



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS IV – CATOLÉ DO ROCHA - PB
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E AGRÁRIAS
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

ANTONIO MICHAEL PEREIRA BERTINO

**CRESCIMENTO E TROCAS GASOSAS EM QUIABEIRO SOB LÂMINAS DE
IRRIGAÇÃO, ADUBAÇÃO ORGÂNICA E COBERTURA DO SOLO**

**CATOLÉ DO ROCHA – PB
2014**

ANTONIO MICHAEL PEREIRA BERTINO

**CRESCIMENTO E TROCAS GASOSAS EM QUIABEIRO SOB LÂMINAS DE
IRRIGAÇÃO, ADUBAÇÃO ORGÂNICA E COBERTURA DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura Plena em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita.

Coorientadora: MSc. Emanoela Pereira de Paiva.

Catolé do Rocha – PB
Julho – 2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

B544c Bertino, Antonio Michael Pereira.
Crescimento e trocas gasosas em quiabeiro sob lâminas de irrigação, adubação orgânica e cobertura do solo [manuscrito] : / Antonio Michael Pereira Bertino. - 2014.
22 p.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Humanas e Agrárias, 2014.
"Orientação: Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita, Departamento de Agrárias e Exatas".

1. Abelmoschus esculentus. 2. Trocas gasosas. 3. Lâminas de irrigação. 4. Cobertura morta. I. Título.

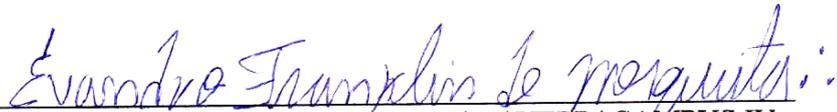
21. ed. CDD 635.648

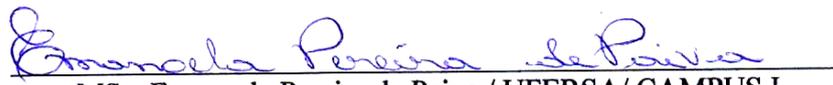
ANTONIO MICHAEL PEREIRA BERTINO

CRESCIMENTO E TROCAS GASOSAS EM QUIABEIRO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO, ADUBAÇÃO ORGÂNICA E COBERTURA DO SOLO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura Plena em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Agrárias.

Aprovada em 25/07/2014.


Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita / UEPB/ CAMPUS IV
Orientador


MSc. Emanoela Pereira de Paiva / UFERSA/ CAMPUS I
Coorientadora


Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante / UEPB/ CAMPUS II
Examinador


Prof. Dr. Raimundo Andrade / UEPB/ CAMPUS IV
Examinador

CRESCIMENTO E TROCAS GASOSAS EM QUIABEIRO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO, ADUBAÇÃO ORGÂNICA E COBERTURA DO SOLO

ANTONIO MICHAEL PEREIRA BERTINO¹

Graduando em Licenciatura Plena em Ciências Agrárias

RESUMO

A área foliar e as trocas gasosas, aos 60 dias após a semeadura, foram avaliadas em plantas do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). Cultivadas sob lâminas de irrigação, doses de matéria orgânica e cobertura morta do solo. As atividades foram desenvolvidas, em 14/01/2014, na área experimental do Centro de Ciências Humanas e Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba, Campus IV, Catolé do Rocha-PB. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 2 x 5 x 2 com quatro repetições, empregando lâminas de irrigação correspondentes a 100 e 50% da evapotranspiração da cultura (ETc), cinco doses de esterco bovino de relação C/N = 18:1, de modo a elevar o teor de matéria orgânica que o solo possui de 1,8 para 2,8; 3,8; 4,8 e 5,8%, no solo com e sem cobertura morta com restos culturais de salsa brava (*Ipomoea asarifolia*), em camada com 5 cm de espessura. Pelos resultados, o aumento dos níveis de matéria orgânica no solo estimulou o crescimento pela área foliar e a atividade fisiológica das plantas do quiabeiro. A irrigação com a menor lâmina de água inibiu a expansão da área foliar, mas proporcionou maior eficiência nas trocas gasosas do quiabeiro. A cobertura morta amenizou os efeitos da redução da lâmina de água de irrigação e estimulou atividade de trocas gasosas do quiabeiro.

PALAVRAS-CHAVE: *Abelmoschus esculentus*. Trocas gasosas. Lâminas de irrigação, Cobertura morta.

¹ Ampbantonio@gmail.com

GROWTH AND GAS EXCHANGE IN OKRA UNDER BLADES IRRIGATION ,FERTILIZATION ORGANIC AND SOIL COVER

ABSTRACT

The foliar area and the gas exchange, to 60 days after sowing, were evaluated in plants of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). Cultivated under irrigation blades, doses of organic matter and mulch the soil. The activities were developed, in 14/ 01/ 2014, in the experimental area of center of Humanities and Agrarian at the State University of Paraíba, Campus IV-Catolé do Rocha PB. The treatments were distributed in factorial scheme 2 x 5 x 2 with four repetitions, employing irrigation slides corresponding to 100 and 50% of the crop evapotranspiration (ETc), five doses of cattle manure of C/N ratio = 18: 1 in order to raise the organic matter content of the soil possesses of 1.8 to 2.8; 3.8; 4.8 and 5.8% in the soil with and without mulching with cultural remains of salsa brave (*Ipomoea asarifolia*), layered with 5 cm thick. The results, the increased levels of organic matter in the soil stimulated by leaf area growth and physiological activity of okra plants. Irrigation with the smallest blade water inhibited the expansion of leaf area, but provided greater efficiency in gas exchange of okra. The mulch softened the effects of the reduction in irrigation water slide and stimulated activity of gas exchange of okra.

KEYWORDS: *Abelmoschus esculentus*. Gas exchange. Blades Irrigation, Mulching

1. INTRODUÇÃO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench), é uma olerícola muito popular em regiões de clima tropical e subtropical, é pertencente à família das Malváceas, devido à rusticidade das plantas e principalmente à tolerância ao calor e ser uma cultura de fácil manejo (OLIVEIRA et al., 2003). Essa cultura inclui-se como um alimento popular de alto valor nutricional, com grande aceitação no mercado, sendo os pequenos produtores os maiores responsáveis por toda a sua produção brasileira (PAES et al., 2012). Estima-se que a produção mundial de quiabo é cerca de 5 a 6 milhões de toneladas por ano. Isso representa cerca de 1,5 por cento da produção mundial total de vegetal. A Índia é o maior produtor de quiabo, cobrindo uma área de 3,8 cem mil hectares com uma produção anual de 36,84 cem mil toneladas são as palavras de Gangashetty (2010 apud MURALIDHARAN e RAJENDRAN, 2013, p 41). O Brasil caracteriza-se como um país de adequadas condições para o cultivo da grande maioria das hortaliças de interesse econômico, inclusive, o quiabeiro. No entanto, essa cultura como muitas outras, é dependente da irrigação como meta de produções economicamente viáveis para todas as regiões produtoras do Brasil (NASCIMENTO et al., 2013).

De acordo com Al-Harbi et al. (2008), em condições de altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar, o uso racional da irrigação constitui fundamental fator para se obter elevada produtividade de frutos, tendo em vista que o estresse hídrico, seja por déficit ou excesso, pode comprometer a capacidade produtiva da cultura do quiabeiro (ABD EL-KADER et al., 2010). Em função da crescente preferência pelo consumidor, tem-se registrado expressiva expansão da cultura do quiabeiro em todo o Brasil, principalmente nos Estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Sergipe (CAVALCANTE et al., 2010). Essa expansão expressa à necessidade de estudos que reportem o manejo da irrigação do quiabeiro, como também uso de tecnologias que minimizem os efeitos do estresse hídrico, de modo a promover crescimento e rendimentos com viabilidade econômica.

No que se refere ao manejo de irrigação, a base para a quantificação da água a ser aplicada em uma determinada cultura está comumente associada à capacidade de campo da superfície do solo e da vegetação de perder água para a atmosfera. A forma usual de se quantificar a água a ser aplicada ao longo do ciclo da cultura, é considerar os processos de evaporação do solo e de transpiração da planta conjuntamente, no que se denomina evapotranspiração (SILVA & RAO, 2006). O qual pode ser alterado com utilização de práticas, para reduzir as perdas hídricas por evaporação. A cobertura morta da superfície do

solo, com material vegetal ou plástico mantém o solo mais úmido, menos aquecido e reduz os efeitos das perdas hídricas por evaporação (TEÓFILO et al., 2012). Reduzindo com isso os efeitos do déficit hídrico sob as plantas. Como também a adição de material orgânico ao solo, haja vista que a mesma também atua na retenção de água no solo, além de contribuir para a nutrição da planta.

Cavalcante et al. (2010) trabalhando com adubação orgânica no quiabeiro observaram que o esterco de frango proporcionou maiores teores foliares de cálcio, fósforo e magnésio, o esterco de caprino maior acumulação de potássio e o esterco de bovino mais nitrogênio nas folhas do quiabeiro. Essa informação está em acordo com Oliveira et al. (2013) ao concluírem que o esterco bovino pode ser utilizado como fertilizantes orgânicos alternativos ao quiabeiro. Os autores relatam respostas satisfatórias de produção da cultura com o emprego do esterco bovino nas doses de 60 t ha⁻¹. Todavia, a elevação do teor de matéria orgânica do solo ainda não foi foco de pesquisa para a cultura.

Uma das principais formas de avaliar as respostas de plantas sob diferentes condições de disponibilidade hídrica são os parâmetros de trocas gasosas. Haja vista, cerca de 90% da produção biológica das plantas ocorre em resposta à atividade fotossintética (FLOSS, 2004). E que aumento na resistência estomática pode ocasionar diminuição na fotossíntese líquida (AMARAL et al. 2006). Desse modo, as trocas gasosas constituem-se em importante ferramenta na determinação de adaptação e estabilidade de plantas às determinadas condições ambientais.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a área foliar e as trocas gasosas das plantas do quiabeiro em função de diferentes laminas de irrigação, níveis de matéria orgânica aplicados e cobertura morta do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no período de novembro/2013 a abril/2014, na Universidade Estadual da Paraíba, Campus IV, no Setor de Agroecologia, situado no município de Catolé do Rocha (6°20'38"S, 37°44'48"W e altitude de 270 m), Paraíba, Brasil. O clima da região é do tipo BSw'h', segundo classificação de Köppen, caracterizado por um clima semiárido quente, com duas estações distintas, uma chuvosa com precipitação irregular e outra sem precipitação. A precipitação média anual é de 800 mm, temperatura média de 27°C com período chuvoso concentrando-se entre os meses de fevereiro a abril. As variáveis

climáticas no local do ensaio durante a condução do experimento, obtidas na estação meteorológica da UEPB, Campus IV, foram: velocidade do vento ($5.570,32 \text{ m s}^{-1}$) temperatura do ar 31°C , do solo protegido com cobertura morta 28°C e descoberto 35°C , umidade relativa do ar 80% e pluviosidade 416 mm. O solo foi classificado como Neossolo Flúvico Eutrófico (EMBRAPA, 2011) e nos primeiros 20 cm de profundidade apresenta 661; 213, 126 e 42 g kg^{-1} de areia, silte, argila total e argila dispersa em água ou argila natural, densidade do solo e de partículas: 1,51 e $2,76 \text{ g cm}^{-3}$, respectivamente, com porosidade total de $0,45 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Os valores de umidade ao nível de capacidade de campo, ponto de murchamento permanente e água disponível são de 23,52; 7,35 e 16,17%, respectivamente. Quanto à caracterização química, o solo na mesma profundidade possuía: $\text{pH} = 7,02$; P e K = 53 e 297 mg dm^{-3} ; $\text{Na}^+ = 0,3$; $\text{Ca}^{2+} = 4,63$; $\text{Mg}^{2+} = 2,39$; $\text{Al}^{3+} = 0,0$, $\text{H}^+ = 0,0$ e $\text{CTC} = 8,08 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente; saturação por bases $V = 100\%$ e $\text{MO} = 1,8\%$, obtidos empregando as metodologias sugeridas por EMBRAPA (2011).

O semeio foi no dia 15/11/2013, colocando 5 sementes por cova da cultivar Santa Cruz 47, efetuado o desbaste quando as plantas estavam com três folhas definitivas no dia 04/12/2013, deixando uma planta por cova. O espaçamento adotado foi de 1 metro entre linhas e 0,4 metros entre plantas. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial $2 \times 5 \times 2$, referentes a duas lâminas (100% e 50% ETC), cinco níveis de matéria orgânica no solo (1,8; 2,8; 3,8; 4,8 e 5,8%) e com e sem cobertura morta utilizando restos vegetais de salsa (*Ipomoea asarifolia*) com camada de 5 cm de espessura, com quatro repetições, perfazendo 80 parcelas. Dessa forma, cada parcela representa um tratamento que foi constituído por três linhas com 3,2 m de comprimento e 2 m de largura, espaçadas de 1 m, com área de $6,4 \text{ m}^2$. Cada linha com nove plantas totalizando 27 por parcela.

As covas foram abertas nas dimensões de 30 cm x 30 cm x 30 cm e foram preparadas com material de solo dos primeiros 30 cm, juntamente com esterco bovino (Tabela 1) de relação C/N de 18:1 nos respectivos valores para elevar o teor de matéria orgânica do solo de 1,8; para 2,8; 3,8; 4,8 e 5,8% do teor de matéria orgânica do solo e com a dosagem de superfosfato simples de 16 g cova^{-1} calculada de acordo com o teor existente no solo, conforme Ribeiro et al. (1999).

Tabela 1. Caracterização química do esterco bovino, como fonte de matéria orgânica.

pH	N	P	K	Ca	Mg	Na	M.O	C/N
H ₂ O	kg^{-1} mgdm^{-3} $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$	%	
8,47	21,26	924	503	8,30	3,17	14,4	66,66	18:1

M.O= Matéria orgânica

A quantidade de matéria orgânica incorporada ao solo com densidade global de 1,51 g dm⁻¹ em covas com 27 L (27.000 cm³) e o teor de matéria orgânica do esterco bovino de 506 g kg⁻¹. $M = (DMA - DMOEX) Vc * Dg / TMOEB$ eq. 01

Onde, M= quantidade de matéria orgânica a ser aplicado por cova (g kg⁻¹); DMA= Dose de matéria orgânica a ser elevada (g kg⁻¹); DEMOX= Dose de matéria orgânica existente no solo (g kg⁻¹); TMOEB = Teor de matéria orgânica existente no esterco bovino (g kg⁻¹).

Tabela 2. Valores de cada dose de matéria orgânica aplicada às covas.

Dose de MOS (%)	Valor g cova ⁻¹
1,8*	569,76*
2,8	886,30
3,8	1.772,61
4,8	2.658,92
5,8	3.545,22

* = Valor encontrado no solo

A adubação de formação e produção da cultura foi feita em função da análise do solo aos vinte, quarenta e sessenta dias após a semeadura. O nitrogênio foi fornecido na dose mínima de 4g cova⁻¹ oriundo do sulfato de amônio, e o potássio, oriundo de KCl ao nível de 3 g de cloreto de potássio, nas respectivas idades das plantas.

O suprimento hídrico das plantas foi feito com base na evapotranspiração da cultura-ETc, obtida do produto da evaporação de tanque classe “A” do dia anterior x 0,75 para quantificação da evapotranspiração de referência - ETo, em seguida multiplicada pelo coeficiente de cultura nos respectivos períodos, fornecendo-se através do método localizado com sistema por gotejamento com vazão 8,5 L h⁻¹. O experimento foi dividido em duas áreas, correspondente a cada lâmina de irrigação, controlando o tempo de fornecimento de água por cronômetro e de registros de passagem. O monitoramento da irrigação (MANTOVANI et al., 2009) foi da seguinte forma:

LLD = ETo X Kc; LLD = lâmina diária dia; ETo = Evapotranspiração de referência, em mm; Kc = Kc da cultura, NDI= ETc*AE(P/100); NDI = litros por planta dia, AE= espaçamento entre plantas, Vazão por planta (L/H/planta) = q*(AP/AE), q = vazão do emissor, AP = área da planta, AE = espaçamento entre plantas, Tempo de irrigação (L/H/planta)= NID*(7/J)/Q; J= jornada de trabalho semanal, Q= vazão por planta.

Aos 60 dias após o plantio (DAP) foram determinadas as trocas gasosas nas folhas completamente desenvolvidas, no período de 8:00 às 10:00 horas da manhã, quando determinou-se a concentração interna de CO₂ (Ci) (μmol m⁻² s⁻¹), transpiração (E) (mmol de

$\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). De posse desses dados, foram quantificadas a eficiência no uso da água (EUA) (A/T) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação Φ_c (A/C_i) (KONRAD et al., 2005). Para as medições, utilizou-se o equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda, com fonte de luz constante de $1.200 \mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e concentração de CO_2 a $370 \mu\text{mol mol}^{-1}$.

A área foliar foi estimada em seis folhas fotossinteticamente de três plantas centrais de cada uma das três linhas, aos 60 DAP, pelo método não destrutivo através do produto do comprimento-C pela maior largura-L (Santos et al., 2005). De cada planta foi colhida a folha mais expandida das seis avaliadas para obtenção da área real com diferenciador e dividida pela área estimada ($C \times L$) o valor obtido é o fator de correção que foi multiplicado pela área estimada para obtenção da área mais provável das plantas.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância. As variáveis qualitativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e as quantitativas por meio de análise de regressão. As análises foram realizadas pelo programa computacional Sistema para Análise de Variância – SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2003).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As interações entre lâminas de irrigação, níveis de matéria orgânica e cobertura morta do solo, lâminas de irrigação e cobertura morta solo e lâminas de irrigação e matéria orgânica adicionada ao solo não exerceram efeitos significativos sobre nenhuma das variáveis avaliadas (Tabela 3). As interações entre níveis de matéria orgânica e cobertura do solo interferiram significativamente na concentração interna de CO_2 (C_i), transpiração das plantas (E), condutância estomática (g_s), eficiência do uso da água (EUA) e a eficiência instantânea de carboxilação (Φ_c). A área foliar (AF) respondeu aos efeitos isolados das lâminas de irrigação, dos níveis matéria orgânica do solo e a taxa de assimilação de CO_2 (A) à ação isolada dos níveis de matéria orgânica do solo.

(Tabela 3). Observou-se efeito isolado do teor de matéria orgânica no solo ao nível de 1% de probabilidade ($p \leq 0,01$) para as variáveis de taxa de assimilação de CO_2 e eficiência no uso da água (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância, pelo quadrado médio, referentes a área foliar (AF) concentração interna de CO₂ (Ci) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de assimilação de CO₂ (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência no uso da água (EUA) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação (Φ_c) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}]$] e área foliar (AF) (cm^2) das plantas do quiabeiro aos 60 dias após o plantio em função de diferentes lâminas de irrigação, cobertura do solo e teores de matéria orgânica no solo. Catolé do Rocha-PB, 2014.

FV	GL	Quadrado médio						
		Ci	E	gs	A	EUA	Φ_c	AF
L	1	9923,51**	0,544*	0,1361**	0,03 ^{ns}	1,22 ^{ns}	0,00159*	47503527,42*
C	1	3524,51**	0,131 ^{ns}	0,0080 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,00085 ^{ns}	3581479,45 ^{ns}
M	4	1823,33**	0,238*	0,0650**	71,88**	4,42**	0,00241**	58536971,91**
LxC	1	103,51 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	3,02 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,00004 ^{ns}	279063,59 ^{ns}
LxM	4	1039,79 ^{ns}	0,025 ^{ns}	0,0081 ^{ns}	9,01 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,00053 ^{ns}	5435610,35 ^{ns}
MxC	4	2978,10**	0,675**	0,0184*	9,02 ^{ns}	2,44**	0,00133**	1598428,42 ^{ns}
LxMxC	4	545,29 ^{ns}	0,023 ^{ns}	0,0035 ^{ns}	4,27 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,00032 ^{ns}	18325630,13 ^{ns}
Bloco	3	5667,37**	6,570**	0,0770**	6,73 ^{ns}	22,34**	0,00064 ^{ns}	14296485,38 ^{ns}
Resíduo	57	428,04	0,091	0,0052	5,63	0,63	0,00036	9632140,36
CV (%)		9,67	9,05	20,33	12,74	13,96	21,12	41,75
Média Geral		213,91	3,35	0,35	18,64	5,73	0,089	7434,28

*, ** e ^{ns} significativo a 1 e a 5% de probabilidade e não significativo respectivamente; FV= fonte de variação; GL= grau de liberdade; CV= coeficiente de variação.

A área foliar aumentou com o aumento das lâminas de irrigação às plantas e os níveis de matéria orgânica aplicada ao solo (Figura 1). A redução das lâminas de irrigação comprometeu a expansão da área foliar de 8.204,8 para 6.663,7 cm^2 com perdas de 18,78% entre as plantas irrigadas com 100% e 50% da ETc (Figura 1A). Esse aumento é efeito da maior disponibilidade hídrica do solo às plantas, como indicado na (Figura 3). O aumento dos níveis de matéria orgânica promoveu crescimento linear da área foliar do quiabeiro, ao nível de 1.159,6 cm^2 para cada aumento de 1% no teor de matéria orgânica do solo (Figura 1B). Como observado também para a taxa de assimilação líquida (Figura 5) o aumento do teor de matéria orgânica no solo favoreceu a maior síntese de fotossintatos ou fotoassimilados, possivelmente por manter o solo mais úmido, com efeito, resultando em maior disponibilidade de nutrientes às plantas, estimulando o crescimento vegetativo, inclusive a área foliar do quiabeiro (Figura 1B), como indicado pela eficiência do uso da água (Figura 6).

A

B

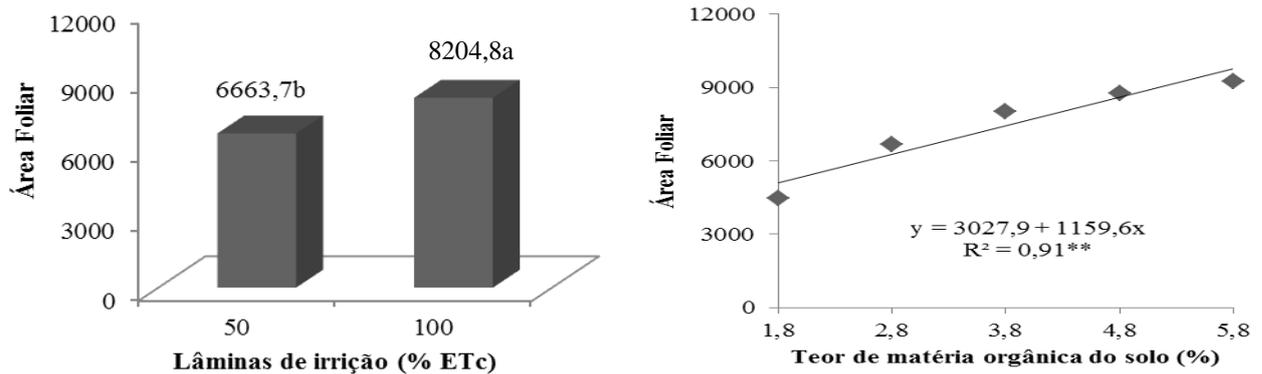


Figura 1. Área foliar (AF) (cm²) das plantas do quiabeiro, aos 60 dias após o plantio, em função das lâminas de irrigação (A) e dos níveis de matéria orgânica no solo (B). Catolé do Rocha-PB, 2014.

* Letras diferente entre si Tukey a 5% de probabilidade.

A redução da lâmina de irrigação de 100 para 50% da ETC reduziu a concentração interna de CO₂ em 10,2% (Figura 2A). Esse declínio é resposta do fechamento estomático como medida de proteção e, com efeito, reduz o influxo de CO₂ na câmara subestomática já que foi constatadas reduções significativas na condutância estomática das plantas cultivadas sob essa mesma lâmina de irrigação. Como também no aumento da atividade da ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase (rubisco) (MACHADO et al., 2005), aumentando com isso o consumo de CO₂ já que foi verificado maior eficiência da carboxilação nas plantas cultivadas sob a lâmina de 50% da ETC. Dessa forma acredita-se que o fechamento dos estômatos associado a maior atividade da rubisco reduz diretamente a concentração interna de CO₂.

Observa-se na (Figura 2B), que as plantas cultivadas sem a cobertura morta aumento na concentração interna de CO₂. Observa-se ainda que nas plantas cultivadas sem cobertura morta que quando cultivada em solo com teor de matéria orgânica superior a 2,96% houve reduções na concentração interna de CO₂, possivelmente em função do aumento na atividade fotossintética das plantas, visto que se verificou resposta linear crescente na eficiência instantânea da carboxilação, em função do teor de matéria orgânica no solo (Figura 6B). Esse aumento está relacionado ao maior suprimento nutricional fornecido as plantas do quiabeiro, como também da maior retenção de água no solo contendo os maiores teores de matéria orgânica.

Para as plantas do quiabeiro cultivadas com cobertura morta observou reduções na concentração interna de CO₂ até o nível de 3,65% de matéria orgânica (Figura 2B). As reduções corroboram com o aumento da eficiência instantânea da carboxilação (Figura 6B), implicando em maior atividade da rubisco. O aumento da rubisco associada à redução da condutância estomática observada nas plantas cultivadas sob os menores teores de matéria

orgânica (Figura 3B) reduziram o influxo de CO_2 para dentro da cavidade subestomática, afetando a concentração interna de CO_2 (Figura 2B). Todavia, nas plantas cultivadas em solo contendo mais 3,65% de matéria orgânica, observou-se um aumento da concentração interna de CO_2 , possivelmente em função do aumento da disponibilidade hídrica no solo o que favoreceu ao aumento da atividade estomática, e em função da abertura dos estômatos o maior influxo de CO_2 e consequentemente maior C_i (Figura 2B).

Observa-se que quando cultivadas com a cobertura morta as plantas apresentam nos níveis mais baixos de matéria orgânica no solo, maior consumo de CO_2 e maior eficiência instantânea da carboxilação. Denotando-se com isso que a cobertura morta consiste em uma alternativa viável para o cultivo do quiabeiro em regiões semiáridas, reduzindo inicialmente os gastos com aplicação de fertilizantes e contribuindo para maior eficiência fisiológica das plantas.

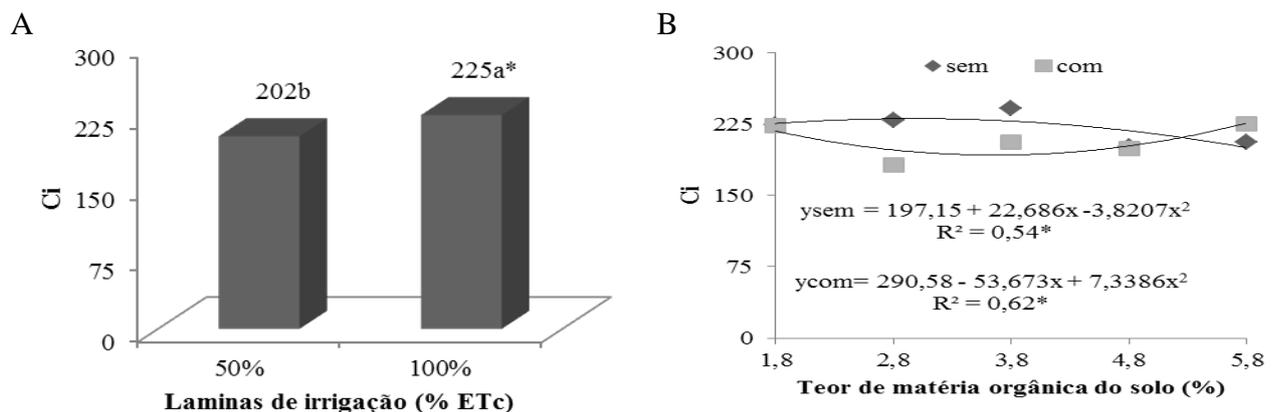


Figura 2. Concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em quiabeiro aos 60 dias após o plantio em função de lâminas de irrigação (A), e de nível de matéria orgânica no solo (B) com e cobertura morta. Catolé do Rocha-PB, 2014.

* Letras diferente entre si Tukey a 5% de probabilidade.

A redução da lâmina de irrigação de 100 para 50% da ETC provocou aumento da transpiração das plantas de 3,26 para 3,43 $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ com superioridade de 5,2% (Figura 3A). Apesar da maior abertura dos estômatos, expressa pela condutância estomática ter sido verificada nas plantas irrigadas com 100% da ETC em relação às irrigadas com 50% da ETC (Figura 4A), possivelmente em função da menor disponibilidade de água no solo limitando a absorção de água e nutrientes. De outro modo, o aumento da transpiração, está relacionada à diminuição do estresse térmico sob a planta (TAIZ & ZEIGER, 2013; BRITO et al., 2012).

Os dados da transpiração das plantas cultivadas no solo sem cobertura morta não se ajustaram a nenhum modelo de regressão, por isso, foram e representados pela média de 3,386 ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) independente do teor de matéria orgânica. Por outro lado, no solo com cobertura morta, a adição da matéria orgânica estimulou um aumento linearmente a transpiração das plantas em 0,177 ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) por aumento unitário do insumo orgânico para cada 1% do teor (Figura 3B). Esse aumento é resposta da maior disponibilidade hídrica do solo às plantas, devido a redução das perdas por evaporação, em função da cobertura do solo.

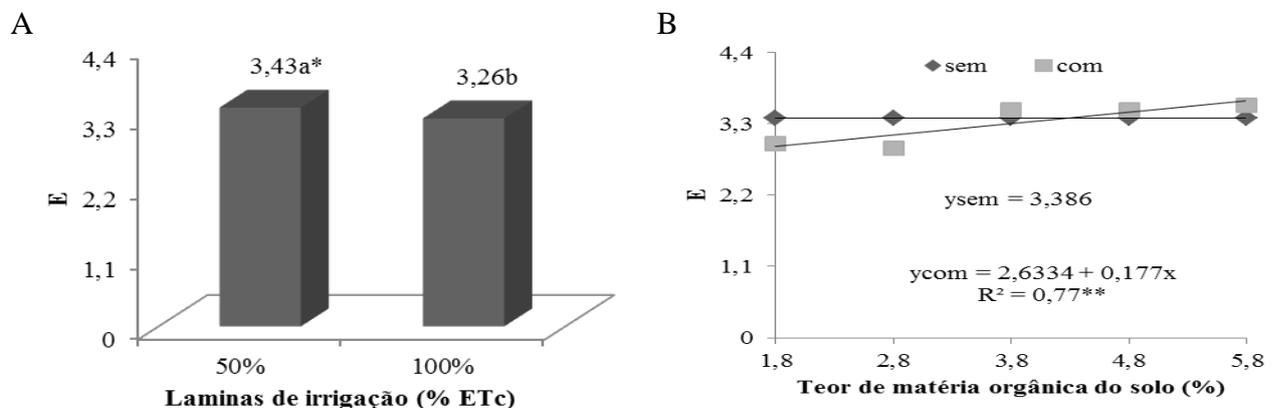


Figura 3. Transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) das plantas do quiabeiro aos 60 dias após o plantio em função de diferentes lâminas de irrigação (A) e teores de matéria orgânica no solo (B). Catolé do Rocha-PB, 2014.

* Letras diferente entre si Tukey a 5% de probabilidade.

A redução da lâmina de irrigação inibiu a condutância estomática de 0,39 para 0,31 $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ com declínio de 20,5% entre as plantas irrigadas com 100 e 50% da evapotranspiração do quiabeiro (Figura 4A). Possivelmente esse resultado está relacionado ao fato de que as plantas sob a lamina de 100% da ETc apresentam uma maior disponibilidade hídrica, o que não restringe ou restringe de forma menos acentuada a abertura estomática. Todavia esses resultados estão relacionadas à menor área foliar observada nas plantas cultivadas sob a lâmina de irrigação de 50% da ETc, que pode ser tido como um mecanismo da espécie mesmo sob condições de menor disponibilidade hídrica água para reduzir a agressividade do estresse hídrico (Figura 1A). Tendo em vista que os estômatos são responsáveis por regular a atividade de trocas gasosas (SHIMAZAKI et al., 2007), acredita-se que não houve restrição hídrica, em função de não ter sido observado efeito significativo do

fator lâmina de irrigação para a taxa de assimilação de CO₂ e nem para eficiência no uso da água (Tabela 5 e 6).

As plantas cultivadas no solo sem cobertura morta observou-se um aumento da condutância estomática em função do aumento do teor de matéria orgânica no solo de forma linear e crescente com aumento de 0,023(mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) em resposta ao acréscimo unitário do teor de matéria orgânica no solo (Figura 3B). Essa resposta pode estar relacionada com o aumento da disponibilidade de água as plantas, em função da retenção da mesma pela matéria orgânica do solo, favorecendo dessa maneira a abertura estomática e o aumento da atividade fotossintética e da eficiência do uso da água (Figura 4 e 5). Constata-se para as plantas cultivadas com cobertura comportamento lineares crescente da condutância estomática, com aumento unitário de 0,048 (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) em função do teor de matéria orgânica no solo, todavia, os resultados obtidos nesse sistema de cultivo foram inferiores aos observados no cultivo sem cobertura nos primeiros três níveis de matéria orgânica (1,8, 2,8 e 3,8%), superando a partir do quarto nível estudado (4,8) (Figura 3B). Possivelmente o aumento do teor de matéria orgânica tenha servido de estímulo para as plantas no tratamento sem cobertura, em função da maior disponibilidade de água e nutrientes nos primeiros níveis de matéria orgânica (1,8, 2,8 e 3,8%), o que não ocorre nas plantas cultivadas no solo com cobertura possivelmente em função da abundante disponibilidade de água no solo em relação ao solo sem cobertura, dessa forma o aumento da condutância estomática desses tratamentos tenha sido em função da necessidade da absorção de nutrientes para aumentar a atividade fotossintética das plantas (Figura 3B), já que foi observada resposta positiva da taxa de assimilação de CO₂ em função do aumento da matéria orgânica do solo (Figura 4).

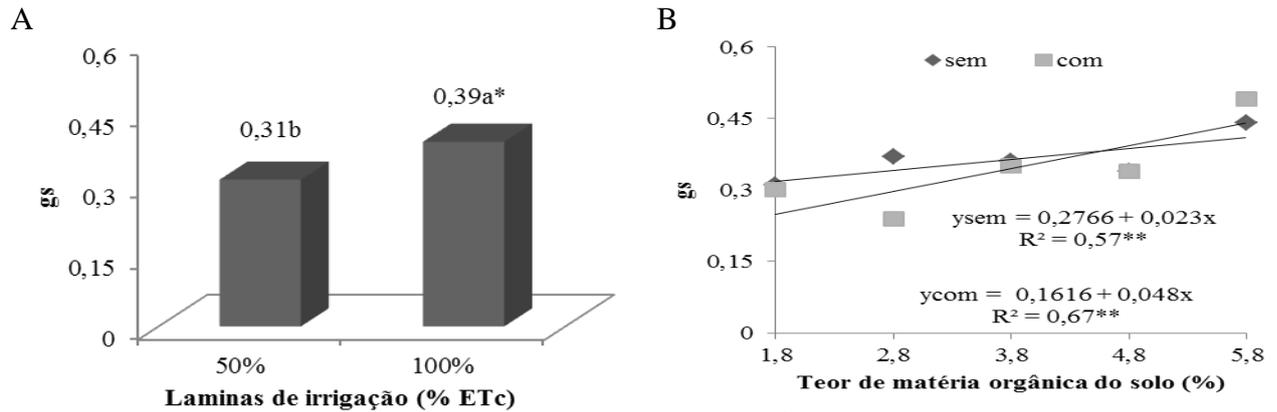


Figura 4. Condutância estomática (g_s) (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) das plantas do quiabeiro aos 60 dias após o plantio em função de diferentes lâminas de irrigação (A= 50% e B= 100% ETc), cobertura do solo e teores de matéria orgânica no solo. Catolé do Rocha-PB, 2014.

Quanto à taxa de assimilação de CO₂, verifica-se influência significativa apenas do teor de matéria orgânica do solo, influência esta linear crescente com aumento unitário de 1,315 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) para cada aumento de 1% no teor de matéria orgânica do solo (Figura 5). Possivelmente esses resultados se dão em função do maior aporte de nutrientes fornecidos a planta via matéria orgânica, principalmente nitrogênio e potássio favorecendo a síntese de fotoassimilados pelas plantas do quiabeiro e com isso proporcionando um maior crescimento vegetal, haja em vista o comportamento linear crescente da área foliar das plantas do quiabeiro em função do teor de matéria orgânica do solo (Figura 1B). Observa ainda que os valores observados para taxa de assimilação de CO₂ do quiabeiro situaram-se em 16,06 e 21,43 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), valores normais para plantas C₃ (TAIZ & ZEIGER, 2013).

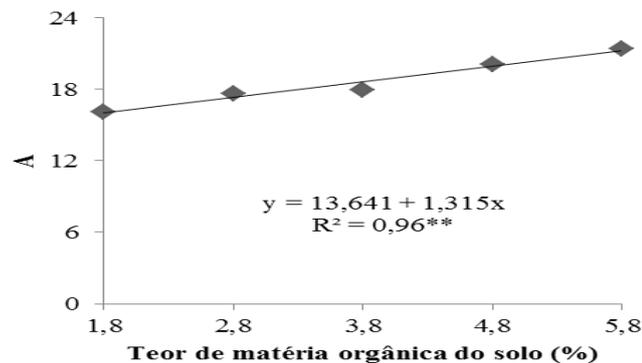


Figura 5. Taxa de assimilação de CO₂ (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) das plantas do quiabeiro aos 60 dias após o plantio em função de diferentes lâminas de irrigação (A= 50% e B= 100% ETc), cobertura do solo e teores de matéria orgânica no solo. Catolé do Rocha-PB, 2014.

Observa-se que as plantas cultivadas com cobertura morta não diferiram quanto à eficiência do uso da água em função do teor de matéria orgânica no solo, apresentando em média 5,762 $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}]$ (Figura 5). Esses resultados denotam a inexistência de estresse hídrico sob as plantas de quiabeiro cultivado com cobertura do solo e que o aumento da condutância estomática foi em função da necessidade de um maior influxo de CO_2 para regular o processo fotossintético já que não houve alterações na eficiência do uso da água (Figura 3B, 4 e 5). No solo sem cobertura observou-se comportamento linear e crescente para eficiência no uso da água em função do teor de matéria orgânica do solo, com aumento unitário de 0,476 $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}]$ para cada aumento de 1% do teor de matéria orgânica do solo (Figura 5). Fato este que segue principalmente em função do aumento da atividade fotossintética observado com o aumento da matéria orgânica no solo, contribuindo para nutrição do quiabeiro e retenção de água no solo favorecendo ao aumento da taxa de assimilação de CO_2 e com isso a eficiência no uso da água, haja vista, que não foi verificada diferença estatística para a transpiração em função do teor de matéria orgânica pelas plantas do quiabeiro cultivadas nesse sistema de cultivo (Figura 2B, 4 e 5).

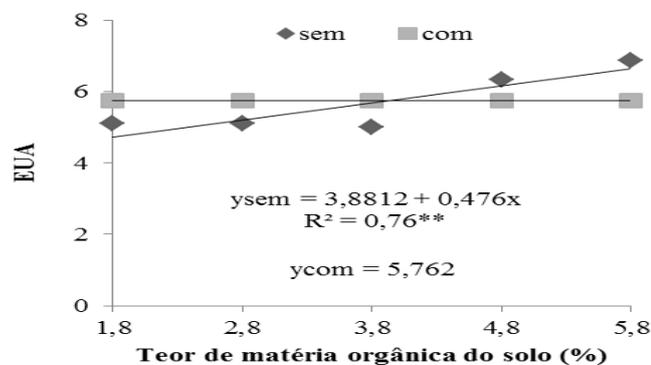


Figura 6. Eficiência no uso da água (EUA) $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}]$ das plantas do quiabeiro aos 60 dias após o plantio em função de diferentes lâminas de irrigação (A= 50% e B= 100% ETc), cobertura do solo e teores de matéria orgânica no solo. Catolé do Rocha-PB, 2014.

A eficiência instantânea da carboxilação explica à eficiência no processo de influxo de CO_2 ocorrente na câmara subestomática, em relação a quantidade de CO_2 assimilado no processo fotossintético (TAIZ e ZEIGER, 2013). As plantas irrigadas com a menor lâmina de água (50% da ETc) foram mais eficientes no processo de carboxilação do que as plantas cultivadas sob a lâmina de 100% da ETc (Figura 7). Ao considerar que a eficiência instantânea da carboxilação expressa à eficiência no processo de influxo de CO_2 , ocorrente na

câmara subestomática, em relação a quantidade de CO₂ assimilado no processo fotossintético, verifica-se que a menor concentração de CO₂ observada na lâmina de 50% da ETc está relacionado ao maior consumo do mesmo pela enzima rubisco, aumentando a atividade fotossintética e, com efeito, a eficiência instantânea da carboxilação (Figura 7). Possivelmente o aumento da eficiência instantânea da carboxilação nas plantas cultivadas sob a lâmina de 50% da ETc está influenciado pela menor área foliar obtida pelas plantas de quiabeiro cultivadas sob essa lâmina de irrigação, sendo necessário aumentar a atividade fotossintética por área fotossinteticamente ativa para manter o crescimento vegetal das plantas do quiabeiro (Figura 7A).

Observa-se ainda que as plantas do quiabeiro cultivadas sem cobertura morta responderam de forma linear e crescente com o aumento do teor de matéria orgânica no solo (Figura 7B). Fato este que corresponde com a resposta linear da taxa de assimilação de CO₂, possivelmente em função do maior aporte nutricional fornecido pela matéria orgânica. Quanto às plantas cultivadas sob cobertura morta, observa-se que estas responderam de forma quadrática ao aumento do teor de matéria orgânica no solo atingindo o pico de eficiência instantânea da carboxilação quando cultivado em solo com teor de matéria orgânica à 4,25% com 10,3 [(μmol m⁻² s⁻¹) [(μmol m⁻² s⁻¹)⁻¹], o qual decresceu a partir de então (Figura 7B). Acredita-se que apesar da resposta linear crescente da taxa de assimilação líquida em relação ao teor de matéria orgânica no solo, também foi observado aumento na condutância estomática que influenciou ao maior influxo de CO₂ o que reduz a eficiência instantânea da carboxilação. Acredita-se ainda que esse resultado não segue em função da redução na atividade da rubisco, já que não houve influência do fator cobertura sob o comportamento da taxa de assimilação de CO₂ (Figura 5).

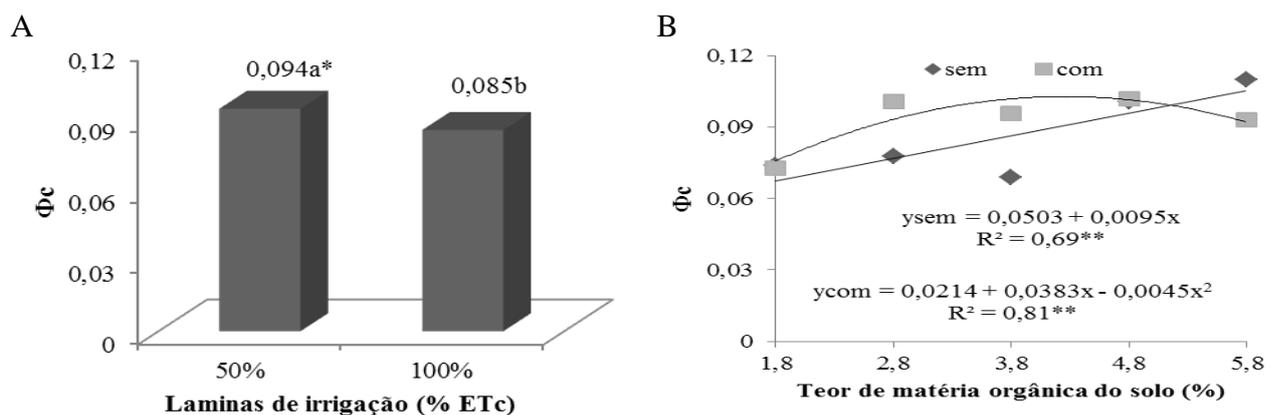


Figura 7. Eficiência instantânea da carboxilação (Φ_c) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] das plantas do quiabeiro aos 60 dias após o plantio em função de diferentes lâminas de irrigação (A= 50% e B= 100% ETc), cobertura do solo e teores de matéria orgânica no solo. Catolé do Rocha-PB, 2014.

4. CONCLUSÕES

O aumento do teor de matéria orgânica no solo proporcionou aumento da atividade fisiológica e no crescimento das plantas do quiabeiro.

A redução da lâmina de água na irrigação de 100 para 50% da evapotranspiração da cultura inibiu a expansão da área foliar, mas estimulou o quiabeiro.

Apesar de menores as plantas irrigadas com 50% da ETc foram mais eficientes quanto as trocas gasosas.

A adição de cobertura morta amenizou os efeitos do estresse hídrico e estimulou atividade de trocas gasosas do quiabeiro.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD EL-KADER, A. A.; SHAABAN, S. M.; ABD EL-FATTAH, M. S. Effect of irrigation levels and organic compost on okra plants (*Abelmoschus esculentus* L.) grown in sandy calcareous soil. **Agriculture And Biology Journal Of North America**, v. 1, n. 3, p. 225-231, 2010.

AL-HARBI, A. R.; AI-ORMAN, A. M.; EL-ADGHAM F. I. Effect of drip irrigation levels and emitters depth on okra (*Abelmoschus esculentus*) growth. **Journal of Applied Science**, v. 8, n. 15, p. 2764-2769, 2008.

AMARAL, J. A. T. do; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T. do. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e suas relações com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 377-384, 2006.

BRITO, M.E.B.; SOARES, L. A. DOS A.; FERNANDES, P.D.; LIMA, G.S.; SÁ, F.V. DA S.; MELO, A.S. Comportamento fisiológico de combinações copa/porta-enxerto de citros sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, suplemento, p. 857-865, 2012.

CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, A. A.; SANTOS, L. C. F.; REBEQUI, A. M.; NUNES, J. N.; BREHM, M. A. S. Teores foliares de macronutrientes em quiabeiro cultivado sob diferentes fontes e níveis de matéria orgânica. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 01, p. 19-28, 2010.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise do solo**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2011, 230 p. (Embrapa – CNPS. Documentos, 132).

FERREIRA, D. F. **Programa de análises estatísticas (statistical analysis software) e planejamento de experimentos – SISVAR 5.0 (Build 67)**. Lavras: DEX/UFLA, 2003.

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

KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 339-347, 2005.

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

MANTOVANI, E. C. H.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação**: Princípios e métodos. Viçosa: UFV, 2009, 355 p.

MURALIDHARAN G.; RAJENDRAN R. Effect of gamma rays on germination, seedling vigour, survival and pollen viability in M1 and M2 generation of bhendi (*Abelmoschus esculentus* (L.)) **Journal of Environment and Current Life Science** v. 1, p 41- 45, 2013.

NASCIMENTO, I. B.; FERREIRA, L. E.; MEDEIROS, J. F.; AROUCHA, E. M. M.; SOUSA, C. M. G.; SILVA, N. K. C.; IZIDIO, N. S. C. Qualidade pós-colheita de quiabo submetido a diferentes lâminas de água salina. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.9, n.2, p 88-93, 2013.

OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; DORNELAS, C. S. M.; SILVA, J. A.; PORTO, M. L.; ALVES, A. U. Rendimento de quiabo em função de doses de nitrogênio. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 25, n. 2, p. 265-268, 2003.

OLIVEIRA, A. P.; OLIVEIRA, A. N.; SILVA, O. P. R.; PINHEIRO, S. M.; GOMES NETO, A. D. Rendimento do quiabo adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 2629-2636, 2013.

PAES, H. M.F; ESTEVES, B. S.; SOUSA, E. F. Determinação da demanda hídrica do quiabeiro em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 256-261, 2012.

SANTOS, L. F.; CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, A. A.; CURVELO, C. R. S.; CAVALCANTE, I. H. L.; SOUSA, G. G. Crescimento vegetativo e produtivo do quiabeiro sob fontes e doses de matéria orgânica. **Anais do CPG em Manejo de Solo e Água**, v. 27, p. 40 - 52, 2005.

SHIMAZAKI, K. I.; DOI, M.; ASMANN, S. M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, v. 58, n. 1, p. 219-247, 2007.

SILVA, L. C.; RAO, T. V. R. Avaliação de métodos para estimativa de coeficientes da cultura de amendoim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 01, p. 128-131, 2006.

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

TEÓFILO, T.M.S.; FREITAS, F.C.L.; MEDEIROS, J.F.; FERNANDES, D.; GRANGEIRO, L.C; TOMAZ, H.V.Q.; RODRIGUES, A.P.M.S. Eficiência no uso da água e interferência de plantas daninhas no meloeiro cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v.30, n.3, p.547-556, 2012.