,9 ^{ns}	579,9 ^{ns}	20440,4*	54209,4*	228,2 ^{ns}	6,4 ^{ns}
GxE	14	262,6 ^{ns}	1,964 ^{ns}	20,5 ^{ns}	76,0**	908,5*	3056,7**	17,9 ^{ns}	4,2 ^{ns}
Bloco	3	4,2	0,651	7,1	11,7	225,9	1466,5	24,6	1,5
Resíduo	63	257,8	1,212	18,5	40,9	308,7	1351,7	17,9	3,9
Média		93388	7,399	20,29	8,20	84,94	172,8	20,42	12,90
CV (%)		17,19	14,88	21,18	77,9	20,68	21,27	20,72	15,47

DH= diâmetro da haste em mm; IPV= Inserção primeira vagem; NVP = número de vagem por planta; AP= altura da planta; %VCh= Porcentagem de vagem chochas; NTS= número total de sementes por planta; PP= produção por planta em gramas; P100= Peso em gramas de 100 grão; FV= Fontes de Variação; GL= grau de liberdade; CV= Coeficiente de Variação - não significativo; * - significativo 5% e ** Significativo a 1% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Fonte: Dados da pesquisa

Para o diâmetro da haste (Tabela 10) não houve diferenças significativas para os níveis de estresse analisado em relação ao controle como pode ser visto pelas médias dos genótipos em relação a cada nível de estresse. Mas houve diferenças de diâmetro. Os genótipos que apresentaram as maiores médias de diâmetro foram o 2, 6 e 7, sendo os dois primeiros semideterminado e o ultimo indeterminado, respectivamente. Esses valores indicam que esses genótipos podem ser mais resistentes ao acamamento.

Como a análise de variância para o fator de variação não foi significativo para estresse, mas significativo para genótipo, a diferença do diâmetro da haste é exclusivamente genética. Como o estresse foi aplicado no enchimento de grãos, os genótipos já tinham definido seu crescimento com isso, estresse hídricos aplicados nessa fase, não interferiram no diâmetro da haste (EMBRAPA, 2007; BORÉM, 2000).

Tabela 10 – Médias estimadas do Diâmetro da haste (DH) em milímetro e Altura de planta (AP) em centímetro de oito genótipos soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido no enchimento de grão, em Gurupi – TO, 2017

Genótipo	Diâmetro da haste (DH)				Altura de planta (AP)			
	ES 30%	ES 50%	SE	Média	ES 30%	ES 50%	SE	Média
1*	7,2	6,3	6,1	6,6 b	78,7	80,3	88,7	82,6 b
2	8,4	8,6	9,1	8,7 a	89,2	100,5	119,7	103,2 a
3	7,3	6,6	6,4	7,1 b	64,5	65,5	77,7	69,2 b
4	6,5	7,3	7,3	7,0 b	99,5	123	109,2	110,5 a
5	8,2	7,2	5,7	7,4 b	92,0	87,7	78,0	85,9 b
6	6,4	7,8	8,2	8,4 a	126,5	122,5	126,5	125,2 a
7	8,8	8,1	8,2	8,2 a	96,2	93,5	90,7	93,4 b
8	7,3	6,8	7,4	7,2 b	76,2	76	78,7	77,0 b
Médias	7,5 A	7,3 A	7,3 A		90,4 A	93,6 A	96,2A	

ES 30% = Déficit hídrico de 30%, ES 50%= Déficit hídrico de 50% e SE=Sem déficit hídrico.

* Médias seguidas por uma mesma letra MAIUSCULA na Linha não diferem entre si, significativamente, pelo teste de DUNCAN a 5% de probabilidade. Médias seguidas por uma letra MINÚSCULA na coluna pertencem a um mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da pesquisa

Tais resultados também podem ser vistos para a altura de planta (Tabela 10) em que houve diferença para os genótipos considerando a média dos estresses aplicados. Os genótipos que apresentaram as maiores médias de altura foram os 2, 4, 6 todos semi-determinado. Zanon et. al., (2016) estudando os efeitos do tipo de crescimento no desenvolvimento de cultivares modernas de soja após o início do florescimento constatou que em geral os cultivares com tipo de crescimento indeterminado tiveram maiores alturas em relação ao determinado, porém essas diferenças não são significativas quanto a época de plantio, devido as janelas do fotoperiodismo.

O estresse aplicado no enchimento de grão, pode sim afetar o crescimento da planta. Muitos trabalhos têm sido realizados para se determinar a maneira exata como o estresse hídrico afeta o crescimento e desenvolvimento da planta. A formação de carboidratos e a relação de hormônios e nutrientes são evidências que afetam direta ou indiretamente o crescimento da soja. (EMBRAPA, 2008).

Para a altura de vagem (Tabela 11), as diferenças analisadas somente foram verificadas quando comparadas as médias de cada genótipo. Sendo que os genótipos que apresentaram as menores médias de altura de vagem foram 1,3, 5 e 7 sendo que os 2 primeiro tipo determinado, o genótipo 5 semi-determinado e o 7 indeterminado, e o genótipo que apresentou a maior inserção de primeira vagem foi o 6 de tipo semi-determinado. Tais diferenças são exclusivamente relacionadas a morfologia dos

genótipos. Como o estresse foi aplicado no enchimento de grão a planta apresenta o seu desenvolvimento completo ou quase completo (BORÉM, 2000).

Para a porcentagem de vagens chochas, o genótipo 7 apresentou maior valor de vagens chochas nas plantas sem estresse e que esse valor foi quase 6 vezes maior do que no estresse de 50%. Quando analisamos por nível de estresse o genótipo 3 apresentou maior média de vagens chochas, indicando que este genótipo é mais susceptível ao estresse aplicado. As vagens fixadas de leguminosas podem ficar chochas, em função de problemas na fertilização dos óvulos dentro do ovário ou devido à falta de carboidratos essenciais para o enchimento dos grãos e a planta pode ter completado o ciclo sem que haja enchimento dos grãos principalmente na parte superior das plantas refletindo em menores produtividades.

Tabela 11 – Médias estimadas do Altura da Vagem (AV) em centímetro e Vagens Chochas (%VCh) em porcentagem de diferentes genótipos soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido na floração plena, em Gurupi – TO, 2017

Genótipo	Altura da Vagem (AV)				Vagens Chochas (%VCh)			
	E 30%	E 50%	SE	Média	E 30%	E 50%	SE	Média
1*	14,5	14,3	12,5	13,8 c	4,3 Aa	5,1 Aa	6,1 Ab	5,2
2	23	25	23,7	23,9 b	4,5 Aa	2,1 Aa	10,9 Ab	5,8
3	14,5	18,7	17,2	16,8 c	3,1 Ba	14,2 Aa	11,5 ABab	9,6
4	25	26,7	19,5	23,7 b	2,6 Ba	2,5 Ba	16,6 Aab	7,2
5	17,2	14,5	10,7	14,1 c	5,5 Aa	5,1 Aa	14,8 Aab	8,5
6	32	33	24,7	29,9 a	2,7 Aa	2,1 Aa	8,5 Ab	4,4
7	21,2	20,2	14,7	18,7 c	16,3Aa	4,4 Ba	25,6 Aa	15,4
8	19,2	23,2	21,2	21,2 b	9,1 Aa	8,3 Aa	10,8 Ab	9,4
Médias	20,8 A	21,9 A	18,1 A		6,0	5,5	13,1	

ES 30% = Déficit hídrico de 30%, ES 50%= Déficit hídrico de 50% e SE=Sem déficit hídrico.

* Médias seguidas por uma mesma letra MAIUSCULA na Linha não diferem entre si, significativamente, pelo teste de DUNCAN a 5% de probabilidade. Médias seguidas por uma letra MINÚSCULA na coluna pertencem a um mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da pesquisa

Analisando a tabela 12, houve uma redução no número de vagens por plantas nos genótipos 2, 4, 6, 7 e 8 quando comparados os genótipos submetidos aos níveis de estresse de 30% e 50% em relação ao sem estresse, sendo que o genótipo 4 a maior redução com 53% e o genótipo 8 a menor redução de 40%. Porém, não se observou diferenças estatísticas entre os níveis de estresse de 30 e 50% nesses genótipos. Para o estresse de 50% os genótipos 1,3 e 5 foi apresentaram os menores números de vagem por planta, pode ser que esses genótipos tenham sofrido maior influência do estresse. Esses resultados divergem dos encontrados por Gava (2014) quando submeteu a soja ao déficit hídrico em vários subperíodos da fase da cultura

que compreendeu nos estádios vegetativo e no reprodutivo do R1 ao R3; do R4-R6 e R7- R8.

Segundo Confalone e Navarro (1999) a soja quando submetida ao déficit hídrico há uma diminuição do índice de área foliar o que prejudica a captação de radiação e quando é exposta ao déficit hídrico a soja tende a maximizar a eficiência da utilização da radiação e diminui a eficiência de interceptação de radiação fotossinteticamente ativa. O momento e severidade do estresse hídrico produz um efeito diferencial sobre o crescimento e a produção de biomassa em soja.

Os genótipos que foram conduzidos sem estresse os que apresentaram maior números de vagens foram 2, 4 6 e 7, sendo que os 3 primeiros genótipos do tipo semi-determinado e o 7 indeterminado e para menor número de vagens foram os genótipos 1,3 e 8, sendo os 2 primeiros com crescimento determinado e o último semi-determinado. Esses resultados podem ser explicados devido ao comportamento morfológico da soja, pois genótipos indeterminados e semi-determinado apresentam na mesma planta vagem em formação, vagem em enchimento de grão e, alguns casos, flores (AGEITC, 2016). Segundo Neumaier et al. (2000) estresses hídricos no início do enchimento de grão pode provocar abortamento das vagens e vagens com grão chocho.

Os genótipos que não apresentaram diferenças significativas, ou seja, menor influência dos níveis de estresse em relação ao controle foi: 1, 3, e 5. Sendo que o genótipo 1 e 3 tem hábito de crescimento determinado e o genótipo 5 hábitos de crescimento semi-determinado. Isso é um fator importante pois indicam que esses genótipos mesmo aplicando conseguiram manter as vagens fixadas nas plantas.

Para o número total de sementes (Tabela 12), quando comparamos os genótipos por níveis, houve uma redução dessa variável, sendo que os genótipos mais afetados foram o 2, 3, 4 e 6 apresentando diferenças do estresse de 30% e 50% em relação as plantas sem estresse. Jadoski et al (2003) estudando manejo de irrigação em feijão com ocorrência de déficit hídrico durante o período reprodutivo constataram a redução no rendimento de grão, e que esta, é ocasionada pela alta taxa de abortamento de óvulos o que leva, sem dúvida, a reduzir o número de grãos por planta.

Para Neumaier et al. (2000) o abortamento de vagens provocadas pelo déficit hídrico não é plenamente compensado pelo número ou peso de grão por vagem, porque esses componentes de rendimento possuem limites máximos geneticamente determinados.

Os dados corroboram com as vantagens dos genótipos de soja de crescimento indeterminado e semi-determinado, pois pode-se fazer antecipação de plantio favorecendo a safrinha de milho, sem que haja perda de produtividade e que a soja do tipo determinada não possui essa plasticidade temporal, outras características como a sobreposição fenológica, apresentam menor área foliar no terço superior e muitas delas possuem pouco enclamentos.

Tabela 12 – Médias estimadas do Número de Vagem por planta (NVP) e Número Total de Sementes (NTS) diferentes genótipos soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido na floração plena, em Gurupi – TO, 2017

Genótipo	Número de Vagem por planta (NVP)				Número Total de Sementes (NTSP)			
	ES 30%	ES 50%	SE	Média	ES 30%	ES 50%	SE	Média
1*	63,2 Aa	50,7 Ab	73,5 Ac	62,5	139,5 Aa	111,7 Aa	167,0 Ab	139,4
2	90,0 Ba	92,2 Ba	153,7 Aa	112	179,0 Ba	186 Ba	322,0 Aa	229,0
3	65,5 Aa	55,5 Aab	68,0 Ac	63,2	135,7 ABa	105 Ba	170,5 Ab	137,1
4	71,2 Ba	80,5 Bab	149,2 Aa	100,3	190,2 Ba	177,2 Ba	289,0 Aa	219,0
5	78,5 Aa	67,7 Aab	97,5 Abc	81,2	160,2 Aa	140,5 Aa	169,2 Ab	156,7
6	69,2 Ba	77,7 Bab	140,7 Aa	95,9	149,2 Ba	172,7 Ba	283,0 Aa	201,7
7	71,2 Ba	69,7 Bab	128,5 Aab	89,8	138,7 Aa	148,2 Aa	189,2 Ab	158,7
8	63,7 Ba	59,0 Bab	100,7 Abc	74,5	138,0 Aa	115,2 Aa	170,0 Ab	141,1
Médias	71,6	69,1	114,1		153,9	144,6	220,1	

ES 30% = Déficit hídrico de 30%, ES 50%= Déficit hídrico de 50% e SE=Sem déficit hídrico.

* Médias seguidas por uma mesma letra MAIUSCULA na Linha não diferem entre si, significativamente, pelo teste de DUNCAN a 5% de probabilidade, Médias seguidas por uma letra MINÚSCULA na coluna pertencem a um mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da pesquisa

Para as variáveis produção por planta e peso de cem sementes (Tabela 13) os genótipos avaliados não apresentaram diferenças significativas quando comparados entre genótipos e nem quando se compara entre os níveis de estresse, apesar de ter tido redução da produção por planta entre os tratamentos sem estresse em relação aos estresses de 30% e 50%. Para o peso de cem sementes as médias foram de 13,1; 13,3 e 12,4 gramas para os tratamentos de 30%, 50% e sem estresse, respectivamente.

O fato do peso médio de 100 sementes ser maior no tratamento de maior intensidade de estresse pode ser atribuída a uma certa tolerância ao déficit hídrico. Neste tratamento o déficit hídrico causou maior abortamento de flores e legumes que podem ser verificados com a redução no número de legumes (tabela 4), fazendo com que aqueles legumes que permaneceram na planta acumulassem mais massa seca em seus grãos do que, comparativamente, com plantas com maior número de legumes e grãos, onde é maior a demanda por fotoassimilados. Este comportamento pode ser explicado sendo um mecanismo de tolerância ao déficit hídrico, com o objetivo de direcionar os fotoassimilados para os legumes que se apresentam com desenvolvimento mais adiantado e que, em teoria, teriam maiores chances de produzir sementes viáveis. (CASAGRANDE et al., 2001)

A não diferença estatística tanto na produção por planta e o peso de cem sementes pode estar ligado a eficiência de assimilação de nutrientes e outros compostos. Tais resultados são corroborados por Gava (2015) estudando níveis de estresse hídrico no estágio vegetativo e reprodutivo, subdividindo em florescimento, enchimento e maturação. Este autor encontrou diferenças não significativa para as variáveis produção por planta e peso de cem sementes na fase de enchimento de grão. Em seu estudo, constatou que essas variáveis foram afetadas quando o estresse foi aplicado no ciclo total da cultura. Klaus et al. (2008) que estudou estratégias de manejo de irrigação para soja, em Santa Maria-RS, com tratamentos não irrigado, irrigado em período crítico da cultura e irrigação plena obtiveram valores de 15,4; 14,3 e 14,6 gramas respectivamente para o peso de 100 sementes apesar do tratamento sem irrigação ter sido beneficiado, porém, os dados de produtividade não foram significativos.

Tabela 13 – Médias estimadas do Produção por planta (PP) em gramas e Peso cem sementes (P100) em gramas de diferentes genótipos soja submetidos a dois níveis de stress hídrico, induzido na floração plena, em Gurupi – TO, 2017

Genótipo	Produção por planta (PP)				Peso cem 100 sementes (P100)			
	ES 30%	ES 50%	SE	Média	ES 30%	ES 50%	SE	Média
1*	18,6	16,2	21,6	18,8 a	13,5	14,5	13,6	13,9 a
2	21,1	22,4	26,6	23,3 a	12,1	12,7	10,9	11,9 a
3	18,4	14,5	17,8	16,9 a	13,9	14,2	12,5	13,5 a
4	24,3	20,6	25,5	25,5 a	13,5	12,3	10,1	11,9 a
5	20,8	19,1	21,1	20,3 a	13,8	14,3	13,7	10,7 a
6	16,3	17,9	25,9	20,1 a	11,9	10,8	9,5	12,5 a
7	16,4	20,2	24,1	20,2 a	11,0	13,4	13,2	12,5 a
8	19,6	16,2	25,0	20,3 a	14,9	14,3	16,1	15,1 a
Médias	19,6 A	18,4 A	23,4 A		13,1A	13,3 A	12,4 A	

ES 30% = Déficit hídrico de 30%, ES 50%= Déficit hídrico de 50% e SE= Sem déficit hídrico.

* Médias seguidas por uma mesma letra MAIUSCULA na Linha não diferem entre si, significativamente, pelo teste de DUNCAN a 5% de probabilidade. Médias seguidas por uma letra MINÚSCULA na coluna pertencem a um mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados da pesquisa

4 CONCLUSÃO:

Para os níveis de déficit hídricos aplicados as cultivares de ciclo determinado, semi-determinado e indeterminado para a variável produção e peso de 100 sementes não apresentaram diferenças.

O déficit hídrico provocou redução no número total de sementes por plantas e que as respostas fisiológicas oriundas do estresse hídrico podem indicar o que ocorre com a planta quando estas estão sobre déficit.

Déficit hídrico aplicado no início do enchimento de grão causou aumento do aminoácido Prolina para alguns genótipos, caracterizando em respostas positivas da planta em manter a célula hidratada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No estudo de teores de prolina em plantas de soja submetidos a diferentes níveis de déficit hídrico no florescimento, as plantas submetidas ao nível de 50% de déficit obtiveram a maior média de concentração de prolina em relação aos tratamentos sem estresse e estresse de 30 %. Indicando que as plantas estavam reagindo e se protegendo dos efeitos negativos do estresse hídrico.

Nos estudos de trocas gasosas nesse estágio reprodutivos, a fotossíntese, condutância estomática, transpiração, eficiência de carboxilação (EiC) e eficiência do uso da água, foram severamente afetadas pelo déficit hídrico ao nível de 50% em relação aos demais tratamentos. Porém, a concentração interna de carbono não foi afetada.

Em relação as variáveis agrônomicas, porcentagem de vagem chochas, inserção da primeira vagem, número total de vagem por planta, número total de sementes por planta e peso de 100 sementes não houve diferenças entre os tratamentos – níveis de estresse- e nem entre genótipos.

Quando aplicado o estresse no estágio reprodutivo da soja na fase de enchimento de grão, os genótipos apresentaram aumento na concentração de prolina no tratamento de 30 e 50% de déficit hídrico em relação ao sem estresse. Sendo que as maiores variações acontecerem no estresse de 30%.

Os parâmetros fisiológicos que compreende nesse estudo as trocas gasosas, para a variável fotossíntese, o déficit hídrico interferiu nessa componente e que os genótipos mais afetados foram 2, 6, 8 para um déficit de 50%. A condutância estomática também foi afetada, porém os genótipos 1 teve a menor condutância no tratamento de 30% de déficit em relação ao de 50% e sem estresse e o genótipo 2 teve a menor condutância no déficit de 50%.

Em geral as concentrações internas de carbono não foram afetadas e que entre os genótipos estudados e os níveis de estresse aplicados o genótipo 1 obteve a menor contração de CO₂ no estresse de 30% e o genótipo 2 no estresse de 50%. Para eficiência do uso da água os genótipos avaliados não apresentaram diferenças.

Os componentes agrônomicos, altura de planta, diâmetro da haste e inserção de primeira vagem não foram afetados pelo estresse, não apresentando diferenças estatísticas. A porcentagem de vagem chochas apresentou os maiores valores nos genótipos 3 e 8. O componente número de vagem os genótipos de 2, 4, 6, 7 e 8 foram bastante afetados pelo déficit hídrico de 50 % em relação ao tratamento sem déficit.

Para o nível de 50% de estresse o genótipo 1 e 8 apresentaram as menores redução em relação ao tratamento sem estresse.

Para as variáveis produção por planta e peso de 100 sementes não houve diferenças entre os genótipos e nem entre os níveis de déficit hídrico.

REFERÊNCIAS

AGENCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO: **Árvore do conhecimento: soja.**

Disponível em:

<<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONT000fzr67crj02wx5ok0cpoo6ar6pq9g5.html>>. Acesso em: 03.nov.2017

BATES, L. S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Short communication. **Plant and Soil**. v. 39, n.1, p. 205-207.1973. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas. 2º edição**, Viçosa: Editora UFV, 2000, 453p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: DNDV/CLAV, 1992. 365p.

CASAGRANDE, E.C., FARIAS, J.R.B.; NEUMAIER, N. OYA, T.; PEDROSO, J.; MARTINS, P.K.; BRETON, M.C.; NEPOMUCENO, A.L. Expressão gênica diferencial durante déficit hídrico em soja. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Campinas, v.13, n.2, p.168-184. 2001.

CONFALONE, A.; NAVARO, M.D. Influência do “déficit” hídrico sobre a eficiência da radiação solar em soja. **Revista Brasileira de Agropecuária**, Pelotas, v.5, n.3, p. 195-198, 1999.

CORNIC, G. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture-not by affecting ATPsynthesis. **Plant Science**, Amsterdã v.5, n.5, p.187-188,2000.

CRUZ, C.D, 2006. **Programa Genes: Estatística experimental e matrizes**. Editora UFV, Viçosa, Brasil, 285p.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA TECNOLÓGICA EM INFORMÁTICA PARA A AGRICULTURA. **Ecofisiologia da soja**. Circular técnico 48 Londrina, PR Setembro de 2007. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/470308/1/circtec48.pdf> Acesso em: 20. Nov.2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Tecnologias de produção de soja –região central do Brasil -2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja: **Embrapa Cerrados**. Sistemas de Produção, n.15, 262p. 2011.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Circular técnica, n. 48. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/cirtec/circtec48.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2017.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 11p.1977. Disponível em: <<http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1076&context=specialreports>> Acesso em: 14 nov.2017.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; LORETO, F.; CORNIC, G.; SHARKEY, D. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. **Plant Biology**, v.6, p.269-279. 2004.

HOSSAIN, M. M., LIU, X.; Qi, X.; LAN, H. M.; ZHANG, J. Differences between soybean genotypes in physiological response to sequential soil drying and rewetting. **Crop Journal**, v. 2, p.366-380. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estações Automáticas**. 2017. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf>. Acesso: 16 Set..2017.

JADOSKI, S. O.; CARLESSO, R.; MELO, G. L.; RODRIGUES, M.; FRIZZO, Z. Manejo da irrigação para maximização do rendimento de grãos do feijoeiro. **Irriga**, Botucatu, v.8, n. 3, p.1-9, 2003.

KAISER, W.M. Effect of water deficit on photosynthetic capacity. **Physiologia Plantarum**, Sweden, v.71, n. 2, p.142-149,1987.

KERBAUY, G. B., **Fisiologia Vegetal**. 1º ed. São Paulo. Guanabara/ Koogan: 2004 p. 27.

KILGORE-NORQUEST, L.; SNELLER, C.H. Effect of stem termination on soybean traits in southern U.S production systems. **Crop sci.**, v.40, p. 83-90, 2000.

LANTMANN, A. **Efeitos da estiagem e do excesso de chuva na produtividade**. Soja Brasil, 2016. Disponível em: < <http://www.projetosojabrasil.com.br/artigo-efeitos-da-estiagem-e-do-excesso-de-chuva-na-productividade/>> Acesso: 25 Dez. 2017.

KUSS, R.C.R.; et al. Populações de plantas e estratégias de manejo de irrigação na cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1133-1137, 2008

LAURIANO, J.A.; CAMPOS, P.S.; RAMALHO, J.C.; LIDON, F.C.; GUEDES, M.E.; CÉU MATOS, M. Partial decline of *Arachis hypogaea* L. photosynthesis triggered by drought stress. **Photosynthetica**, v.33, n.1, p.81-90,1997.

MAURY, P.; MOJAYAD, F.; BERGER, M.; PLANCHON, C. Photochemical response to drought acclimation in two sunflower genotypes. **Physiologia Plantarum**, Sweden, v. 98, p.57-66,1996. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1996.tb00675.x>

NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B.; OYA, T. Estádios de desenvolvimento da cultura de soja. In: BONATO, E.R. (Ed.). **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 44- 56, 2000.

RAMOS, M.L.G.; PARSONS, R., SPRENT, J.L. Differences in ureide and amino acid content of water stressed soybean inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* and *B. elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Goiânia, v. 40, p. 453-458, 2005

SEDIYAMA, T; PEREIRA, M.G.; SEDIYAMA, C.S.; GOMES, J.L.L. **Cultura da soja**. Viçosa: UFV, 1985. 96 p.

SHARKEY, T.D.; SEEMANN, J.R. Mildwater stress effects on carbon-reduction-cycle intermediates, ribulose biphosphate carboxylase activity, and spatial homogeneity of photosynthesis in intact leaves. **Plant Physiology**, Teresina, v.89, n.4, p.1060-1065,1989.

ZANON, A. J.; et al. Efeito do tipo de crescimento no desenvolvimento de cultivares modernas de soja após o início do florescimento no Rio Grande do Sul. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 75, n.4, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.535>

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 819 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MÜLLER, I.A.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

