



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO FEIJÃO-CAUPI
SUBMETIDOS A RESTRIÇÃO HÍDRICA E APLICAÇÃO DE
ÓXIDO DE CÁLCIO SOBRE AS FOLHAS

PATRICIA LIMA DE SOUZA SANTOS

2016



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE

PATRICIA LIMA DE SOUZA SANTOS

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO FEIJÃO-CAUPI SUBMETIDOS A
RESTRICÇÃO HÍDRICA E APLICAÇÃO DE ÓXIDO CÁLCIO SOBRE
AS FOLHAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientador

Prof. Dr. Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Jr.

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL

2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Santos, Patrícia Lima de Souza
S237r Respostas fisiológicas do feijão-caupi submetidos a
restrição hídrica e aplicação de óxido cálcio sobre as
folhas / Patrícia Lima de Souza Santos ; orientador Luiz
Fernando Ganassali de Oliveira Jr.. – São Cristóvão,
2016.
44 f. : il.

Dissertação (mestrado em Agricultura e
Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe,
2016.

1. Agricultura. 2. Feijão-caupi. 3. Fisiologia vegetal.
4. Deficit hídrico. 5. Fotossíntese. I. Oliveira Júnior, Luiz
Fernando Ganassali de, orient. II. Título.

CDU 635.654

PATRICIA LIMA DE SOUZA SANTOS

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO FEIJÃO-CAUPI SUBMETIDOS A RESTRIÇÃO
HÍDRICA E APLICAÇÃO DE ÓXIDO CÁLCIO SOBRE AS FOLHAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

APROVADA em 19 de fevereiro de 2016.

Prof. Dr. Eliemar Campostrini
UENF

Dr^a. Roberta Samara Nunes de Lima
UFS



Prof. Dr. Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Jr.
UFS
(Orientador)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL

A Sofia.
Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, Agradeço a Deus por ter me dado saúde, força para estudar, e coragem para recomeçar a cada dia, almejando maiores oportunidades profissionais.

Aos meus pais, por todo amor e cuidado dedicado durante toda minha vida, me proporcionando boa educação, formação e incentivo para alcançar meus objetivos.

À Universidade Federal de Sergipe, pela oportunidade concedida.

Ao professor Luiz Fernando Ganassali, por aceitar me orientar quase na reta final do curso.

A Dr^a. Roberta Samara, pela co-orientação e contribuição no trabalho.

Em especial, agradeço ao meu companheiro Fausto Andrews, por todo amor, cuidado, incentivo, paciência e compreensão nas horas mais difíceis, fundamental em todos os momentos.

Aos funcionários do Campus Rural, principalmente ao Luzivaldo que foi meu verdadeiro orientador de campo.

A equipe do Laboratorio de Ecofisiologia e Pos-colheita (ECOPOC), pelo auxilio nos trabalhos de campo.

A Airles Regina, pela contribuição na análise estatística.

A Josefa Grasiela, pela companhia e compartilhamento dos momentos agradáveis e desesperadores.

A CAPES pela bolsa de estudo concedida.

Meus sinceros agradecimentos.

Sumário

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO.....	6
2. REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1 A cultura do Feijão-caupi	8
2.2 A produção de feijão-caupi.....	9
2.3 Produção de feijão no Nordeste e Sergipe.....	9
2.4 Características da cultura.....	11
2.5 O estresse hídrico.....	13
2.6 Estudo das trocas gasosas	15
2.7 Pigmentos fotossintéticos: clorofila <i>a</i> e <i>b</i>	16
2.8 Uso de filmes como atenuante sob os efeitos do estresse	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Delimitação dos tratamentos	18
3.2 Trocas gasosas foliares.....	20
3.3. Pigmentos fotossintéticos: clorofila <i>a</i> , <i>b</i> e clorofila total.....	20
3.4. Análise estatística.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5. CONCLUSÕES.....	30
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Parâmetros de trocas gasosas: A - Taxa fotossintética (a); g_s - Condutância estomática (b); E - Transpiração (c); $DPV_{\text{folha-ar}}$ Déficit de pressão de vapor entre a folha (d).	23
2	Parâmetros de pigmentos fotossintéticos: Chla – Clorofila <i>a</i> ; Chlb – Clorofila <i>b</i> ; Chl total – Clorofila total; A/E – Eficiência do uso da água.	26
3	A/E - eficiência instantânea do uso da água; A/ g_s - eficiência intrínseca do uso da água; Temperatura da folha e Temperatura do bloco.	28

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Fases fenológicas do feijoeiro	12
2	Descrição dos tratamentos	20

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CaO	Óxido de cálcio
ETO	Evapotranspiração de referência
A	Taxa fotossintética
Gs	Condutância estomática
E	Transpiração
DPV	Déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar
EUA	Eficiência do uso da água
Chla	Clorofila a
Chlb	Clorofila b
Cht	Clorofila total
DAT	Dias após o tratamento
A/gs	Eficiência intrínseca do uso da água
A/E	Eficiência instantânea do uso da água

RESUMO

SANTOS, Patrícia Lima de Souza. **Respostas Fisiológicas do feijão-caupi submetidos a restrição Hídrica e aplicação de óxido cálcio sobre as folhas.** São Cristóvão: UFS, 2016. 42p. (Dissertação – Mestrado em Agricultura e Biodiversidade).*

O feijão-caupi é uma fabaceae de origem africana bastante cultivada na região norte e nordeste do Brasil, onde se destaca como principal fonte proteica para as populações carentes destas regiões, além de gerar emprego e renda. Por ser uma planta C3 e possuir crescimento vegetativo curto, torna-se muito sensível à competição das infestantes, a fatores essenciais como a luz, e principalmente ao uso água durante seu desenvolvimento. A radiação solar pode ser considerada um fator de grande importância para o crescimento e desenvolvimento vegetal, uma vez que influencia diretamente na fotossíntese das plantas. Com isso, objetivou-se com este trabalho, avaliar os efeitos da aplicação do óxido de cálcio (CaO) nas folhas do feijão-caupi submetidas ou não ao estresse hídrico com o intuito de otimizar as trocas gasosas e aumentar a eficiência no uso da água destas plantas. O trabalho foi conduzido no campo experimental da Universidade Federal de Sergipe, no município de São Cristóvão – SE. Foram realizados os seguintes tratamentos: 1- controle 50% [reposição de 50% da evapotranspiração de referência (Eto)]; 2- controle 100% (reposição de 100% da evapotranspiração); 3- suspensão de 5% de CaO + 50% da Eto; 4- suspensão de 10% de CaO + 50% da Eto; 5- suspensão de 5% de CaO + 100% da Eto; 6- suspensão de 10% de CaO + 100% de Eto. As plantas foram pulverizadas três vezes, no início, meio e final do experimento e foram avaliados a (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E), deficit de pressão de vapor (DPV), eficiência do uso da água (A/G_s e A/E) e clorofilas *a* e *b*. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial (6x3), sendo (6 tratamentos e 3 tempos). Os resultados experimentais foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott Knot a 5% de significância. Os resultados demonstraram que o filme de partícula a 10% da concentração de CaO foi eficiente ao reduzir 50% o uso da água, mantendo as variáveis analisadas (A, G_s , E e clorofilas) iguais as do tratamento sem restrição hídrica.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, deficiência hídrica, fotossíntese.

* Comitê Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Jr. – UFS (Orientador), Dr^a. Roberta Samara Nunes de Lima (Co-orientadora) UFS.

ABSTRACT

SANTOS, Patrícia Lima de Souza. **Physiological responses of cowpea subjected to Hydro restriction and application of calcium oxide on the leaves.** São Cristóvão: UFS, 2016. 42p. (Thesis – Master of Science in Agriculture and Biodiversity).*

Cowpea is an African origin of fabaceae largely grown in the north and northeast region of Brazil, which stands out as the main protein source for the needy populations of these regions, and generate jobs and income. Being a C3 plant and have short vegetative growth, it is very sensitive to competition from weeds, the essential factors like light, and especially to use water for its development. The solar radiation can be considered a very important factor for plant growth and development, since it directly influences the photosynthesis of the plants. Thus, the aim of this study was to evaluate the effects of application of calcium oxide (CaO) in cowpea leaves submitted or not to water stress in order to optimize gas exchange and increase efficiency in water use these plants. The work was conducted in the experimental field of the Federal University of Sergipe, in São Cristóvão - SE. The treatments were performed: 1 control 50% [50% replacement of the reference evapotranspiration (E_{to})]; 2- control 100% (100% replacement of evapotranspiration); 3- suspension of 5% CaO + 50% E_{to}; 4- suspension of 10% CaO + 50% E_{to}; 5- suspension of 5% CaO + 100% E_{to}; 6- suspension of 10% CaO + 100% E_{to}. The plants were sprayed three times at the beginning, middle and end of the experiment and were evaluated (A), stomatal conductance (g_s), transpiration (E), steam pressure Deficit (VPD), the water use efficiency (A / G_s and A / E) and chlorophyll a and b. The experimental design was randomized blocks in a factorial scheme (6x3), and (6 treatments and 3 times). The experimental results were submitted to analysis of variance and the means compared by Scott Knot test at 5% significance. The results showed that the particle film to 10% of CaO concentration was 50% efficient to reduce the use of water, keeping the variables (A, G_s, E and chlorophylls) the same treatment without water restriction.

Key-words: *Vigna unguiculata*, water stress, photosynthesis.

* Supervising Committee: Prof. Dr. Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Jr. – UFS (Orientador), Dr^a. Roberta Samara Nunes de Lima (Co-orientadora) UFS.

1. INTRODUÇÃO

O Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), é uma cultura anual de origem africana, e possui diversos nomes, como feijão de corda, feijão fradinho, feijão macassar, entre outros. A nomenclatura da espécie varia conforme a região. Possui grande riqueza nutricional e alta produtividade proporcionando geração de emprego e renda. Atualmente seu consumo expande-se de forma mais intensa para as regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil.

A espécie *Vigna unguiculata* caracteriza-se como uma das culturas de grande importância para a população brasileira, uma vez que é um dos alimentos básicos presente na dieta, especialmente dos habitantes das regiões Norte e Nordeste, e também de países africanos e asiáticos (TEÓFILO et al., 2008). No Brasil, o cultivo concentra-se nas regiões Norte e Nordeste, sendo os maiores produtores os estados do Piauí, Ceará e Bahia (TEIXEIRA et al., 2010).

Embora o feijão-caupi seja considerado uma cultura tropical com ampla adaptação aos mais diversos ambientes, o rendimento ainda é considerado baixo e dentre as principais causas para essa baixa produtividade, é apontada o manejo inadequado, sem adoção de tecnologia e o uso de cultivares com baixo potencial produtivo (CARDOSO e RIBEIRO, 2006; SABOYA et al., 2013). Nesse sentido, Oliveira et al. (2011) ressaltaram que para seja possível elevar a produtividade, diminuir os custos de produção e aumentar a renda do pequeno produtor, é absolutamente necessário adotar o adequado manejo da irrigação, adubação e cultivares com alto índice produtivo.

A disponibilidade de água é um dos fatores ambientais que mais influenciam a produtividade vegetal, principalmente em regiões semiáridas (SOUZA et al., 2004; BASTOS et al., 2012). O déficit hídrico provoca diminuição da produtividade justamente por reduzir e inviabilizar o processo fotossintético, uma vez que a água, componente básico da reação, também é responsável pela manutenção da transpiração e da condutância estomática, essencial para a entrada do gás carbônico no mesófilo foliar (BUCHANAN et al., 2000). Segundo Floss (2004), cerca de 90% da produção das plantas ocorre em resposta à atividade fotossintética e que 60% da produção mundial de feijão vêm de regiões com deficiência hídrica, o que a torna a segunda maior causa de redução da produtividade da cultura (SINGH, 1995).

O entendimento das trocas gasosas nas plantas em relação com o estresse hídrico é parte fundamental para a escolha de cultivares tolerantes, além de ser uma ferramenta que determina a possível adaptação e estabilidade de plantas a determinados ecossistemas (FERRAZ et al., 2012).

Por apresentar rusticidade e adaptação a condições de estresse hídrico, o feijão-caupi possui relevante importância para o nordeste. Contudo, a diversidade genotípica de feijão-caupi para as respostas fisiológicas ao estresse hídrico pode ajudar a compreender como uma combinação de processos fisiológicos interage uns com os outros para gerenciar o déficit hídrico (SINGH e REDDY, 2011), o que pode melhorar o desempenho agrônomico de cultivares a determinados ambientes.

Diante da importância do feijão-caupi para o norte-nordeste, torna-se imprescindível a realização de estudos que visem melhorar o desempenho para o cultivo em condições de limitações hídricas impostas que ocorrem em diferentes fases de crescimento.

Compreender a resposta fisiológica das plantas, diante a fatores ambientais como a escassez de água no solo, temperaturas elevadas, entre outros, deixou de ser visto como uma simples questão fisiológica ou ecológica, mas como uma importante ferramenta para avaliar ou minimizar os problemas sociais e econômicos. Assim, todos os métodos eficazes na economia de água e melhoraria da produtividade assumem, uma grande importância.

Uma das alternativas pesquisadas é a aplicação foliar de partículas inertes de material refletivo como o caulim, que tem sido usada em condição de campo e casa de vegetação para reduzir a temperatura do dossel e o estresse hídrico (GLENN et al., 2001; PUTERKA et al., 2000). Similar ao caulim, o óxido de cálcio permite mitigar o efeito negativo do estresse causado por altas temperaturas, tornando-se uma alternativa na agricultura para a redução de estresse pelo calor devido ao seu efeito antitranspirante.

Sendo assim, torna-se de extrema importância uma compreensão sobre os efeitos do óxido de cálcio e dos processos fisiológicos relacionados a fatores ambientais.

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi compreender os efeitos do CaO nos processos fisiológicos do feijão-caupi, com o intuito de minimizar as reduções das taxas fotossintéticas (A), condutância estomática (g_s), taxa de transpiração (E), e aumentar a eficiência no uso da água em plantas do feijão-caupi submetidas ao déficit hídrico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do Feijão-caupi

O feijão-caupi ou feijão de corda, como é conhecido popularmente, (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), é uma planta herbácea, autógama, cuja região de origem situa-se na parte oeste e central da África.

O feijão-caupi é um planta Dicotyledonea, da ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseoleae, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e subespécie unguiculata, subdividida em quatro cultigrupos Unguiculata, Sesquipedalis, Biflora e Textilis (PADULOSI; NG, 1997). No Brasil são cultivados os cultigrupos Unguiculata, para produção de grão seco e feijão-verde, e Sesquipedalis, comumente chamado de feijão-de-metro, para produção de vagem.

O grão do feijão-caupi é uma excelente fonte de proteínas, apresentando todos os aminoácidos essenciais, carboidratos (62%, em média), vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas, baixa quantidade de gordura (teor de óleo de 2%, em média). Apresenta ciclo curto e baixa exigência hídrica para se desenvolver em solos de baixa fertilidade, sendo hábil também na fixação de nitrogênio em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (DAVIS *et al.*, 1991).

O feijão-caupi ocupa uma área em torno de 12,5 milhões de ha no mundo, com 8 milhões na parte oeste e central da África. A outra parte da área localiza-se na América do Sul, América Central e Ásia, com pequenas áreas espalhadas pelo sudoeste da Europa, sudoeste dos Estados Unidos e Oceania. Entre todos os países, os principais produtores mundiais são Nigéria, Niger e Brasil (JÚNIOR, 2003).

Devido a capacidade de adaptação, o feijão-caupi pode ser cultivado em diferentes regiões, desde a latitude 40°N até 30°S, tanto em terras altas como baixas, tais como: Oeste da África, Ásia, América Latina e América do Norte. Tolerar temperaturas de 18 a 34°C, sendo que valores fora dessa faixa torna o desenvolvimento insatisfatório com predominância do desenvolvimento da parte vegetativa em detrimento da produção de grãos (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.*, 2002). Além disso, o acúmulo térmico pode influenciar na duração do ciclo da cultura ou nos estágios fenológicos de uma determinada cultivar (MEDEIROS *et al.*, 2000).

A alteração do ciclo da cultura pode ocorrer pelo aumento da radiação solar, que por sua vez pode ser considerada um fator de grande importância para o crescimento e desenvolvimento vegetal, uma vez que influencia diretamente na fotossíntese das plantas. Sob condições favoráveis de solo e clima e quando pragas e doenças deixam de ser fatores limitantes, a máxima produtividade de uma cultura passa a depender principalmente da taxa de interceptação de luz e da assimilação de CO₂ pelas plantas.

Conforme Phogat et al. (1984), a interceptação da energia luminosa no feijão-caupi geralmente é alta devido às folhas glabras e de coloração verde escura. Os autores, avaliando a taxa de fotossíntese líquida e a absorção da radiação fotossinteticamente ativa por esta cultura, observaram que apenas 4,3% da energia luminosa foi refletida pelas folhas de feijão-caupi, em condições ótimas de água no solo.

2.2 A produção de feijão-caupi

O feijoeiro é uma leguminosa usada como fonte de proteína por grande parte da população mundial, especialmente onde o consumo de proteína animal é relativamente escasso (PIRES et al., 2005). Esta espécie é cultivada há centenas de anos e continua a ser em muitas regiões do mundo, sendo a leguminosa mais consumida na dieta humana (GUERREIRO, 2014).

Conforme os dados registrados pela FAO (2015), a produção mundial de grãos média no período de 2007 a 2012 foi 22,1 milhões de toneladas. Torna-se importante salientar que a produção de feijão-caupi está englobada na produção total de grãos.

Os 9 (nove) principais países produtores de feijões secos, que juntos respondem por cerca de 73% da produção média mundial são: Índia, Brasil e Mianmar, China, EUA, México e Tanzânia e Kenya e Uganda (GUERREIRO, 2014).

De acordo com a CONAB, a produção total de feijão no Brasil na safra 2013/2014 foi de 3,4 milhões de toneladas. O Brasil é 3º maior produtor mundial desse grão respondendo por 12% da produção. Para a temporada 2014/2015, estima-se uma produção total de 204,5 milhões de toneladas, com aumento de 5,6% ou 10,9 milhões de toneladas em relação à obtida no período 2013/14, quando alcançou 193,62 milhões de toneladas. Os números constam do 9º levantamento de safra, divulgado no mês de junho de 2015, pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2015).

2.3 Produção de feijão no Nordeste e Sergipe

É indiscutível a importância do feijão na alimentação e na economia da população brasileira. O feijão, alimento básico para os brasileiros, é tradicionalmente consumido na forma in natura por qualquer classe social, mas a importância é reforçada para as classes de renda mais baixa (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2015).

A espécie *Vigna unguiculata* L. é mais cultivada, predominantemente, nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, tornando-se uma importante fonte de emprego e renda regional (FREIRE FILHO et al., 2007). No entanto, a baixa produtividade de grãos ainda é um fator limitante para cultura.

Nesta região, a agricultura de subsistência é a atividade econômica mais importante, de uma forma geral, e a disponibilidade de água é o principal obstáculo para a produção agrícola. Esta região inclui uma grande variedade de sistemas agrícolas, resultantes de diferentes solos, topografias e padrões de chuva, o que vem contribuir para com os fatores de risco intrínsecos ao setor (ANTONINO, 2000).

O feijão-caupi é um importante produto agrícola produzidos no Brasil, importante tanto pelo fato de se tratar de uma alimento rico em proteínas e minerais como também por já fazer parte da cultura brasileira (EMBRAPA, 2014), sendo a principal cultura de sustento das regiões Norte e Nordeste do Brasil (BEZERRA, 2010). A produtividade média do feijão-caupi foi de 330.216 toneladas, concentradas nas regiões Nordeste, Norte e Centro oeste, no ano de 2012 (EMBRAPA, 2012), com destaque para região Nordeste do país, por se tratar de uma cultura adaptada às irregularidades das chuvas e às altas temperaturas da região. Entre os destaques de produção na região, estão os estados do Ceará, Maranhão, Bahia e Piauí, com uma produção de 51.303, 34.837, 27.891 e 26.520 toneladas, respectivamente (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2012).

Em Sergipe, o cultivo do feijão-caupi ainda é limitado a pequenas propriedades, reunidos na região dos Tabuleiros Costeiros. Diferente do que acontece em outros estados do nordeste, no Estado de Sergipe o cultivo do *Phaseolus vulgaris* L.(feijão comum), apresenta-se muito superior ao feijão-caupi com um percentual de 91,5% e 8,5%, respectivamente. A área de cultivo é em média de 4.300 ha com produtividade baixa, em virtude ao plantio de cultivares tradicionais com potencial baixo de produção. Ainda que pouco significativo, o consumo se dá principalmente na forma de feijão verde e, em proporção reduzida, como grãos secos (LIMA et al, 2008). Perante a considerável resistência à deficiência hídrica, alta carga nutritiva que possui e ainda da facilidade de propagação de sementes e curto ciclo reprodutivo, poderia ser facilmente utilizado como alternativa nos planos de agricultura familiar.

Assim como em outros estados, em Sergipe, o feijão constitui um dos principais produtos da agricultura de subsistência. Do mesmo modo, como ocorre em outros estados do nordeste, a produtividade agrícola é afetada pelas condições naturais própria às regiões semi-áridas. Como o Estado apresenta grandes adversidades climáticas, principalmente, limitações da regularidade e distribuição espacial das chuvas, torna-se necessário, estudos que visem a diminuir os impactos dessas restrições sobre da cultura, definindo as melhores épocas para plantio e alternativas que otimizem o uso da água.

2.4 Características da cultura

O feijoeiro tem um desenvolvimento mais satisfatório em temperaturas amenas e apresenta baixo ponto de compensação luminoso. É uma planta C3, possui crescimento vegetativo curto, o que o torna muito sensível à concorrência das infestantes, em relação a fatores essenciais como a luz, espaço e principalmente a água, junto com os nutrientes. Essa condição implica numa gestão apropriada da utilização adequada da água de rega, para que haja um melhor desenvolvimento do feijoeiro.

O desenvolvimento do feijoeiro durante o ciclo biológico divide-se em três fases: fase vegetativa, fase reprodutiva e finalizando com a maturação e colheita. Estas fases, por sua vez, são subdivididas em dez etapas. A fase vegetativa (V), tem início no momento em que a semente é posicionada em condições de germinar, seguindo até o aparecimento dos primeiros botões florais (GEPTS, 1990), é constituída das etapas V0, V1, V2, V3, V4 e a reprodutiva (R), ocorre desde a emissão dos primeiros botões florais até a condição de maturidade fisiológica e é composta pelas etapas R5, R6, R7, R8 e R9, conforme apresentado na Tabela 1.

FASE	ESTADIO	CARACTERISTICA	INÍCIO DO ESTÁDIO/DESCRIÇÃO
Vegetativa	V0	GERMINAÇÃO	Semeadura/ absorção de água, emissão da radícula, transformação raiz primaria.
	V1	EMERGENCIA	Cotiledones de 50% das plantas ao nível do solo/ desenvolvimento epicótilo.
	V2	FOLHAS PRIMARIAS	Folhas primarias de 50% das plantas estão desdobradas/expansão das folhas.
	V3	PRIMEIRO TRIFÓLIO	Abertura da primeira folha trifoliada em 50% das plantas / Abertura do primeiro trifólio, surgimento do segundo.
	V4	TERCEIRO TRIFÓLIO	Abertura da terceira folha trifoliada em 50% das plantas / abertura do terceiro trifólio e formação dos

			ramos nas gemas e nos inferiores.
REPRODUTIVA	R5	PRÉ-FLORAÇÃO	Aparecem os primeiros botões florais em 50% das plantas/Aparecimento do primeiro botão floral e o primeiro racemo.
	R6	FLORAÇÃO	Abertura da primeira flor em 50% das plantas/Florescimento das plantas.
	R7	FORMAÇÃO DAS VAGENS	Aparecimento das primeiras vagens ate 50% das plantas ao murchar a corola/Aparecimento da primeira vagem 2,5 cm de comprimento.
	R8	ENCHIMENTO DAS VAGENS	Primeira vagem cheia de grão em 50% das plantas/Crescimento da semente.
	R9	MATURAÇÃO FISIOLÓGICA	Modificação da cor das vagens em 50% das plantas/Vagens perdem pigmentos e começam a secar, grão com cor típica de variedade.

O estágio fenológico mais sensível corresponde ao R5, fase que o feijoeiro transita da floração a formação de grãos. Os estresses nesta fase causam danos elevados como abortamento de flores e vagens, redução do número de grãos por vagem, crescimento vegetativo exagerado, grãos com menor massa seca. Labanauskas et al. (1981), estudando o efeito da deficiência hídrica nos diferentes estados de crescimento e produção de grãos, inferiram que a disponibilidade hídrica deficiente durante as fases de floração e formação das vagens na cultura do feijão, reduziram a produtividade em 44 e 29%, respectivamente, quando confrontada com o tratamento que não teve deficiência hídrica. Em relação ao estado vegetativo, a deficiência hídrica atribuída não mostrou efeito significativo na produtividade de grãos. Vale ressaltar que a planta reage à deficiência hídrica do solo de acordo com a intensidade do estresse aplicado.

Em níveis moderados de escassez de água, a planta reduz o seu ciclo tornando-se assim, mais precoce. Em grau severo, a deficiência hídrica retarda a atividade reprodutiva da cultura (TURK e HALL, 1980). Sabe-se, todavia, que o número de dias que a planta tolera um estresse de água varia de cultivar para cultivar, já que algumas são capazes de manter algum

crescimento ou pelo menos de sobreviver sob condições de solos secos (QUIN, 1997). A deficiência hídrica caracteriza-se como um dos principais fatores que provocam danos ao feijão-caupi, o que prejudicam diretamente sua produtividade (EMBRAPA, 2015).

O estresse causado pela deficiência hídrica ao feijão-caupi diminui a fotossíntese, acarreta à redução na fixação CO₂ total, reduz a condutância estomática e também é o fator que mais contribui para o comprometimento da planta depois das doenças (BREVEDAN e EGLI, 2003).

2.5 O estresse hídrico

O estresse hídrico, em geral é definido como um fator extrínseco, que exerce uma influência negativa sobre a planta. O conceito de estresse hídrico está relacionado ao de tolerância ao estresse, que é a capacidade da planta para encarar um ambiente desfavorável. Um ambiente estressante para uma planta pode não o ser para outra, ou seja, a tolerância à seca varia de espécie para espécie e mesmo dentro de uma espécie, entre variedades (LUDLOW, 1976)

No início de sua evolução, há bilhões de anos, as plantas passaram por inúmeras mudanças na sua estrutura e no processo fisiológico, que as habilitaram para sobreviver em ambientes relativamente secos. Essas mudanças resultaram de mutações genéticas e recombinações que, através da seleção natural, permitiram às plantas sobreviverem e se reproduzirem em condições de estresse hídrico (LEHNINGER et al., 2001). Essas adaptações aos ambientes com poucos recursos hídricos incluíram raízes, que permitiram a absorção de água e de sais, um sistema vascular que permitiu um rápido transporte de água e produtos da fotossíntese e uma cutícula bem desenvolvida com a presença de estômatos, o que permitiu a entrada de dióxido de carbono, mas controlou a perda de água dos tecidos (NEPOMUCENO et al., 2001).

Sendo assim um dos primeiros efeitos do déficit hídrico nas plantas vasculares manifesta-se sobre os estômatos. Com a progressão do dessecamento, ocorre a desidratação do protoplasma e a redução da capacidade fotossintética. Em geral, sob deficiência hídrica, a queda da taxa de fotossíntese pode ser relacionada com a limitação das trocas gasosas, consequência do fechamento dos estômatos em resposta a um decréscimo no potencial hídrico da folha ocasionado pela reduzida disponibilidade de água no solo (SCHULZE et al., 1987).

As trocas gasosas é decorrente da condutância estomática, um dos mecanismos que demonstram o controle dos estômatos em plantas submetidas ao déficit hídrico. De acordo com Raven et al. (2001), o efeito da perda de água predomina sobre os demais fatores que afetam os estômatos. Logo, quando o turgor da célula cai abaixo de um ponto crítico, que é

variável de espécie para espécie, a abertura estomática torna-se menor, limitando as trocas gasosas. Segundo Oliveira et al. (2002), o déficit hídrico causa redução sobre a condutância estomática e, sendo essa redução acompanhada paralelamente pela queda do potencial de água na folha.

A transpiração também é afetado pelo déficit hídrico o que interfere na produtividade das plantas, pois esta auxilia na translocação de compostos dentro da célula, sendo de ser um importante fator no resfriamento dos tecidos. O resultado do estresse hídrico sobre a transpiração produz significativas diferenças entre plantas sob deficiência hídrica e irrigadas. Com a queda dos potenciais de água no solo a transpiração diminui, sendo também afetada pelos mesmos fatores que conduzem a evaporação enquanto os estômatos estão abertos. A vegetação e o estágio de crescimento também são fatores que modificam a taxa de transpiração. Quando o solo está a sob condição adequadas de umidade, a transpiração se matem numa taxa potencial, determinada pelas condições meteorológicas (KLAR, 1988). Outros fatores tais como temperatura, umidade relativa, correntes de vento também podem influenciar as taxas de transpiração.

Quando a perda de água excede a absorção, retarda o crescimento de muitas plantas e causa morte em muitas outras por desidratação. Apesar de sua longa história evolutiva, as plantas não desenvolveram uma estrutura que seja ao mesmo tempo favorável à entrada de dióxido de carbono, essencial para a fotossíntese, e desfavorável à perda de vapor d'água pela transpiração. Em casos de déficit hídrico severo, quando a disponibilidade de CO₂ está em níveis extremamente reduzidos, a planta utiliza dióxido de carbono proveniente da respiração para manter um nível mínimo de atividade fotossintética (RAVEN et al., 2001).

No Brasil, Costa et al. (2002), analisaram a atividade fotossintética de cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. (cv. Carioca e cv. Negro Huasteco) e *Vigna unguiculata* (L.) Walph (cv. EPACE 10) submetidas a altas temperaturas. A cultivar EPACE 10 demonstrou adaptabilidade, pois seu aparelho fotossintético resistiu a temperaturas superiores a 40° C.

Estudos realizados na França comparando os processos de trocas gasosas com *P. vulgaris* (cv. Carioca) e *Vigna unguiculata* (cv. IT 83D e EPACE-1), envolvendo como parâmetros teor de umidade do solo, potencial hídrico foliar, condutância estomática e fotossíntese demonstraram elevada significativa das cultivares de *Vigna* no que se refere à resistência ao déficit hídrico (CRUZ DE CARVALHO et al., 1998). Outro estudo realizado no Kenia, envolvendo tolerância a altas temperaturas em regiões semi-áridas confirmou maior adaptabilidade do gênero *Vigna* em relação ao *Phaseolus* (HORNETZ et al., 2001).

Em estudo mais recente com plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica, também foi observado reduções no potencial hídrico foliar, condutância estomática e

transpiração, com aumento na resistência difusiva ao vapor de água, mediante o fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração e, em consequência, o suprimento de CO₂ para a fotossíntese (SILVA et al., 2010).

Também em decorrência ao déficit hídrico, Sousa et al. (2009) verificaram que o efeito do estresse hídrico em feijoeiro causa reduções nos componentes de produção e é mais severo quando ocorre nas fases de floração e frutificação. Guimarães et al. (2006) igualmente constataram que a deficiência hídrica nas plantas é tanto maior quanto menor o suprimento de água pelas raízes. O efeito do estresse hídrico nos diferentes estádios de crescimento e produção de grãos, principalmente, durante as fases de floração e formação das vagens na cultura do caupi, reduz a produção em 44 e 29%, respectivamente, quando comparado com plantas que não sofreram estresse hídrico (LABANAUSKAS et al., 1981). Segundo GOMES-FILHO & TAHIM (2002), apesar de ser considerado uma cultura tolerante à seca, pesquisas têm mostrado que a ocorrência de estresse hídrico no feijão-caupi, principalmente o período crítico da cultura, restringe a uma fase relativamente curta entre a época de floração e o início da maturação (enchimento dos grãos).

2.6 Estudo das trocas gasosas

As trocas gasosas são processos pelos quais a planta interage com a atmosfera liberando ou captando gases. Deste modo, durante a fotossíntese, a planta fixa CO₂ e libera O₂, o inverso na respiração ocorre, ou seja, a planta libera CO₂ e consome O₂, revertendo assim as trocas desses gases. Esse balanço de entrada e saída de CO₂ é possível de ser detectado medindo-se as trocas gasosas, sendo a fotossíntese líquida o processo em que mais CO₂ é consumido na fotossíntese do que liberado pela respiração simultaneamente. Essa variável é naturalmente reduzida no escuro ou quando a planta está sob condições desfavoráveis para a assimilação (LARCHER, 2006).

As trocas gasosas entre as células e a atmosfera ocorrem pelo processo de difusão, que está diretamente ligado ao gradiente de concentração estabelecido em um determinado momento. O trabalho de assimilação fotossintética é melhorado com o aumento da concentração interna do CO₂. No entanto, em condições naturais a concentração de CO₂ entre o meio externo e o interior das plantas é muito reduzido, sendo assim, a baixa concentração de CO₂ é o fator mais comum para a limitação das taxas fotossintética (SILVA, 2015).

O mecanismo de abertura e fechamento estomático exerce papel essencial para a entrada de gases, influenciando significativamente o processo de ganho fotossintético, uma vez que é pela variação na abertura estomática que a planta controla o influxo de CO₂ na planta. Diferentes fatores ambientais influenciam a abertura e fechamento dos estômatos e,

consequentemente, a condutância estomática (LARCHER, 2006). Estresses causados pelo ambiente podem provocar o fechamento estomático, declínio da condutância estomática e consequente redução da concentração interna de CO₂ e da taxa fotossintética (ALVES et al., 2011).

Portanto, a análise das características relacionadas às trocas gasosas é uma ferramenta valiosa para correlacionar a influência da restrição hídrica na assimilação de CO₂ pelas plantas.

2.7 Pigmentos fotossintéticos: clorofila *a* e *b*

Nas plantas, para que o processo fotossintético possa ocorrer é preciso que, previamente, a energia radiante disponível seja absorvida pelos cloroplastos – sítio onde acontece a fotossíntese – o que ocorre por meio de receptores denominados pigmentos fotossintéticos, que em sua maioria funcionam como um complexo-antena, captando a luz e enviando a energia para o respectivo centro de reação. Esses pigmentos/receptores são as clorofilas e os pigmentos acessórios (caroteno e xantofila) (SILVA, 2015).

A concentração desses pigmentos fotossinteticamente ativos está diretamente relacionada à capacidade de absorção da radiação e, por isso, a deficiência reduz consideravelmente a assimilação fotossintética das plantas. A deficiência de clorofila pode estar relacionada a diversos fatores de estresse, tanto biótico como abiótico, e pode ser reconhecida pela alteração da coloração do tecido fotossintetizante, que se torna mais amarelo (clorose) (LARCHER, 2006). Assim, a mensuração das clorofilas *a* e *b* nas folhas pode ser um indicador útil quanto à ação de algum fator de estresse capaz de provocar a redução do potencial fotossintético a partir da degradação das clorofilas.

2.8 Uso de filmes como atenuante sob os efeitos do estresse

A tecnologia de filme de partículas vem sendo desenvolvida ao longo dos últimos anos, por ser uma técnica favorável ao meio ambiente, que fornece o controle de insetos, reduz o estresse causado pelo calor, e contribui para a produção de frutas e legumes de alta qualidade, além de ser adequado para a agricultura (GLENN e PUTERKA, 2005).

Originalmente, um filme a base de caulim, foi desenvolvido para a controlar as pragas em muitas culturas (PACE e CANTORE, 2009). Além de combater as pragas, foi demonstrado que o filme caulino branco que se forma na superfície da folha aumenta a reflexão da radiação solar incidente, altera do balanço de radiação e reduz o risco de dano da folha e fruta sob altas radiação (GLENN, 2012).

Além dos efeitos mencionados, o uso de filme pode afetar condutância estomática e trocas gasosas, como consequência da reflexão parcial da radiação fotossinteticamente ativa e fechamento dos estômatos. No entanto, os resultados da literatura sobre os efeitos benéficos do uso dessa ferramenta, são por vezes conflitantes e variam de acordo com a espécie, a arquitetura da planta, condições ambientais e escala de medição (folha ou copa). O efeito antitranspirante comprovada em muitas espécies (ANGBABU et al., 2007 e EL-KHAWAGA, 2013), pode resultar em um benefício considerável em termos de economia de água e, em ambientes áridos e semi-áridos, em um aumento no rendimento agrícola para culturas sensíveis ao estresse hídrico.

Alguns produtos podem ser utilizados como alternativa ao caulim, dentre eles o óxido de cálcio. O óxido de cálcio é uma substância química de fórmula CaO, de origem metamórfica de elevada pureza e alvura, baixa absorção, e com excelente distribuição granulométrica para atender diversos usos e aplicações. Devido à sua alvura especial, o óxido de cálcio é muito usado em segmentos onde a cor é fundamental. Também chamado cal virgem, cal viva ou cal ordinária, produto inicial resultante da queima de rochas calcárias, composto predominantemente dos óxidos de cálcio e magnésio, é um pó de cor branca e sem odor, usado em construções civis e na agricultura como corretivo de acidez (APPCAL, 2011).

Ainda há poucos registros na literatura científica, da utilização do óxido de cálcio como material refletivo utilizado na agricultura. Normalmente, esse produto é utilizado na calagem, via água de irrigação limitadamente por favorecer a formação de precipitados (SOUSA, 2012).

O caulim é um material não abrasivo, não tóxico de silicato de alumínio, e assim como o caulim, o óxido de cálcio, é um mineral de argila de pó molhável, inerte, que não interfere com a troca gasosa, promove redução da radiação ultravioleta e infravermelha. As presenças de partículas minerais nas superfícies de folhas e frutos provocam interferência nos processos fisiológicos, principalmente no equilíbrio do calor, da radiação e das trocas gasosas (CANTORE et al., 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe - UFS, localizado no município de São Cristóvão - SE, nas seguintes coordenadas geográficas: 11° 01' S; 37° 12' W. e altitude 20m.

Para a realização do experimento foram utilizadas sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walph), a cultivar BRS Guariba, a qual apresenta crescimento

indeterminado, com ramos relativamente curtos e apresenta resistência ao acamamento, além de resistência ao calor, à deficiência hídrica. Este genótipo apresenta o ciclo relativamente curto, de 65 a 70 dias (EMBRAPA, 2015).

A semeadura foi realizada manualmente em 10/10/2015, numa área de 128 m², diretamente no campo. Após 15 dias foi realizado o desbaste, deixando cinco plantas por metro linear. A adubação foi realizada com base na análise de solo com respectiva recomendação de adubação para a cultura do feijão, de acordo com Malavolta et al. (2000). Os tratos culturais foram realizados para manter a cultura livre de plantas invasoras, doenças e pragas.

O cultivo foi realizado em campo, havendo monitoramento das condições climáticas do local por meio dos dados obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia. Os foram coletados de uma estação meteorológica automática, localizada a 19 km na cidade de Aracaju, por meio da qual foram mensuradas temperatura, precipitação, radiação e umidade relativa do ar. Durante o período experimental, a temperatura variou de 25 °C a 30 °C, com média de 28 °C, a precipitação não ultrapassou 13 mm ao longo do período experimental. Já umidade relativa do ar variou de 44% a 75%, com média de 70% , e a radiação manteve uma média de 2800 kJ m⁻².

3.1 Delimitação dos tratamentos

A partir do dia 16 de novembro, plantas com 38 dias após a semeadura, foram submetidas a imposição dos tratamentos com irrigação. A aplicação do filme de partícula CaO foi realizada três dias após a imposição dos tratamentos de irrigação.

Os tratamentos consistiram da aplicação das lâminas de água correspondentes a reposições de 50 e 100% da evapotranspiração de referência (ET_o). A ET_o foi calculada com base nos dados climatológicos obtidos de uma estação agrometeorológica automática, conforme a equação 1.

$$ET_c = ET_o \cdot k_c \quad (1)$$

em que:

ET_c - Evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹).

ET_o - Evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹).

K_c - Coeficiente de cultura do feijão.

Utilizou-se o método de irrigação por gotejamento com espaçamento entre gotejadores de 0,20 m e vazão de 1,2 L. h⁻¹, tendo sempre o cuidado de irrigar a área plantada de cada parcela.

Para o cálculo da lâmina a ser aplicada na cultura, foi utilizado as equações 2 e 3 que, pela relação entre a irrigação real necessária (IRN) e a eficiência de aplicação, cujo valor geralmente se estima em 90% (MANTOVANI et al., 2009), tem-se a irrigação total necessária (ITN).

$$IRN = ET_c \cdot TR \quad (2)$$

$$ITN = \frac{IRN}{0,9} \quad (3)$$

em que:

TR – Turno de rega. Geralmente, de 1 a 3 dias.

O tempo de irrigação por planta foi calculado pela equação 3:

$$\frac{Ti = ITN \times A}{n \times Qg} \quad (4)$$

em que:

Ti - Tempo de irrigação (horas).

A - Área de cada planta (m²).

n - Número de gotejadores por planta.

Qg - Vazão do gotejador (L h⁻¹).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 6x3 (seis tratamentos e três tempos de avaliação), composto por 5 repetições, numa área de 128 m². A descrição dos tratamentos segue abaixo na tabela 2.

Tabela 2: Descrição dos tratamentos

T1	CONTROLE 50% ETo
T2	CONTROLE 100% ETo
T3	CaO 5% + 50% ETo
T4	CaO 5% + 100% ETo
T5	CaO 10% + 50% ETo
T6	CaO 10% + 100% ETo

A supressão hídrica foi iniciada 38 dias após a semeadura, no estágio vegetativo R6. Três dias após o início dos tratamentos foi iniciada aplicação dos filmes (5% e 10% de CaO), sendo reaplicado um dia antes de cada avaliação (um total de 3 aplicações). O preparo da solução consistiu da diluição de 25g de CaO em 500 ml de água para obtenção do filme com concentração de 5% CaO, e 50g de CaO em 500 ml de água para obter o filme com concentração a 10% de CaO.

Os filmes foram aplicados com auxílio de um borrifador comum sempre no mesmo horário entre 9:00 e 10:00 horas da manhã. O turno de rega foi definido com base na recomendação da cultura, geralmente de 1 a 3 dias, sendo definido por meio da equação 2.

3.2 Trocas gasosas foliares

A determinação da taxa fotossintética líquida por unidade de área foliar, A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), da condutância estomática ao vapor d'água, g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), da taxa transpiratória, E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), do déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, $DPV_{\text{folha-ar}}$ (kPa) foi realizada em três avaliações a partir da aplicação dos tratamentos (19/11), onde a primeira medição foi denominada como medida do tempo zero, realizada no dia e antes da aplicação dos tratamentos, aos 14 (DAT) e no final do ensaio experimental (24 DAT).

As medidas pontuais foram realizadas entre 8:00 e 10:30 horas, em duas folhas completamente expandidas de cada planta (3ª ou 4ª folhas contadas a partir do ápice, posicionadas em lados opostos) e em cinco plantas de cada tratamento, utilizando o analisador de gás a infravermelho (IRGA, *Infrared Gas Analyzer*), modelo Li-6400 (Li-Cor, Biosciences Inc., Nebraska, EUA). A radiação fotossinteticamente ativa (RAF) foi mantida constante no interior da câmara, com uma intensidade de $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, e foi aplicada sobre uma área foliar de 2 cm^2 , por meio do sistema de iluminação artificial composto de uma mistura de LED's (*Light Emitting Diodes*) azuis e vermelhos acoplados ao equipamento (a fonte de luz artificial foi fornecida pelo fabricante Li-Cor, USA). O ar de referência foi coletado a aproximadamente 2,5 m de altura do solo antes de alcançar a câmara foliar. Posteriormente, foram estimadas a eficiência intrínseca (A/g_s , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) e a eficiência instantânea no uso da água (A/E , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1}$). As folhas tratadas com o filme de partícula foram selecionadas a partir daquelas com o revestimento mais uniforme.

3.3. Pigmentos fotossintéticos: clorofila *a*, *b* e clorofila total

As medidas de clorofila foram realizadas na mesma folha, no mesmo horário e na mesma época da determinação das trocas gasosas. Foram feitas as medições dos teores relativos de clorofila na folha por meio de um sistema medidor de clorofila (Clorofilog, Falker), que por meio da quantidade de luz absorvida pela folha usa a intensidade de cor verde na folha para detectar a quantidade de clorofila presente no dossel da planta.

3.4. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância tendo-se realizado a comparação entre médias, pelo teste de Scott Knot, a 5% de probabilidade, por meio do software SISVAR 5.3 (2010).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar a capacidade fotossintética das plantas submetidas aos tratamentos, e para todas as variáveis, foi feita uma avaliação no tempo zero (0 DAT), ou seja, antes da imposição dos tratamentos. De acordo com a figura 1a, verifica-se que a taxa fotossintética (A), para esta data, não houve diferença entre os tratamentos. Os valores ficaram em torno de $40 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Os valores estão de acordo com Singh e Raja (2011), quando trabalharam com *V. unguiculata* em diferentes sistemas de restrição hídrica.

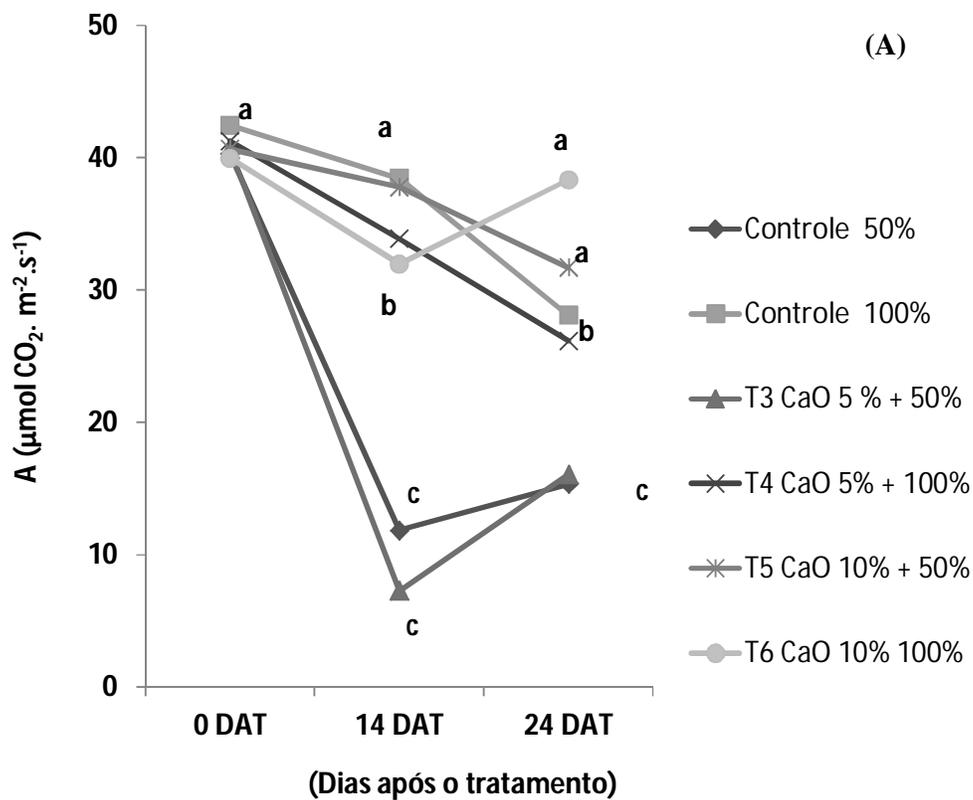
Aos 14 (DAT), é possível observar diferenças estatística entre os tratamentos. Para os tratamentos com 50% de restrição hídrica, T1 e T3, os valores de A decresceram de $40,31 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e $40,66 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para $11,81 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e $7,28 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$, respectivamente (Fig. 1A). Essa resposta de decréscimo da taxa fotossintética (A) ocorreu provavelmente em decorrência ao declínio da condutância estomática (g_s) (Fig. 1B), uma vez que a abertura estomática responsável pela entrada e saída de gases na planta, afeta o processo de ganho fotossintético ao controlar o influxo de CO_2 na planta (LARCHER, 2006).

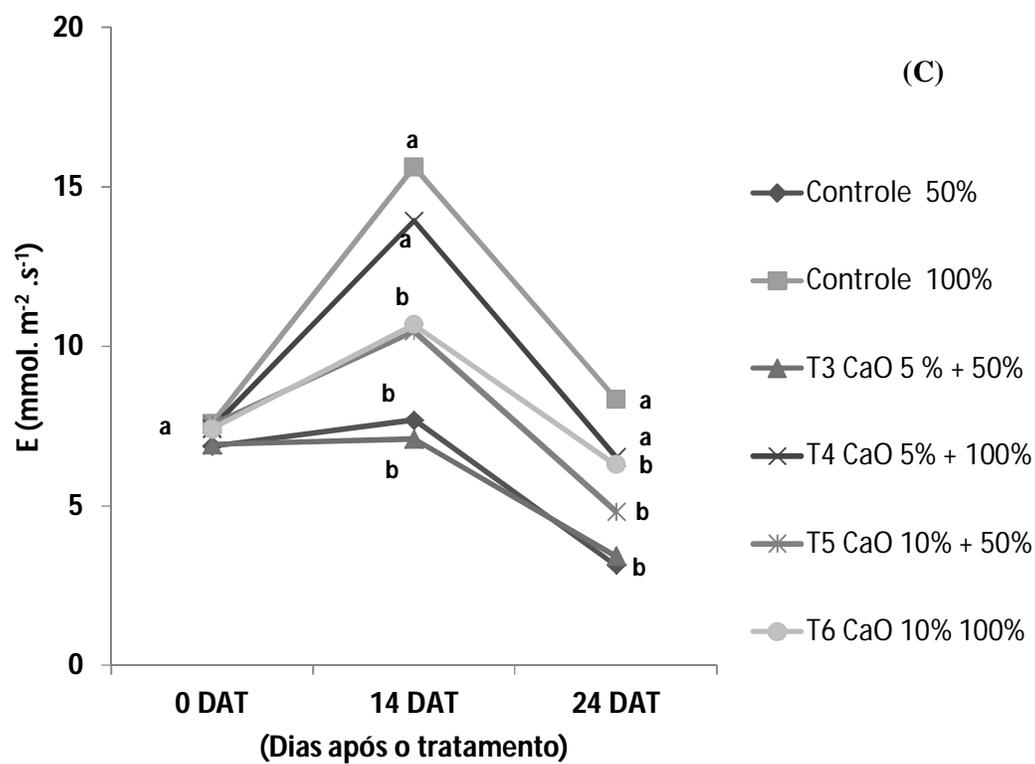
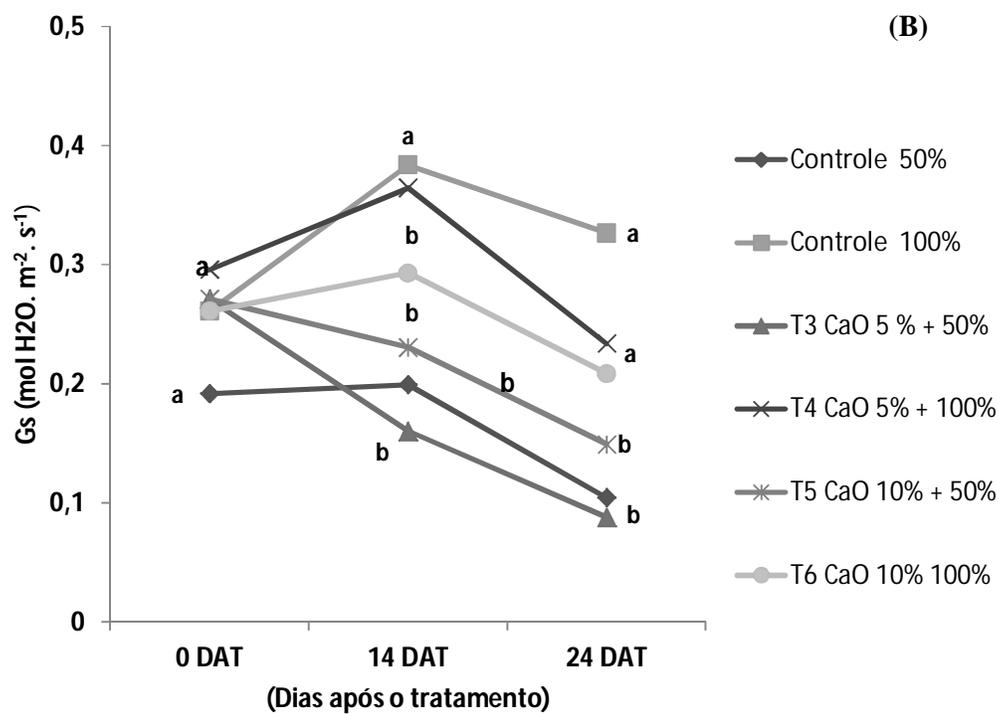
Resultado semelhante a este estudo foi encontrado por Silva et al. (2010), ao acompanhar o curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão (*V. Unguiculata*) sob deficiência hídrica, em que evidenciaram efeito significativo das lâminas de irrigação sobre os aspectos fisiológicos, encontrando, reduções nas taxas de fotossíntese, condutância estomática e transpiração.

É possível observar que a taxa transpiratória (E) para os tratamentos T1 e T3, para esta data (14 DAT) mantiveram valores próximos aos encontrados ao 0 DAT, não acompanhando a queda de A e de g_s . Observa-se que os valores de $DPV_{\text{folha-ar}}$ foram elevados nas plantas destes tratamentos que tiveram a irrigação reduzida em 50% durante aos 14 DAT, valores em torno de 4,0 kPa, maiores do que os encontrados nas folhas dos demais tratamentos, porém, não diferiram estatisticamente dos demais. Estes resultados estão de acordo com Lima (2013) que, ao trabalhar com *V. Unguiculata* submetido a restrição hídrica, verificou uma menor taxa fotossintética, redução da condutância estomática, redução da transpiração e aumento do $DPV_{\text{folha-ar}}$ em relação as plantas irrigadas.

Contudo, é possível perceber que o tratamento T5 apresentou resposta semelhante aos tratamentos sem restrição hídrica, o T2, T4 e T6, quando comparado aos tratamentos T1 e T3. É provável que esse resultado esteja atrelado a aplicação do filme de partícula de CaO a 10%

nas folhas, em que, associado a restrição de água no solo, uma das primeiras respostas das plantas é redução na transpiração, por consequência do fechamento estomático. No entanto, neste estudo, as plantas de feijão-caupi submetidas a aplicação CaO a 10% nas folhas, mantiveram taxas fotossintética e condutância dos estômatos similar as plantas sem restrição hídrica. Este resultado é decorrente das características apresentadas pelo CaO, que é um material inerte, solúvel em água, capaz de promover um filme protetor que serve de barreira quanto a perda de água das folhas para a atmosfera. Supõe-se que esta proteção criada pelo filme de partícula pode melhorar as funções fisiológicas em regiões de altas temperaturas com a redução do estresse térmico pela refletância da luz incidente e da radiação ultravioleta (Glenn, 2010). Ao refletir a luz incidente, o filme de partícula cria uma proteção térmica no dossel da planta reduzindo cerca de 5°C a temperatura, o que contribui também para a diminuição da transpiração foliar (Glenn et al, 2003).





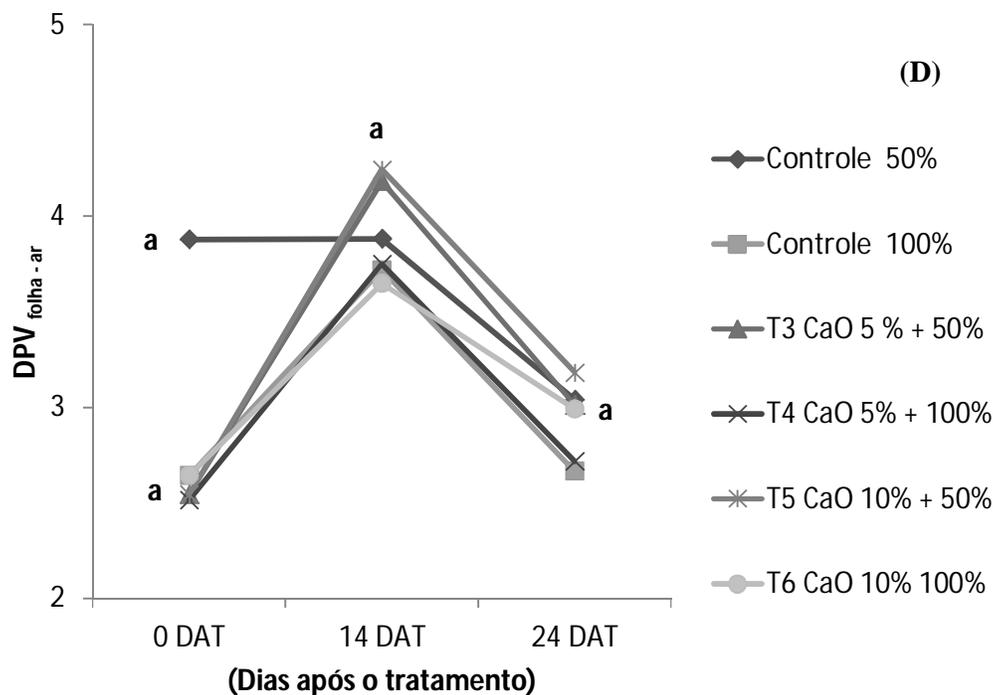
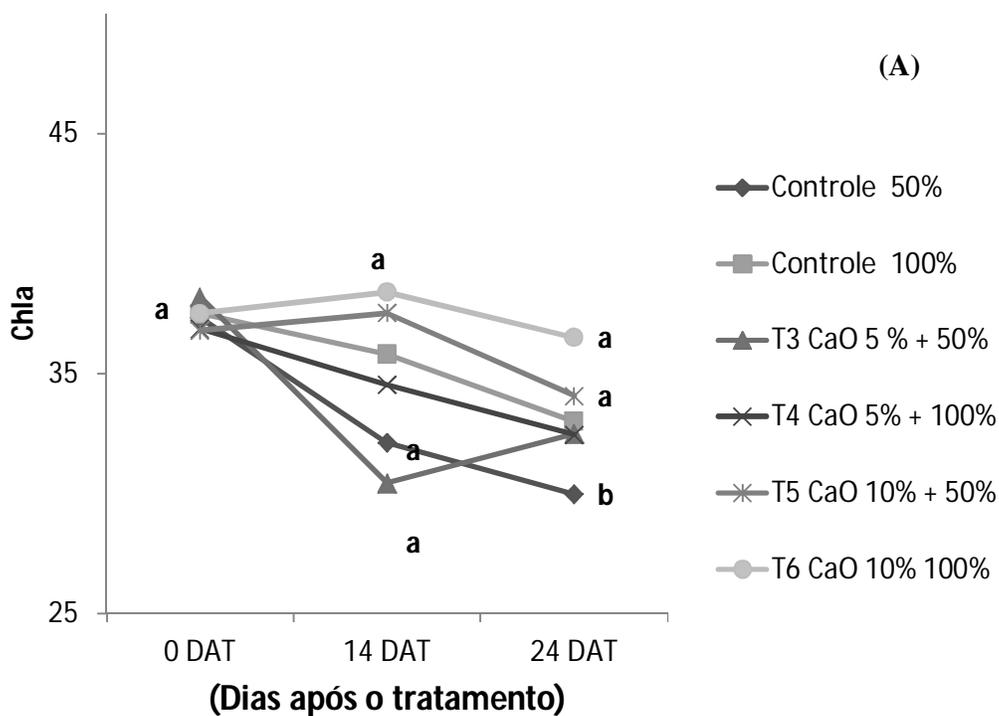


Figura 1. A - Taxa fotossintética ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (a); G_s - Condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) (b); E - Transpiração ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (c); $DPV_{\text{folha-ar}}$ Déficit de pressão de vapor entre a folha (d); em plantas de feijão-caupi. T1= CONTROLE 50% ETo, T2= CONTROLE 100% ETo, T3= CaO 5%+ 50% ETo, T4= CaO 5%+ 100% ETo, T5= CaO 10% + 50% ETo e T6= CaO 10% + 100% ETo. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre os tratamentos (teste Skott Knot, a 5%).

Para os valores encontrados aos 24 DAT, os tratamentos T1 e T3 demonstram diferenças dos valores encontrados aos 14 DAT. Os valores de g_s obtiveram uma queda significativa, levando, com isso, a redução nos valores de A , E e do $DPV_{\text{folha-ar}}$ (Figura 1A, B, C e D). Observa-se que os valores do tratamento T5, embora tenham tido uma queda nas variáveis mencionadas, ficaram mais próximos dos tratamentos sem restrição de água (T2, T4 e T6). A diminuição dos valores da taxa fotossintética pode estar relacionada ao estágio fenológico da cultura, pois nas datas das avaliações as plantas encontravam-se justamente na fase R9, com 64 dias após o plantio, finalizando o ciclo. Nesta fase, os pigmentos fotossintéticos encontram-se em menor quantidade devido a degradação natural das clorofilas em decorrência da senescência das folhas.

As plantas quando submetidas ao estresse prolongado como estratégia de sobrevivência, tendem a economizar água de todas as formas possíveis e o fechamento estomático está entre as primeiras respostas à seca, protegendo as plantas contra uma perda de água excessiva. Nesse sentido, as plantas que conseguem rapidamente evitar a perda de água por meio da diminuição da abertura estomática e manter, pelo menos temporariamente, taxas fotossintéticas sem alterações, apresentam um bom desempenho fisiológico em situações de

deficiência hídrica. Os valores de g_s concordam com a hipótese de que plantas sob deficiência hídrica provocam um intenso fechamento estomático, principalmente em dias de alta luminosidade, elevada temperatura, baixa umidade relativa e elevado DPV do ar, como observado nos valores de A , de g_s , de E e de $DPV_{folha-ar}$, aos 14 DAT. Resultados semelhantes aos observados nesse estudo foram encontrados por Santos et al. (2006) com as cultivares de *P. vulgaris* A320 e Ouro Negro. Bertolli et al. (2012), observaram em seu estudo que a sensibilidade dos estômatos provocou uma queda acentuada nos valores de g_s em cultivares de *Vigna unguiculata*, promovendo queda acentuada da A .



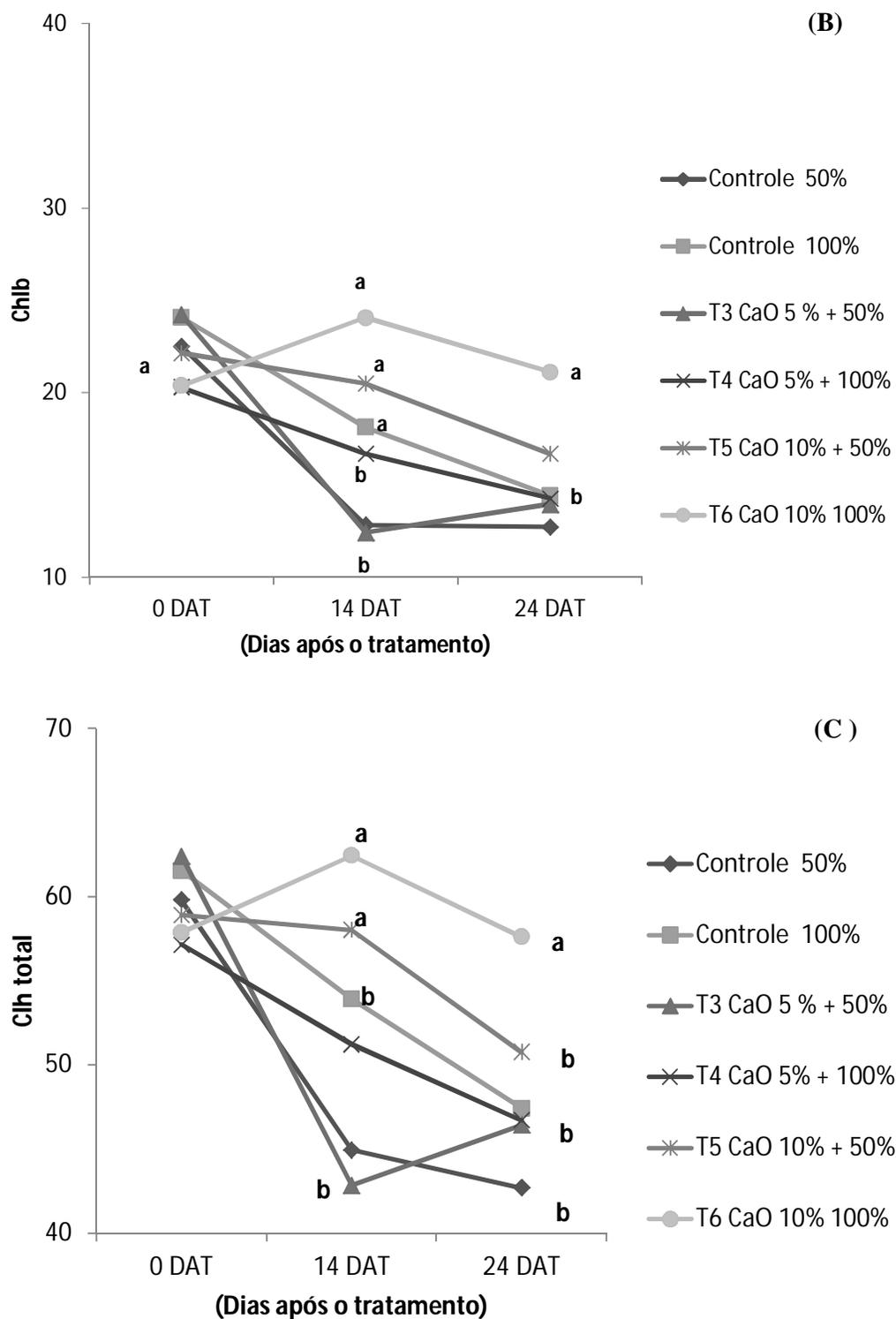
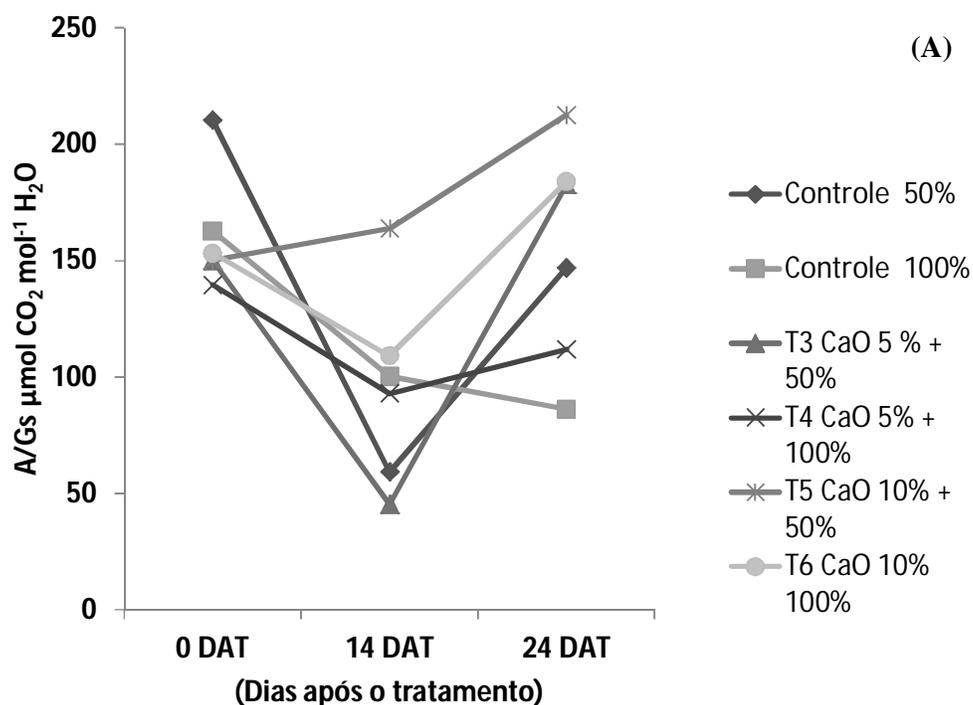


Figura 2: Chla – Clorofila a (a); Chlb – Clorofila b (b); Chl total – Clorofila total (c), em plantas de feijão-caupi. T1= CONTROLE 50% ETo, T2= CONTROLE 100% ETo, T3= CaO 5%+ 50% ETo, T4= CaO 5%+ 100% ETo, T5= CaO 10% + 50% ETo e T6= CaO 10% + 100% ETo. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre os tratamentos (teste Skott Knot, a 5%).

Em relação aos parâmetros de clorofila “a” (Chla), clorofila “b” (Chlb), e clorofila “total” (a+b), não houve interação significativa entre os fatores tempo e tratamento. Observa-

se na Figura 2, que aos 14 DAT houve queda nos valores para todos os tratamentos em relação a 0 DAT, exceto para os tratamentos T5 e T6. No entanto, os tratamentos T1 e T3 obtiveram as maiores quedas nos valores quando comparado aos demais acompanhando os valores de *A*, *g_s* e *E*. Aos 24 DAT os valores obtiveram queda, sendo que para a clorofila total, o tratamento T1 foi o que apresentou maior queda no valor (59,8 para 42,7), e o tratamento T6 a menor queda, saiu de 57,8 para 57,6, diferindo dos demais. O tratamento T3, nesta ultima avaliação e para esta mesma variável, ficou próximo dos tratamentos T2 e T4. Já os valores do tratamento T5 ficou entre T2 e T6. Esta redução nos valores de clorofila para os tratamento T5 pode ser um indicativo de que houve degradação de clorofila para este tratamento, contudo, em relação aos demais tratamentos, tal degradação não afetou a taxa fotossintética líquida. Estes resultados provavelmente ocorreram devido a camada formada pelo CaO sobre as folhas do feijoeiro, servindo como barreira reflexiva a alta radiação solar no período de realização do experimento, o que favoreceu a não degradação dos pigmentos. A redução da chegada da radiação fotossinteticamente ativa, aos fotossistemas pode ter evitado a degradação da clorofila (TAIZ e ZIEGER, 2013). Sousa (2012), observou que a aplicação de CaO sobre a superfície foliar retardou o processo de senescência das folhas de bananeira, quando avaliadas pelo teor de clorofila, à medida que a CaO dificultou que a radiação solar permitisse a senescência das folhas de bananeira, o que um aumento do tempo de vida da clorofila nos fotossistemas.



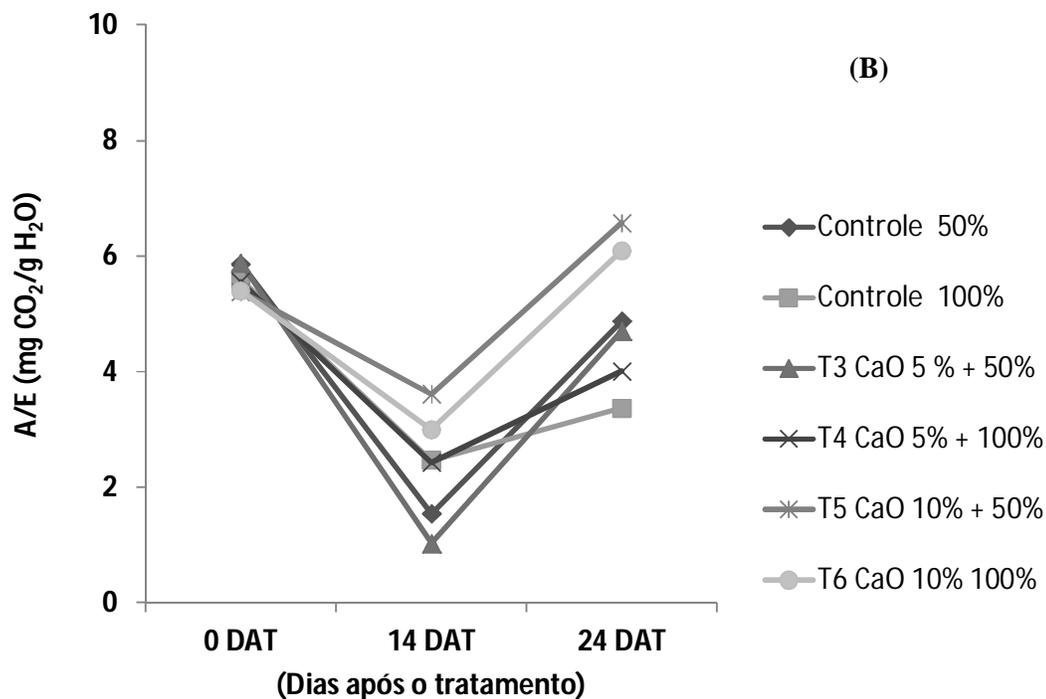


Figura 3: A/gs - eficiência instantânea do uso da água (a) e A/E - eficiência intrínseca do uso da água (b); em plantas de feijão-caupi. T1= CONTROLE 50% ETo, T2= CONTROLE 100% ETo, T3= CaO 5%+ 50% ETo, T4= CaO 5%+ 100% ETo, T5= CaO 10% + 50% ETo e T6= CaO 10% + 100% ETo.

A partir do momento em que foram impostos os tratamentos de irrigação (50% e 100% da Eto) e do filme de partícula de CaO (a 5% e 10% de concentração) nas plantas de feijoeiro, as variações observadas em A , g_s e E causaram modificações nos valores médios para estimar a eficiência instantânea do uso da água (A/E , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) e a eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$). Na Figura 3 (A e B), podemos observar que todos os tratamentos consumiram mais água aos 14 DAT, exceto o T5. Esse consumo de água pode estar relacionado à fase fonológica da cultura, que por sua vez aos 14 DAT encontravam-se em pleno desenvolvimento de vagens, período este que a planta necessita de um suprimento de água adequado para a realização de todos os seus ciclos celulares.

Diante da análise dos tratamentos é possível observar que o T5 apresentou mais uma vez resposta similar às plantas sem restrição hídrica. Neste tratamento, as plantas tiveram uma melhor otimização no uso da água, demonstrando que mesmo recebendo 50% da quantidade oferecida as plantas sem restrição hídrica, conseguiu seguir com suas atividades fisiológicas estáveis. Sugere que a aplicação do CaO pode ser bastante eficiente como agente minimizador de perdas de água pela transpiração excessiva. Efeito semelhante foi observado em morangos, onde a utilização do filme de partícula caulim, além de promover o estabelecimento das plantas, também reduziu suas necessidades de água em 30% (SANTOS *et*

al., 2012). Ao reduzir a condutância estomática e, por sua vez, melhorar a condição hídrica da planta, principalmente nas plantas estressadas, o óxido de cálcio melhorou a resposta do feijão-caupi ao estresse hídrico, ao mitigar os efeitos nocivos da seca.

Em condições de estresse hídrico o efeito positivo de óxido de cálcio é um indicativo de que a aplicação de CaO pode atuar como um antitranspirante, melhorando a condição hídrica da planta com o aumento da eficiência do uso da água pela cultura, e atenua o aumento da temperatura foliar, protegendo assim as plantas de estresse hídrico, especialmente em regiões onde a água é limitante e a temperatura do ar é elevada. No entanto, em atenção aos trabalhos futuros, os procedimentos relatados nesta pesquisa podem ser complementados e validados em novos ensaios experimentais sob condições de campo objetivando avaliar se os efeitos do filme de partícula de CaO associado a restrição de água em plantas de feijoeiro podem afetar a produtividade e qualidade dos grãos, com vistas à aplicação prática em plantios comerciais da espécie.

5. CONCLUSÕES

O filme de partícula a base de CaO nas folhas de *Vigna unguiculata* atua como agente mitigador dos efeitos do estresses causados pela restrição hídrica.

O óxido de cálcio foi eficaz no controle da redução da g_s , A , e E em plantas de *Vigna unguiculata* submetidas ao estresse hídrico.

O tratamento mais eficiente foi 10% de CaO +50% de Eto. Este tratamento apresentou uma melhor eficiência no uso da água, o que demonstra que as plantas de *Vigna unguiculata* mesmo recebendo 50% da quantidade de água necessária para a cultura, consegue seguir com suas atividades fisiológicas estáveis.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. Avaliação de cultivares de feijão-caupi utilizadas no Programa de Distribuição de Sementes. **Pesquisa Agrícola**. Cruz as Almas, v.9. n. 3. 2015.

ALVES, A. A.; GUIMARÃES, L. M. da S.; CHAVES, A. R. de M.; DAMATTA, F. M.; ALFENAS, A. C. Leaf gas exchange and chlorophyll a fluorescence of *Eucalyptus urophylla* in response to *Puccinia psidii* infection. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 33, p. 1831-1839, 2011.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. Sistemas de produção 2: Cultivo do feijão caupi. Versão eletrônica, julho, 2003. ISSN 16788818.

ANGBABU, P. P; SARKAR A. K.; ASHIM, C. S.. Growth and yield of wheat as influenced by evapotranspiration control measures and levels of fertilizer under rainfed condition. **Indian J. Plant Physiol.**, v.12. n2. 2007, p. 194–198.

ARAGÃO, M.E.F.; GUEDES, M.M.; OTOCH, M.L.O.; GUEDES, M.I.F.; MELO, D.F.; LIMA, M.G.S. Differential responses of ribulose-1,5-biphosphate carboxylase/oxygenase activities in two *Vigna unguiculata* cultivars to salt stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. v. 17, n.2, p.207-212, 2005.

BACCI, L.; VINCENZI, M. de; RAPI, B.; ARCA, B.; BENINCASA, F. Two methods for the analysis of colorimetric components applied to plant stress monitoring. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 19, p. 167186, 1998.

BASTOS, E. A.; NASCIMENTO, S. P.; SILVA, E. M. DA; FREIRE FILHO, F. R.; GOMIDE, R. L. Identification of cowpea genotypes for drought tolerance. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p.100-107, 2011.

BASTOS, E. A.; RAMOS, H. M. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; NASCIMENTO, F. N.; CARDOSO, M. J. Parâmetros fisiológicos e produtividade de grãos verdes do feijão-caupi sob déficit hídrico. **Water Resources and Irrigation Management**. v.1, n.1, p.31-37, 2012.

BEZERRA, A. K. P.; LACERDA, C. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; GHEYI, H. R. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40 n.5, mai. 2010.

BOARI, F; DONADIO, A.; SCHIATTONE, M. I.; CANTORE, V. Particle film technology: A supplemental tool to save water. **Agricultural Water Management**. v. 147, n.1, p. 154–162, 2015.

BOARI, F; CUCCI, G.; DONADIO, A; SCHIATTONE, M. I.; CANTORE, V. Kaolin influences tomato response to salinity: physiological aspects. **Acta Agriculturae Scandinavica, Soil & Plant Science**. v. 64, 2014.

BOARI, F.; CUCCI, G.; DONADIO, A.; SCHIATTONE, M. I.; CANTORE, V. Particle film technology: a supplemental tool to save water. **Agriculturae Water Manag.**, v.147, p. 154-162, 2015.

BORÉM, A., Carneiro, S., (2006). **A cultura do feijão**. In: Feijão. 2.ed. Cap. 3, Viçosa: UFV.

BRITO NETO, J.; CARVALHO, H. W. L. de ; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. de M.; RIBEIRO, V. Q.; RIBEIRO, S. S. A.; RODRIGUES, R. S. dos ; NOGUEIRA, L. C. **Desempenho de linhagens de feijão-caupi de porte prostrado.** Aracaju: EMBRAPA CPATC, 2006.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. Biochemistry & molecular biology of plants. Rockville: **American Society of Plant Physiologists**, 1408p. 2000.

CAMPOS, F. L.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. de A.; RIBEIRO, V. Q.; SILVA, R. Q. B. da; ROCHA, de M. R. Ciclo fenológico em Vigna (Vigna unguiculata (L.) Walp.): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**. v. 5, n. 2, p. 110-116, 2000.

CANTORE, V; PACE, B; ALBRIZIO, R. Kaolin-based particle film technology affects tomato physiology, yield and quality. **Environmental and Experimental Botany**. v.66, p. 279–288, 2009.

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Desempenho agrônômico do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamentos entre linhas e densidades de plantas sob regime de sequeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.1, p.102-105, 2006. . 21 Fev. 2013.

CARVALHO, J. J. **Comparação de métodos de manejo da irrigação no feijoeiro, nos sistemas plantio direto e convencional.** 2009. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

CARVALHO, J. J. de. **Resposta do feijoeiro comum à irrigação com déficit, sob semeadura direta.** Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2013.

COELHO, D. S.; MARQUES, M.A.D; SILVA, J. A. B.; GARRIDO, M. S.; CARVALHO, P.G. S. Respostas fisiológicas em variedades de feijão caupi submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Biociências**. Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 14-19, 2014

CONAB. **Conjuntura Agropecuária do feijão.** Junho, 2015.

COSTA, E. S.; BRESSAN-SMITH, R.; OLIVEIRA, J. G. DE; CAMPOSTRINI, E.; PIMENTEL, C. Photochemical efficiency in bean plants (Phaseolus vulgaris L. and Vigna unguiculata L. Walp) during recovery from high temperature stress. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v.14, n.2, p.105-110, 2002.

COSTA, J. G. C. Conhecendo a planta do feijoeiro comum. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Org.). **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro.** Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA, 2009. p. 37-43.

CRUZ de CARVALHO, M. H.; LAFFRAY, D.; LOUGUET, P. Comparison of the physiological responses of Phaseolus vulgaris and Vigna unguiculata cultivars when submitted to drought conditions. **Environmental and Experimental Botany**. v.40, p. 197–207, 1998.

DAVIS, D.W.; OELKE, E. A.; OPLINGER, E.S.; DOLL, J.D.; HANSON, C.V.;

PUTNAM, D.H. **Cowpea**. University of Wisconsin-Madison. July, 1991.

DIALLO, A. T.; SAMBB, P. I; ROY-MACAULEY, H. Water status and stomatal behaviour of cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, plants inoculated with two *Glomus* species at low soil moisture levels. **European Journal of Soil Biol.** v.37, p.187–196, 2001.

DINIZ, J.A . F.Trajetórias da agricultura familiar sergipana. In: DINIZ, J.A . F e FRANÇA, V.L.A .**Capítulos da geografia nordestina**. Aracaju: NPGEO/UFS, p. 277-305, 1998.

El-Khawaga, A.S. Response of Grand Naine banana plants grown under different soil moisture levels to antitranspirants application. **Asian J. Crop Science** , v.5, n.3, p. 238–250, 2013.

EMBRAPA. **Cultivo de feijão caupi**. 2003. Disponível em: <http://www.cpamn.embrapa.br/pesquisa/graos/fejao/caupi/referencias.htm>. Acesso em: 15 outubro. 2015.

EMBRAPA. AGEITEC. **Estatísticas da produção de Feijão caupi**. Disponível: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/fejao-caupi/arvore/CONTAG.html>>. Acesso em: 03 nov. 2015.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2014): Acesso em 27 de setembro de 2015, <http://www.cnpaf.embrapa.br/fejao/historia.htm>

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2012. Dados agricultura. Disponível em : <http://www.embrapa.br/>. Acesso em 12 de agosto de 2015.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Socioeconomia: feijão**. 2012. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>. Acesso em: 15 outubro. 2015.

FERNANDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. Etapas de desarrollo en la planta de fríjol. In: LÓPEZ, M.; FERNANDEZ, F.; SCHOONHOVEN, A. (Ed.). **Frijol: investigación y producción**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, p. 61-78, 1985.

FERRAZ, R. L. de S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; JÚNIOR, E. da S. N. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 42, n. 2, p. 181-188 2012.

FERREIRA, M.A.C. **Efeito do sal no metabolismo e crescimento de *Vigna unguiculata* L. Walp. e *Vigna luteola*. (Jacq.) Benth**. UNICAMP, 2005. Dissertação de mestrado.

FIEGENBAUM, V.; SANTOS, D.S.; MELO, V.D.C.; SANTOS FILHO, B.G.; TILLMANN, M.A.& SILVA, J.B. Influência do déficit hídrico sob os componentes de rendimento de três cultivares de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**.v.26, n.2, p.275-280, 2003.

FIGUEIREDO, M. G. et al. Lâmina ótima de irrigação do feijoeiro, com restrição de água, em função do nível de aversão ao risco do produto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 81-87, 2008.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. Passo Fundo: UPF, 2004.

- FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. de M.; RIBEIRO, V. Q.; RAMOS, S. R. R.; MACHADO, C. de F. Novo gene produzindo cotilédone verde em feijão-caupi. **Revista Ciência Agronômica**. v. 38, n. 3, p.286- 290, jul./set. 2007.
- GLENN D.M.; EREZ, A.; PUTERKA ,G.J.; GUNDRUM, P. Particle films affect carbon assimilation and yield in ‘Empire’ apple. **Scientia Horticulturae**, v.128, p. 356–362, 2003.
- GLENN, D.M; PUTERKA G.J. Particle films: a new technology for agriculture. **Horticulture. Rev.**, v. 31, p. 1–44, 2005.
- GLENN, D.M. Particle film mechanisms of action that reduce the effect of environmental stress in ‘Empire’ apple. **Soci. Hortic. Sci.**, v.134, p. 314-321, 2009.
- GLENN, D. M. Canopy gas exchange and water use efficiency of ‘empire’ apple in response to particle film, irrigation, and microclimatic factors. **Soc. Hortic. Sci.**, v.135, p. 25–32, 2010.
- GLENN, D. M. Effect of highly processed calcined kaolin residues on apple productivity and quality. **Scientia Horticulturae**. v. 201, p. 101 – 108, 2016.
- GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V.; ENDRES, L.; BARBOSA, T. P.; DUARTE, W. de G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 378-386, 2010.
- GUERREIRO, J. M. F.B.G. **Efeito das infestantes na qualidade do feijão Manata (Phaseolus vulgaris L.): em condições de conforto hídrico e stress hídrico**. Dissertação de mestrado. Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Beja. Beja, 2014.
- GUIMARAES, C. M.; STONE, L. F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro comum (Phaseolus vulgaris L.) à seca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 10, n. 1, p.70-75, 2006.
- HORNETZ, B.; SHISANYA, C. A.; GITONGA, N. M. Crop water relationships and thermal adaptation of kathika beans (Phaseolus vulgaris L.) and green grams (Vigna radiata L. Wilczek) with special reference to temporal patterns of potential growth in the drylands of SE Kenya. **Journal of Arid Environments** v. 48, p. 591–601, 2001.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estações Automáticas**. Acesso em: 24 de janeiro de 2016.
http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf
- KLAR, A.E. Evapotranspiração. In: **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2ª ed. São Paulo: Nobel, 1988.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**, São Carlos, SP: Rima artes, 2006. 531 p.
- LEITE, M.L.; RODRIGUES, J.D.; VIRGENS FILHO, J.S. Avaliação de cultivares de caupi (Vigna unguiculata (L.) Walp.) quanto à produtividade e componentes de produtividade, sob condições de estufa plástica. **Revista de Agricultura**, v.72, n.3, p.375-385, 1997.

LEHRER, A. T.; KOMOR, E. Carbon dioxide assimilation by virus-free sugarcane plants and by plants which were infected by Sugarcane Yellow Leaf Virus. **Physiological and Molecular Plant Pathology**. v.73, p. 147-153, 2009.

LE GRANGE ,M.; WAND, S.J.E.; THERON, K.I. Effect of kaolin applications on apple fruit quality and gas exchange of apple leaves. **Acta Horticulture**.v. 636, p. 545–550, 2004.

LIMA, C. J. G. S. et al. Modelos matemáticos para estimativa de área foliar de feijão caupí. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 1, p. 120-127, 2008.

LOMBARDINI ,L.; HARRIS, M.K.; GLENN, D.M. Effects of particle film application on leaf gas exchange, water relations, nut yield, and insect populations in mature pecan trees. **HortScience**, v.40, p. 1376–1380, 2005.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. O. L.; MEDEIROS, R. D.; SILVA, P. R. V. P.; SMIDERLE, O. J.; MOURÃO JÚNIOR, M. **Técnicas de manejo para o cultivo do caupi em Roraima**. Circular Técnica 03. Boa Vista, RR, Dezembro de 2002.

MALAVOLTA, E.; ALCARDE, J. C.; PIMENTEL-GOMES, F. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2000. 200 p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 355 p.

MEDEIROS, G. A.; ARRUDA, F.B.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; BONI, N.R. Crescimento vegetativo e coeficiente de cultura do feijoeiro relacionados a graus-dia acumulados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9. p.1733-1742, 2000.

MENEZES, P. E. S.: Fluorescência da clorofila a e variação da simetria como ferramentas de investigação de plantas sob estresse. **Idesia** [online], vol.29, n.3, p. 45-52, 2011. ISSN 0718-3429. Acesso em: 26/11/2015.

MORAES, W. B. et al. Seleção de genótipos de feijoeiro à seca. **Idesia**, Chile, v.28, n.2, p. 53-59, 2010.

NASCIMENTO, J.T.; PEDROSA, M.B.; TAVARES SOBRINHO, J. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.174-177, abril-junho 2004.

NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J.R.B.; OYA, T. Tolerância á seca em plantas. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, v.23, p.12-18, 2001.

OLIVEIRA, G. A.; ARAÚJO, W. F.; CRUZ, P. L. S.; SILVA, W. L. M.; FERREIRA, G. B. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.4, p.872-882, 2011.

PACE, Bernardo, CANTORE, Vito. Colture in pien'aria: una protezione in più con il caolino. **Colture Protette**, v.38, n.1. p. 75–82, 2009.

PIRES, C. V.; OLIVEIRA, M. A. G.; CRUZ, G. A. D. R.; MENDES, F. Q.; De REZENDE, S. T.; MOREIRA, M. A. Composição físico-química de diferentes cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentação e Nutrição**, v. 16, n. 2, p. 157-162, abr./jun., 2005.

- PIMENTEL, C. e HÉBERT, G. Potencial fotossintético e condutância estomática em espécies de feijão caupi sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, n.1, p.7-11, 1999.
- PHOGAT, B. S.; SINGH, D. P.; SINGH, P. Responses of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) and Mung Bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) to irrigation. II. Effects on CO₂ exchange, radiation characteristics and growth. **Irrigation Science**, v.5, p.61-72, 1984.
- QUIN, F. M. Introduction. In: Sing, B. B.; Mohan Raj, D. R.; Dashiell, K. E.; Jackai, L. E. N. (Eds.). **Advances in cowpea research**. Ibadan: IITA-JIRCAS, p.9-15, 1997.
- RAVEN P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. Movimento de água e soluto nas plantas. In: **Biologia Vegetal**. 6^a ed. Rio de Janeiro: Guanagara Koogan, 2001. 720p.
- RIBEIRO, N. D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; POERSCH, N. L.; ROSA, S. S. da. Padronização de metodologia para avaliação do tempo de cozimento dos grãos de feijão. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 335-346, 2007.
- SABOYA, R. C. C.; BORGES, P. R. S.; SABOYA, L. M. F.; MONTEIRO, F. P. R.; SOUZA, S. E. A.; SANTOS, A. F.; SANTOS, E. R. Response of cowpea to inoculation with nitrogen-fixing strains in Gurupi-Tocantins State. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.4, n.1, p.40-48, 2013.
- SANTOS, B. M.; SALAME-DONOSO, T. P.; WHIDDEN, A. J. Reducing sprinkler irrigation volumes for strawberry transplant establishment in Florida. **HortTechnology**, v.22, n.2, p. 224–227, 2012.
- SCHROEDER, K. R.; JOHNSON, M.A. Response of container-grown *Acer rubrum* and *Quercus rubra* to foliar application of a kaolin particle film. **Research Conference**, v.49, p. 27–30, 2004.
- SINGH, B. B.; EHLERS, J. D.; SHARMA, B.; FREIRE FILHO, F. R. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKUN, C. A.; TARAWALI, S. A.; SINGH, B. B.; KORMAWA, P. M.; TAMÒ, M. (Eds.). **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan, Nigéria: IITA, 2002. p. 22-40.
- SINGH, SK, RAJA, RK. Regulation of photosynthesis, fluorescence, stomatal conductance and water-use efficiency of cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) under drought. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v.105, 40–50, 2011.
- SINGH, S. K.; KAKANI, V. G.; SURABHI, G. K.; RAJA, K. R. Cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) genotypes response to multiple abiotic stresses. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**. v.100, n. 3, p. 135–146, 2010.
- SINGH, S. P. Selection for water-stress tolerance in interracial populations of common bean. **Crop Science**, v. 35, p. 118-124, 1995.
- SHELLIE, K; GLENN, D.M. Wine grape response to kaolin particle film under deficit and well-watered conditions. **Acta Horticulture**. v.792, p. 587–591, 2008.

SHELLIE, K; KING, B. A. Kaolin particle film and water deficit influence red winegrape color under high solar radiation in an arid climate. **Society for Enology and Viticulture**. v. 64, p, pp. 214-22, 2013.

SHELLIE, K; KING, B. A. Kaolin-based foliar reflectant and water deficit influence Malbec leaf and berry temperature, pigments, and photosynthesis. **American Society for Enology and Viticulture**. v. 64, p. 223–230, 2013.

SILVA, A. R. F. da S., **Componentes de Produção e Fisiológicos em ecótipos de Vigna Sob Reposição Hídrica**. Dissertação (mestrado)- Universidade Estadual da Paraíba. Agrobioenergia e Agricultura Familiar. CAMPINA GRANDE – PB, 2014.

SILVA, C. D. S.; SANTS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; JUNIOR, C. D. S. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v. 23, p. 7-13, 2010.

SILVA, F. L. S. **Efeitos de estresses bióticos sobre os parâmetros ecofisiológicos e componentes de produção de quatro variedades de cana-de-açúcar**. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristovão- Se. 2015.

SOUZA, R. P.; MACHADO, E. C.; SILVA, J. A. B.; LAGOA, A. M. M. A.; SILVEIRA, J. A. G. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery., v.51, n.1, p.45-56, 2004.

TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 819 p.

TEIXEIRA, I. R.; SILVA, G. C.; OLIVEIRA, J. P. R.; SILVA, A. G.; PELÁ, A. Desempenho agrônômico e qualidade de sementes de cultivares de feijão-caupi na região do cerrado. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, n.2, p.300-307, 2010.

TEZARA, W.; MITCHELL, V.J.; DRISCOIL, S.D.; LAWLOR, D.W. Water stress inhibits plant photosynthesis by decreasing coupling factor and ATP. **Nature**, 1999.v.401: 914-917.

TEÓFILO, E. M., DUTRA, A.S., PITIMBEIRA, J. B., DIAS, F. T. C. & BARBOSA, F. S. Potencial fisiológicos de sementes de feijão caupi produzidas em duas regiões do estado do Ceará. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 39, n.3, p.443-448, 2008.

TURK, K.J.; HALL, A.E. Drought adaptation of cowpea. III. Influence of drought on plant growth and relations with seed yield. **Agonomy Journal**, v.72, p.428-433, 1980.