



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

LAÍSE FERREIRA DE ARAÚJO

CRESCIMENTO INICIAL DO MELOEIRO FRENTE ÀS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS

FORTALEZA

2017

LAÍSE FERREIRA DE ARAÚJO

**CRESCIMENTO INICIAL DO MELOEIRO FRENTE ÀS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito à obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Marlos Alves Bezerra

FORTALEZA

2017

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

- A69c Araújo, Laíse Ferreira de.
Crescimento inicial do meloeiro frente às mudanças climáticas / Laíse Ferreira de Araújo. – 2017.
133 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Marlos Alves Bezerra.
1. Melão. 2. Elevada concentração de dióxido de carbono. 3. Altas temperaturas. 4. Disponibilidade hídrica.
5. Salinidade. I. Título.

CDD 630

LAÍSE FERREIRA DE ARAÚJO

**CRESCIMENTO INICIAL DO MELOEIRO FRENTE ÀS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito à obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: 28/07/2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marlos Alves Bezerra
Embrapa Agroindústria Tropical

Dra. Francislene Angelotti
Embrapa Semiárido

Prof. Dra. Rosilene Oliveira Mesquita
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Rafael de Souza Miranda
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Ebenézer de Oliveira Silva
Embrapa Agroindústria Tropical

À minha família, em especial à minha mãe
Maria Lúcia Ferreira de Sousa e ao meu pai
Edvaldo Silva Araújo.

AGRADECIMENTOS

À Deus que me dá força nos momentos mais difíceis, me conservando firme e focada no meu projeto de vida.

Aos meu pais Maria Lúcia e Edvaldo, e às minhas irmãs Suelen e Maria Eduarda pelo amor e total apoio dedicado que serve de combustível para que eu possa continuar forte nesta caminhada.

Ao meu marido Paulo Victor, pelo suporte, compreensão, amor, carinho, paciência, companheirismo e amor dedicado ao longo de todo desses anos.

Ao Professor Dr. Marlos Alves Bezerra, pela amizade, incentivo, orientação e pela grande persistência durante esta jornada.

À Universidade Federal do Ceará por ter me permitido a formação acadêmica e ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFC através de seus professores.

À Embrapa Agroindústria Tropical, Embrapa Semiárido, FUNCAP e INCTSal pela infraestrutura.

Aos meus amigos e companheiros de luta Janiele, Thamiris, Reivany, Vicente Neto, Camila, Uriel, Ludymilla, Márcia, Maísa, Josivânia, Aldiel, Krishna e Fellype pelos bons momentos de descontração, amizade e pelos momentos de aprendizado. Aos meus colegas de curso pelos bons momentos compartilhados durante a pós-graduação.

Aos meus colegas Ionete, Lucyanna e Léa que fazem ou já fizeram parte do laboratório de Fisiologia Vegetal da Embrapa Agroindústria Tropical pelos ensinamentos, conselhos, amizade e confiança.

Aos meus alunos e colegas professores do IFPI: José Roberto, Willamy, Sandro, Luís, Jaison, Ribamar, Fábio, Ruthielle, Raimundinha, Juliana e Diassis pelo carinho e acolhida.

Aos meus queridos avós Terezinha e João e aos meus tios e primos pela alegria, carinho e amor repassados.

À sogra Rosa Maria e à minha madrastra Lucirene por todo apoio e carinho repassados. Ao meu cunhado Wladimir e às minhas tias e tios pelo apoio, amizade e estímulos recebidos.

Aos Doutores participantes da banca examinadora e a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a concretização desse sonho.

RESUMO

O cenário futuro de mudanças climáticas, principalmente no semiárido nordestino, incluindo a elevação da temperatura e da concentração de CO₂, diminuição da disponibilidade hídrica e desertificação, ocasionando salinização da água e do solo, poderá causar impacto no manejo do meloeiro. Dessa forma, objetiva-se avaliar o crescimento inicial de plantas de meloeiro frente às mudanças na concentração de CO₂, temperatura, salinidade e lâminas de irrigação, visando verificar os impactos da mudança climática sobre a cultura, como também elucidar mecanismos de tolerância, de forma a auxiliar na obtenção de materiais mais produtivos. Dois experimentos foram realizados na Embrapa Semiárido (Petrolina – PE) e outros dois foram conduzidos na Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE). Em relação aos experimentos em Petrolina, o primeiro foi feito em câmaras de crescimento sob duas temperaturas diferentes (37 °C e 40 °C), em que o delineamento foi inteiramente ao acaso com quatro repetições. Já no segundo, foram utilizadas câmaras de topo aberto modificadas (CTAs) em campo, com os seguintes tratamentos: 1- Câmara com plástico lateral mais adição de CO₂ (550 ppm); 2- Câmara com plástico e CO₂ ambiente (360 ppm) e 3- Sem plástico e CO₂ ambiente (360 ppm). O delineamento experimental foi em blocos, com três repetições. Já em relação aos experimentos em Fortaleza, foram feitos dois experimentos com interações (temperatura x lâminas de irrigação e temperatura x salinidade) em ambientes protegidos e em vasos, em parcelas subdivididas (2 x 5). Foram mensuradas as trocas gasosas, as variáveis de crescimento e os teores de carboidratos para todos os experimentos, cultivando plantas de meloeiro amarelo (cv. Goldex) até a fase de floração (crescimento inicial). Em relação aos resultados dos experimentos de Petrolina, em câmaras de crescimento com baixa radiação, as trocas gasosas não foram alteradas com o aumento da temperatura e o crescimento inicial do meloeiro se mostrou moderadamente tolerante às altas temperaturas. O incremento de CO₂ nas CTAs, aliado ao aumento da temperatura provocado pelo plástico, provocou um decréscimo no crescimento das plantas. A elevação da concentração de CO₂ proporcionou um aumento nas taxas transpiratórias e fotossintéticas das plantas de meloeiro. Além disso, em condições de 550 ppm de CO₂ e temperaturas médias acima de 40 °C, as plantas foram afetadas negativamente quanto ao seu crescimento. Já em relação à interação entre fatores ambientais, as lâminas de 80 a 90% da ETc (59 a 66,5 mm) com a média de temperatura de 31,4 °C foi a que possibilitou maior crescimento das plantas na fase vegetativa (até os 28 DAT). Para o experimento com salinidade, a melhor interação para o crescimento do meloeiro na fase vegetativa (até os 21 DAT) foi observada no ambiente protegido com menor temperatura (30,4 °C) e salinidade abaixo de 1,5 ds m⁻¹. Em síntese, percebe-se que a salinidade afetou mais as plantas do meloeiro, quando se compara aos danos causados pela disponibilidade hídrica. Em relação à temperatura média do ambiente, as plantas foram moderadamente tolerantes quando houve aumento de 0,8 °C, aliado a uma redução de até 20% da disponibilidade hídrica. Por sua vez, quando se aplicou a salinidade, um aumento de apenas 0,3 °C foi mais deletério, causando menor crescimento e por conseguinte menor produção de frutos.

Palavras-chave: Melão. Elevada concentração de dióxido de carbono. Altas temperaturas. Disponibilidade hídrica. Salinidade.

ABSTRACT

The future scenario of climate change, especially in the semi-arid region of northeastern Brazil, including the increase in temperature and CO₂ concentration, reduction of water supply and desertification, causing salinization of water and soil, may have an impact on the melon crop management. Thus, the main goal is to evaluate the initial growth of melon crop in face of changes in CO₂ concentration, temperature, salinity and irrigation depths in order to verify the impacts of climate change on culture, as well as to elucidate mechanisms of tolerance in order to assist in obtaining more productive materials. Two experiments were carried out at Embrapa Semiárido (Petrolina - PE) and the others experiments were conducted at Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza - CE). Regarding the experiments in Petrolina, the first one was done in growth chambers under two different temperatures (37 °C and 40 °C), in which the design was entirely randomized with four replicates. In the second one, modified open top chambers (OTCs) were used in the field, with the following treatments: 1- Side plastic chamber plus CO₂ addition (550 ppm); 2- Chamber with plastic and CO₂ environment (360 ppm) and 3- Without plastic and ambient CO₂ concentration (360 ppm). The experimental design was in blocks, with three replicates. In relation to the experiments in Fortaleza, two experiments were performed with interactions (temperature x irrigation levels and temperature x salinity) in protected environments and in split plots (2 x 5). Gaseous exchanges, growth variables and carbohydrate contents were measured for all experiments, growing yellow melon crop (Cv Goldex) until the flowering phase (initial growth). Regarding the results of the Petrolina experiments in low-radiation growth chambers, the gas exchanges were not altered with increasing temperature and the initial growth of the melon crop was moderately tolerant to high temperatures. The increase of CO₂ in the OTCs, combined with the increase in temperature caused by plastic, caused a decrease in plant growth. Elevation of CO₂ concentration resulted in an increase in transpiratory and photosynthetic rates of melon crop. Furthermore, under conditions of 550 ppm CO₂ and average temperatures above 40 °C, plants were negatively affected as to their growth. In relation to the interaction among environmental factors, the 80-90% ET_c (59 to 66.5 mm) depths with the mean temperature of 31.4 °C allowed for greater growth of the plants in the vegetative phase (up to 28 DAT). Regarding the salinity experiment, the best interaction for the melon growth in the vegetative phase (up to 21 DAT) was observed in the protected environment with lower temperature (30.4 °C). In summary, it can be seen that salinity affected the melon crop more when compared to the damages caused by water availability. In relation to the average temperature of the environment, the plants were moderately tolerant when there was an increase of 0.8 °C, combined with a reduction of up to 20% of the water availability. This, in turn, when salinity was applied, an increase of only 0.3 °C was more deleterious, causing lower growth and consequently lower fruit production.

Keywords: Melon. High carbon dioxide concentration. High temperatures. Water supply. Salinity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 - Detalhe das câmaras de injeção de CO ₂	37
Figura 2.2 - Monitoramento das condições meteorológicas e sistema de injeção de CO ₂	37
Figura 2.3 - Retirada das plantas de meloeiro amarelo por época amostrada	38
Figura 2.4 - Câmara de crescimento. Mudas de meloeiro para estudos sobre efeito da temperatura nas plantas; Sistema de iluminação e umidificação; Painel para regulação das condições ambientais	39
Figura 2.5 - Plantio das sementes dentro das bandejas de plástico	40
Figura 2.6 - Temperatura ambiente e as variáveis de trocas gasosas	45
Figura 2.7 - Razão de área foliar, taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento absoluto e taxa de crescimento relativo de plantas de meloeiro sobre efeito do incremento do CO ₂	47
Figura 2.8 - Crescimento de plantas de meloeiro com 30 dias cultivadas com alto CO ₂ (360 ppm) e CO ₂ ambiente (550 ppm).....	48
Figura 2.9 - Variáveis de crescimento de plantas de meloeiro submetidas a diferentes concentrações de CO ₂	50
Figura 2.10 - Caracterização dos metabólitos primários de raízes de melão amarelo.....	51
Figura 2.11 - Caracterização dos metabólitos primários de folhas de melão amarelo.....	52
Figura 2.12 - Espectros de ressonância magnética nuclear (RMN) na faixa dos carboidratos em raízes de meloeiro submetidas a alta concentração de CO ₂ na atmosfera	53
Figura 2.13 - Espectros de RMN na faixa dos carboidratos	53
Figura 2.14 - Variáveis de trocas gasosas de plantas de meloeiro submetidas a diferentes temperaturas em câmaras de crescimento	55
Figura 2.15 - Razão de área foliar, taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento absoluto e taxa de crescimento relativo	56
Figura 2.16 - Comprimento do ramo principal e da raiz, número de folhas, área foliar e massa fresca da parte aérea e da raiz	57
Figura 2.17 - Espectros de RMN na faixa dos carboidratos em raízes de meloeiro submetidas a duas temperaturas.....	59

Figura 2.18 - Espectros de RMN na faixa dos carboidratos em folhas de meloeiro submetidas a duas temperaturas.....	60
Figura 3.1 - À esquerda, fora do telado com os quebra-ventos, tem-se a visão do ambiente de menor temperatura, já à direita tem-se a visão do ambiente protegido, dentro do telado, de maior temperatura.	67
Figura 3.2 - Dados médios de temperatura e umidade relativa para as temperaturas estudadas	68
Figura 3.3 - Manejo da irrigação realizado em escala diária pelo método gravimétrico utilizando diferentes temperaturas e lâminas de irrigação	70
Figura 3.4 - Avaliação do comprimento do ramo, área foliar e diâmetro do caule	71
Figura 3.5 - Transpiração de plantas de meloeiro cultivadas sob diferentes temperaturas e lâminas de irrigação.....	73
Figura 3.6 - Condutância estomática de plantas de meloeiro cultivadas sob diferentes temperaturas e lâminas de irrigação.....	74
Figura 3.7 - Número de folhas de plantas de meloeiro cultivadas sob diferentes temperaturas e lâminas de irrigação.....	76
Figura 3.8 - Comprimento do ramo principal de plantas de meloeiro cultivadas sob diferentes temperaturas e lâminas de irrigação.....	77
Figura 3.9 - Diâmetro do caule de plantas de meloeiro cultivadas sob diferentes temperaturas e lâminas de irrigação.....	78
Figura 3.10 - Área foliar, massa seca da parte aérea e da raiz de plantas de meloeiro cultivadas sob diferentes temperaturas e lâminas de irrigação	80
Figura 3.11 - Eficiência do uso da água de plantas de meloeiro aos 28 dias após o transplântio cultivadas sob diferentes temperaturas e lâminas de irrigação.....	82
Figura 3.12 - Carboidratos de plantas de meloeiro cultivadas sob diferentes temperaturas e lâminas de irrigação.....	83
Figura 4.1 - Dados médios de temperatura, umidade relativa e radiação solar para as temperaturas estudadas. Fortaleza, mar/abr, 2016.....	93
Figura 4.2 - Manejo da irrigação realizado em escala diária pelo método de Penman Montheit.....	94

Figura 4.3 - Condutividade elétrica da água e do solo aos 7, 14 e 21 dias após o transplântio submetidas à diferentes CEa e temperaturas média	97
Figura 4.4 - Transpiração, condutância estomática e fotossíntese de plantas de meloeiro submetidas à diferentes CEa e temperaturas médias	99
Figura 4.5 - Número de folhas de plantas de meloeiro submetidas à diferentes CEa e temperaturas médias	101
Figura 4.6 - Comprimento do ramo principal de plantas de meloeiro aos 21 dias após o transplântio submetidas à diferentes CEa e temperaturas médias.....	102
Figura 4.7 - Diâmetro do caule de plantas de meloeiro submetidas à diferentes CEa e temperaturas médias	103
Figura 4.8 - Crescimento de plantas de meloeiro submetidas à diferentes CEa e temperaturas médias	104
Figura 4.9 - Área foliar, massa seca das folhas, dos ramos e das raízes de plantas de meloeiro submetidas à diferentes CEa e temperaturas médias	106
Figura 4.10 - Correlação entre o teor de cloreto foliar e a taxa fotossintética de plantas de meloeiro submetidas à diferentes diferentes CEa e temperaturas médias.....	111
Figura 4.11 - Cloreto na folha, nos ramos, e nas raízes de plantas de meloeiro submetidas à diferentes CEa e temperaturas médias	112
Figura 4.12 - Sódio na folha, nos ramos, e nas raízes de plantas de meloeiro submetidas à diferentes CEa e temperaturas médias	113
Figura 4.13 - Carboidratos nas folhas, nos ramos e nas raízes de plantas de submetidas à diferentes CEa e temperaturas médias	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 -	Análise de fertilidade do solo feita no início do experimento.	36
Tabela 2.2 -	Análise de variância para as variáveis de trocas gasosas	43
Tabela 2.3 -	Análise de variância para as variáveis de crescimento.....	49
Tabela 3.1 -	Análise de variância das trocas gasosas de plantas de meloeiro cultivadas sob diferentes temperaturas e lâminas de irrigação	72
Tabela 3.2 -	Desdobramento das médias da variável condutância estomática de plantas de meloeiro submetidas a diferentes temperaturas dentro de lâminas de irrigação.	75
Tabela 3.3 -	Análise de variância do número de folhas, comprimento do ramo principal e diâmetro do caule de plantas de meloeiro aos 28 dias após o transplante cultivadas sob diferentes temperaturas e lâminas de irrigação	75
Tabela 3.4 -	Análise de variância da área foliar, massa seca da parte aérea e da raiz de plantas de meloeiro cultivadas sob diferentes temperaturas e lâminas de irrigação	78
Tabela 3.5 -	Desdobramento das médias da variável massa seca da parte aérea de plantas de meloeiro submetidas a diferentes temperaturas dentro de lâminas de irrigação	79
Tabela 3.6 -	Análise de variância dos carboidratos solúveis na folha (sacarose, glicose e frutose) de plantas de meloeiro cultivadas sob diferentes temperaturas e lâminas de irrigação.....	83
Tabela 4.1 -	Análise de variância das variáveis de trocas gasosas: transpiração, condutância estomática e fotossíntese de plantas de meloeiro submetidas a diferentes CEa e temperaturas médias	98
Tabela 4.2 -	Análise de variância do número de folhas, comprimento do ramo principal e diâmetro do caule de plantas de meloeiro submetidas a diferentes CEa e temperaturas médias	100
Tabela 4.3 -	Desdobramento das médias do número de folhas de plantas de meloeiro submetidas a diferentes CEa e temperaturas médias.....	100
Tabela 4.4 -	Análise de variância das variáveis área foliar, massa seca das folhas, dos ramos e das raízes de plantas de meloeiro submetidas a diferentes CEa e temperaturas médias.	103

Tabela 4.5 -	Desdobramento das médias das variáveis área foliar e massa seca dos ramos de plantas de meloeiro submetidas a diferentes temperaturas dentro de níveis de CEa.....	105
Tabela 4.6 -	Análise de variância das variáveis cloreto e sódio na folha, nos ramos, e nas raízes de plantas de meloeiro submetidas à diferentes CEa e temperaturas médias.....	108
Tabela 4.7 -	Desdobramento das médias das variáveis cloreto nos ramos e nas raízes, como também das médias do sódio nas folhas, nos ramos e nas raízes de plantas de meloeiro submetidas a diferentes CEa e temperaturas médias.....	109
Tabela 4.8 -	Análise de variância dos carboidratos nas folhas, nos ramos e nas raízes de plantas de meloeiro submetidas à diferentes CEa e temperaturas médias.....	114
Tabela 4.9 -	Desdobramento das médias dos teores de carboidratos nos ramos e nas raízes de plantas de meloeiro submetidas a diferentes CEa e temperaturas médias.....	115
Tabela 4.10 -	Análise de variância das variáveis carbono orgânico na folha e no solo de plantas de meloeiro submetidas à diferentes CEa e temperaturas médias.....	118
Tabela 4.11 -	Desdobramento das médias das variáveis carbono orgânico na folha e no solo de plantas de meloeiro submetidas a diferentes temperaturas dentro de níveis de CE.	118

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	166
2.1 Importância econômica e social do meloeiro no Semiárido brasileiro	16
2.2 Mudanças climáticas x produção vegetal	17
2.3 Efeito do aumento de CO₂ nas plantas	18
2.4 Efeito do aumento de temperatura nas plantas	20
2.5 Impacto do aumento da temperatura sobre o uso da água	21
2.6 Efeito da salinidade nas plantas	211
2.7 Efeito das mudanças climáticas no crescimento inicial do meloeiro	222
REFERÊNCIAS	288
3 CRESCIMENTO INICIAL E FISILOGIA DE PLANTAS DE MELOEIRO SUBMETIDAS AO AUMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE CO₂ NA ATMOSFERA E ALTAS TEMPERATURAS	
4 CRESCIMENTO INICIAL E FISILOGIA DE PLANTAS DE MELOEIRO AMARELO SUBMETIDAS A TEMPERATURAS ELEVADAS, ASSOCIADAS A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO	
5 CRESCIMENTO INICIAL E FISILOGIA DE PLANTAS DE MELOEIRO AMARELO SUBMETIDAS A TEMPERATURAS ELEVADAS, ASSOCIADAS A DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE	
6 CONCLUSÕES	125
REFERÊNCIAS	126

1 INTRODUÇÃO

As alterações climáticas devidas às emissões de gases levarão ao aumento da temperatura média global. O cenário mais otimista prevê que o aumento da temperatura terrestre poderia variar entre 0,3 °C a 1,7 °C de 2010 até 2100. Já o segundo cenário prevê um aumento de 1,1 °C a 2,6 °C. No terceiro cenário esse cenário já varia de 1,4 °C até 3,1 °C. O último e pior cenário, no qual as emissões continuam a crescer em ritmo acelerado, prevê um aquecimento entre 2,6 °C a 4,8 °C ao longo deste século (IPCC, 2014). Ademais, algumas regiões do mundo tendem a experimentar maiores aumentos de temperatura do que a média global.

Com os cenários previstos de aumento da temperatura do ar e do CO₂, o Semiárido brasileiro será uma das regiões mais afetadas, uma vez que além do aumento da temperatura, haverá a tendência da região se tornar mais árida e com menor disponibilidade hídrica, que desencadeará impacto direto sobre a vegetação (ANGELOTTI; FERNANDES JUNIOR; SÁ, 2011). Assim, espécies mais adaptadas a estas condições terão maior capacidade de crescimento.

O meloeiro, uma planta C3, que em teoria deve se beneficiar do aumento de CO₂ ambiente, é uma das espécies olerícolas cultivadas no Nordeste brasileiro, região responsável por mais de 95% da produção nacional deste fruto (AGRIANUAL, 2014). Segundo Gurgel *et al.* (2010), a produção nessa Região é alta, devido às condições edafoclimáticas e à disponibilidade de mananciais de água subterrânea e superficial, de maneira que as culturas podem ser conduzidas sob irrigação e receber nutrientes via fertirrigação.

Entretanto, como as mudanças climáticas previstas não se restringem ao aumento de CO₂, devendo ocorrer concomitante um aumento da temperatura e uma redução na oferta hídrica, em especial em oferta de águas de boa qualidade e aumento da salinização do solo, devido ao processo de desertificação (aridez) ocasionado pelas mudanças climáticas, principalmente no semiárido nordestino, o cultivo do melão nessa região pode ser negativamente afetado, se fazendo necessário o conhecimento do comportamento dessa espécie frente às mudanças climáticas previstas.

É essencial que se conheça e a resposta do crescimento inicial das plantas e o comportamento das trocas gasosas, uma vez que a diminuição da oferta de água no solo pode levar a um fechamento total ou parcial dos estômatos e a uma redução nas atividades de divisão e expansão celular que são responsáveis pelo crescimento da planta, alterando a produção e alocação dos metabólitos primários (carboidratos, aminoácidos, lipídeos e proteínas), uma vez que os mesmos são

peças fundamentais no metabolismo das plantas, pois quando as plantas estão sofrendo estresse, elas produzem mais ou menos desses metabólitos para tentar tolerá-lo.

Em síntese, se faz necessário que se desenvolva estratégias que permitam a sustentabilidade do semiárido brasileiro em todas as suas dimensões, com sistemas que produzam mais com menos danos ao meio ambiente, sem desperdícios, não apenas para conviver com os riscos que tradicionalmente enfrenta, em termos do clima, mas para conviver com os riscos acrescidos em função do aquecimento global, que vai se refletir em menor disponibilidade de água e aridez.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica e social do meloeiro no Semiárido brasileiro

No Brasil, o cultivo do melão em escala comercial teve início nos primeiros anos da década de 1960. Até então, o mercado brasileiro deste fruto era abastecido por melões importados, principalmente, do Chile e da Espanha. A cultura estabeleceu-se primeiramente nos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul, mas por motivo de melhor adaptação climático-fisiológica, começou a ser produzida na região Nordeste do Brasil, no início dos anos 1980 (DELLA VECCHIA, 2015).

Segundo dados da Agriannual (2014), a região Nordeste respondeu por aproximadamente 95% da produção nacional de melão. Dois importantes polos produtores são identificados: o polo dos municípios localizados nas faixas limítrofes do estado do Ceará e Rio Grande do Norte, que produzem para exportação; e o polo do submédio do Vale São Francisco que abastece, principalmente, o mercado interno.

Já segundo o Sebrae (2016), o Rio Grande do Norte/RN é o principal produtor e o Ceará é o maior exportador. Em 2015 o Brasil produziu 111.487 toneladas de melão no estado do Ceará, em que a estimativa para 2016 foi de 98.533 toneladas do fruto (IPECE, 2016). O melão é o fruto mais exportado do país, em termos de volume. As exportações de melão da safra 2014/15, em que o maior produtor é a China (FAO, 2015a) (respondendo por mais de 50% da produção mundial), foram encerradas em março e superaram em 12,7% o volume enviado ao mercado internacional na safra anterior. De agosto/14 a março/15, foram embarcadas 199 mil toneladas do fruto, gerando US\$ 148,3 milhões, valor 6,1% maior que o obtido na campanha 2013/14. Apesar da crise hídrica no ano

passado, que limitou a produtividade, a qualidade do melão não foi prejudicada (GARCIA; JULIÃO; PAGLIUCA, 2015).

Os maiores importadores (Holanda, Reino Unido e Espanha) dos frutos estão localizados na Europa.

2.2 Mudanças climáticas x produção vegetal

A Organização Meteorológica Mundial (OMM), juntamente com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) estabeleceram o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC), que tem por missão avaliar as informações científicas, técnicas e socioeconômicas relevantes para entender os riscos induzidos pela mudança climática, seus potenciais impactos e opções para adaptação e mitigação.

Segundo alguns cenários propostos no quinto relatório do IPCC em 2014, safras de milho, arroz e trigo podem sofrer quedas da ordem de 25% nas próximas décadas em decorrência das alterações no clima do planeta (IPCC, 2014).

Segundo o IPCC (2014) e a medição feita pelo Observatório de Mauna Loa, no Havaí (EUA), a concentração de CO₂ nas últimas décadas aumentou de 250 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ antes da revolução industrial, para 350 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ em 1989, e atualmente a concentração de CO₂ é de 410 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, com um aumento de 5 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ por ano, podendo atingir 550 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, em 2050, e acima de 700 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, no fim deste século.

Ainda segundo esse relatório, as três últimas décadas foram consideradas as mais quentes desde 1850. O aumento da temperatura entre o período de 1850-1900 e o período 2003-2012 foi, em média, 0,78 °C. Os oceanos têm acumulado a maior parte do aquecimento, servindo como um amortecedor para o aquecimento da atmosfera, estocando mais de 90% da energia do sistema do clima e muito gás carbônico. No entanto, à medida que o oceano aquece, perde capacidade de absorver gás carbônico, o que pode acelerar os efeitos atmosféricos quando, o mesmo atingir a saturação (IPCC, 2014).

No final de 2009, foi instituída no Brasil a Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei 12.187, de 29/12/2009), que instigava os diversos setores da economia, em específico o agroindustrial, a pesquisar, desenvolver e adotar tecnologias de baixo carbono (BRASIL, 2009). Segundo o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, a agropecuária de baixo carbono está

relacionada à adoção de processos que visem à recuperação de pastagens, à integração lavoura pecuária, ao plantio direto, à fixação biológica de nitrogênio e à florestas plantadas.

Em 2100, a temperatura média do Brasil será de 3 °C a 6 °C mais alta do que no final do século XX (PBMC, 2014). Estima-se que até 2050 o clima influencie na perda de 10% de tudo o que for plantado no país.

Schlenker; Roberts (2009) estimaram que, sob o cenário de aquecimento mais lento, o rendimento das culturas teria um declínio de 30 para 46% até o final do século e sob o cenário de aquecimento rápido, o rendimento diminuiria de 63 para 82%. Diante disso, os fluxos migratórios serão alterados, devido essa baixa produção com as mudanças climáticas em algumas culturas. Segundo Delazeri; Cunha (2015), a expectativa de que os fluxos migratórios rural-urbano se agravariam diante dos cenários de mudanças climáticas serão confirmadas. Os resultados apontam que haverá aumento da migração das áreas rurais para as áreas urbanas dos municípios do Semiárido até 2065, principalmente devido ao aumento da temperatura nessa região.

2.3 Efeito do aumento de CO₂ nas plantas

Diante do aumento de CO₂ na atmosfera, as plantas provavelmente não irão se comportar da mesma forma, devido a distinção entre seus metabolismos (C3 e C4). Essa diferença está na rota de fixação de CO₂, em que plantas C4 são mais eficientes e a perda de carbono durante o processo de fotorrespiração é desprezível. Já as plantas C3 podem perder até 50% de seu carbono recém-fixado durante a fotorrespiração (PIMENTEL; BERNACCHI; LONG, 2007). Em ambiente com elevado CO₂ essa perda por fotorrespiração será minimizada e a tendência é que as plantas C3 aumentem sua taxa de fixação de carbono.

Com base em estudos de plantas cultivadas em campo, de acordo com Leakey *et al.* (2009) são quatro os principais efeitos do aumento da concentração de CO₂ do ambiente no metabolismo de carbono: (1) incremento na assimilação de CO₂ e na produção de biomassa; (2) aumento na eficiência de uso do nitrogênio (devido a menor necessidade de Rubisco e, conseqüentemente, menor produção dessa enzima); (3) redução na condutância estomática, com maior eficiência no uso de água por planta e por área cultivada e; (4) estímulo da taxa de respiração mitocondrial, devido ao aumento da transcrição e atividade enzimática.

A utilização de câmaras de topo aberto (CTAs), de sistema FACE (Free air carbono dioxide enrichment) são metodologias que permitem conduzir estudos com enriquecimento de CO₂ em todos os estádios de desenvolvimento das plantas.

A condução de experimentos em câmaras de topo aberto modificadas permite a obtenção de respostas ao gás perto do natural, que incluem as flutuações diárias e sazonais do clima (BISHOP, LEAKEY; AINSWORTH, 2014). Segundo Miglietta *et al.* (2001), esses experimentos são a melhor alternativa para expor uma pequena área de vegetação às elevadas concentrações de dióxido de carbono, com uma alteração mínima no ambiente em que as plantas estão crescendo.

Apesar dessas câmaras (CTAs) serem uma solução prática, econômica e que permitem conduzir estudos com aplicação de CO₂ em todos os estádios de desenvolvimento das plantas, variáveis como a temperatura e o déficit de pressão parcial de vapor d'água no seu interior são superiores aos do exterior, e por isso, a previsão de aumento da produtividade agrícola, baseada nestes estudos, ainda é discutível (GHINI, 2005).

Por outro lado, o sistema FACE é o mais próximo da realidade encontrada, por ser conduzida no campo, em experimentos de larga escala. Porém, apresenta algumas desvantagens como infraestrutura de maior valor econômico, flutuações na concentração de CO₂ devido à dinâmica inerente ao sistema, gradientes da concentração de CO₂ causados por rajadas de vento e alto custo de manutenção (ROMANO, 2006).

Trabalhos de Paula *et al.* (2011) em pimenta tabasco e Kosobryukhov (2009) em pepino demonstraram resposta positiva, como aumento da produtividade, ao utilizar o método de enriquecimento de CO₂ em ambiente controlado. Experiências em campo também comprovaram resultados satisfatórios utilizando enriquecimento de CO₂. Pinto; Faria; Feitosa Filho (2006) e Walter *et al.* (2010), viram repostas positivas em meloeiro e arroz, respectivamente.

Também foram realizadas experiências com espécies arbóreas C3 e os resultados corroboram com os obtidos em outras culturas. Maior produção de biomassa foi observada em espécies como o jatobá (*Hymenaea courbari*), feijão-do-mato (*Clitoria falcata*), pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) e jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*) quando submetidas a altas concentrações de CO₂, devido a maiores taxas de fotossíntese (GRANDIS *et al.*, 2010). Arenque *et al.* (2014) também encontraram esses resultados em *Senna reticulata* (leguminosa da Amazônia).

Estudos em condições controladas de temperatura e umidade apontam incrementos médios de 30% na produtividade de várias culturas C3 submetidas à atmosfera com o dobro da

concentração atual de CO₂. Em condições menos controladas, em campo, os ganhos de produtividade são menores (FUHRER, 2003). Han *et al.* (2012), estudando peras, concluíram que os frutos submetidos a condição de elevado CO₂ (700 ppm) apresentaram maiores dimensões (tamanho e diâmetro) e sólidos solúveis quando comparado com os frutos testemunha

Já Dantas, Angelotti; Aragão (2017), trabalhando com abóbora e com dois níveis de concentração de CO₂ (360 e 550 ppm) e três variações de temperaturas dia/noite (26/20, 29/26 e 32/26 °C), relataram que os níveis de CO₂ usados causaram efeitos diferentes entre cultivares para a maioria das variáveis, mas não foram observadas mudanças significativas no comportamento fisiológico de mudas. O aumento da temperatura levou a mudanças fisiológicas em sementes e mudas. Constataram ainda que as condições previstas de aumento da concentração de CO₂ e temperatura atmosféricas são prejudiciais à produção de mudas de abóbora moranga.

2.4 Efeito do aumento de temperatura nas plantas

O aumento de temperatura pode afetar todas as reações bioquímicas da fotossíntese, assim, não é surpreendente que as respostas à temperatura sejam complexas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Quando a temperatura se eleva acima do ótimo, a fotossíntese começa a decrescer gradual e reversivelmente, no início, e paulatina e irreversivelmente (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009).

As temperaturas consideradas moderadamente altas (35 a 42°C) podem causar danos diretos ao aparato fotossintético, por provocar mudanças na membrana do tilacóide e alterar as propriedades físico-químicas. Logo para se aclimatar ao aquecimento, as plantas dependem da habilidade das enzimas fotossintéticas e dos tilacóides em manter taxas mais elevadas de fotossíntese sob altas temperaturas (YAMORI; HIKOSAKA; WAY, 2014).

Em elevadas temperaturas, a taxa máxima de assimilação de carbono pode ser inibida por diminuir a condutância estomática (LAW; CRAFTS-BRANDNER, 1999). Além disso, altas temperaturas podem levar ao aumento da respiração mitocondrial e da fotorrespiração.

Os efeitos do aumento da temperatura na fotossíntese será um dos determinantes mais importantes do impacto do aquecimento global na produtividade das culturas (AINSWORTH; ORT, 2010). Segundo Long (1991), teoricamente, a resposta da fotossíntese em plantas C3 a elevada concentração de CO₂ ([CO₂]) está prevista para ser maior em temperaturas mais elevadas, pois o aumento na [CO₂] pode neutralizar maiores taxas de oxigenação da Rubisco e subsequentemente a

fotorrespiração. Esta teoria é suportada pela observação de que a resposta relativa na captação do carbono diurno em soja aumentou com a temperatura máxima diária (BERNACCHI *et al.*, 2006).

Já Martinez *et al* (2014), também com aumento de 2 °C de temperatura em *Stylosanthes capitata* (leguminosa), mostraram que o aquecimento favoreceu o desempenho fotossintético do fotossistema II (FS II), do crescimento, do índice de área foliar e da produção de biomassa durante a fase vegetativa de crescimento.

Gabriel *et al.* (2014), constataram que o aumento de temperatura projetada em cenários climáticos futuros não deve, em geral, diminuir a produtividade de raízes tuberosas de mandioca, especialmente na África, onde esta cultura tem papel fundamental na segurança alimentar.

Barros *et al.* (2015), estudando diferentes temperaturas em cebolas (15, 20, 25, 30 e 35°C e fotoperíodo de 12 horas), mostraram que o aumento da temperatura não influenciou significativamente a germinação de sementes, porém afetou o crescimento e o peso das plântulas.

Plantas cultivadas sob temperaturas elevadas podem apresentar um aumento na porcentagem de carboidratos simples nas folhas, especialmente glicose, e redução no dissacarídeo sacarose (BEZERRA *et al.*, 2017), diminuindo a qualidade do fruto.

2.5 Impacto do aumento da temperatura sobre o uso da água

Atualmente, a escassez de água afeta mais de 40% da população mundial, uma porcentagem que alcançará os 2/3 em 2050. Esta situação deve-se em grande parte a um consumo excessivo de água para a produção alimentar e agrícola. Por exemplo, em grandes zonas da Ásia meridional e oriental, no Meio Oriente, Norte de África e América Central e do Norte, a água subterrânea é usada em grande escala (FAO, 2015b).

O consumo excessivo de água, a degradação e o impacto das alterações climáticas irão reduzir a disponibilidade de água em várias regiões, especialmente em países em desenvolvimento. Por meio da tecnologia e das práticas de manejo, os agricultores, especialmente os pequenos, terão de encontrar maneiras de aumentar a produção com uma disponibilidade limitada de solo e água (FAO, 2015b).

Como uma temperatura mais elevada causa maior demanda para evapotranspiração das plantas, as plantas precisarão de mais água para desenvolver, e a tendência flui em direção a um incremento na demanda de água para irrigação, agravada pela redução na precipitação; desta forma,

prevê-se que a mudança climática funciona como outra fonte de incremento na demanda de água para a agricultura juntamente com a expansão da área irrigada (GONDIM *et al.*, 2011).

De acordo com Seo (2011), a irrigação é uma medida importante de adaptação implementada por agricultores em resposta às mudanças climáticas. Ao adotar práticas de irrigação, os agricultores reduzem os riscos potenciais associados a chuvas insuficientes.

A demanda de água para agricultura, particularmente para irrigação, é considerada mais sensível à mudança climática que as demandas industrial e municipal. Há dois efeitos potenciais: uma mudança do clima em escala de parcela irrigada pode alterar a necessidade e época de irrigação; e secas prolongadas podem levar ao aumento de demandas, mas também podem ser reduzidas se a precipitação e conseqüentemente a umidade do solo aumentar (GONDIM *et al.*, 2010).

Gomes *et al.* (2014), estudando potencial hídrico da melancia em resposta a variações no conteúdo de água no solo, viram que o estado de umidade no solo interfere no potencial hídrico foliar de forma a aumentar ou reduzir a produtividade da cultura. Ainda segundo esses autores, as fases mais sensíveis ao estresse hídrico compreenderam entre os 43 a 56 DAT (floração e frutificação) em que a manutenção do teor de água no solo assegura um aumento no potencial hídrico foliar médio da melancia, com reflexo direto na produtividade de frutos (42,15 ton ha⁻¹).

2.6 Efeito da salinidade nas plantas

Globalmente, a salinidade constitui num crescente problema que contribui para a degradação dos solos. Estima-se que 19,5% das áreas irrigadas de todo mundo (45 milhões de hectares) enfrentem problemas devido a salinidade, sendo que 40% destas estão localizadas em regiões áridas e semiáridas (CARVALHO, 2012). Ao mesmo tempo que há um aumento substancial de perda de terras produtivas pela salinização e pela expansão urbana, há também um incremento da produção agrícola em áreas marginais.

Segundo Cavalcante *et al.* (2012), a salinidade está afetando a água doce e o solo do mundo, devido o uso ineficiente da água para produção de alimentos, deixando as terras improdutivas, em que, ironicamente, o mal manejo da irrigação (aplicação excessiva de fertilizantes e ausência de drenagem adequada) resultou na acumulação de sal acima das concentrações normais da zona radicular das plantas, juntamente com altas taxas de evaporação e transpiração.

Países que são caracterizados por terem altas áreas salinas são: Austrália, Paquistão, Bangladesh, Tailândia, e vários países da Ásia Central (LYRA; ISMAIL; KHALIL-UR-REHMAN,

2014). Segundo Pereira et al. (1986), no Brasil, solos salinos e sódicos ocorrem no Rio Grande do Sul, no Pantanal Mato-Grossense e, predominantemente, na região semiárida do Nordeste. Esses autores relacionam uma área de 91.000 km² de solos afetados por sais no Nordeste do Brasil. Segundo Ribeiro, Freire; Montenegro (2003), com base no Mapa de Solos do Brasil, os solos salinos, solódicos e sódicos ocupam cerca de 160.000 km² ou 2% do território nacional.

Diante dos vários problemas causados pela salinidade nas plantas, vem a preocupação de se cultivar o meloeiro, já que grande parte da produção brasileira de melão ocorre em áreas irrigadas, e susceptíveis à salinização. Nessas regiões, além da salinidade natural das águas de irrigação, é comum se encontrar aplicação de lâminas de irrigação acima do necessário. Figueirêdo *et al.* (2014), estudando as áreas de produção de melão na região do Baixo Jaguaribe e Apodi, concluíram que o consumo de água pela irrigação é pelo menos 39% mais elevado que o necessário, quando a produção ocorre de setembro a novembro. O uso em excesso de água é um importante fator com potencial de causar a salinização do solo em áreas produtoras de melão.

Para que esse impacto seja evitado, a prática da irrigação no cultivo deve ser devidamente controlada, considerando os tipos de solo, cultura e as características climáticas da região (SANTOS, 2015). Além disso, o acúmulo de sais durante a irrigação de culturas na estação seca pode ser revertido, total ou parcialmente, durante a estação chuvosa, sendo que esse processo de lavagem dependerá do total de precipitação anual, da intensidade das precipitações e das características físicas do solo (BEZERRA *et al.*, 2010; LACERDA *et al.*, 2011).

A produção de várias culturas é reduzida severamente sob condições de salinidade. Uma vez absorvidos, os íons são transportados às folhas onde se acumulam em função do processo de transpiração. A magnitude dos danos depende do tempo, da concentração, da tolerância da cultura e do volume de água transpirado. A fotossíntese, juntamente com o crescimento celular, está entre os processos primários a serem afetados pelo estresse salino, além de limitar a difusão de CO₂ e induzir o déficit hídrico (CHAVES; FLEXAS; PINHEIRO, 2009). Além desses, destacam-se a síntese de proteínas e o metabolismo dos lipídios como processos fortemente afetados (BEZERRA *et al.*, 2003).

A salinidade também pode causar danos no crescimento e desenvolvimento das plantas por efeito osmótico, em que a elevada concentração salina diminui o potencial osmótico do solo, disponibilizando água e nutrientes em menores quantidades para a planta (ALVES *et al.*, 2011). A salinidade pode ainda afetar as plantas devido a um desbalanço nutricional, em que o excesso de íons no solo inibe a absorção de outros íons.

Além do já exposto, o excesso de cloreto e sódio no protoplasma, principais íons envolvidos com a salinidade, ocasiona distúrbios, afetando a fotofosforilação, a cadeia respiratória, a assimilação de nitrogênio e o metabolismo das proteínas (MUNNS, 2002).

2.7 Efeito das mudanças climáticas no crescimento inicial do meloeiro

O meloeiro é consumido em todo o mundo, produzido principalmente em regiões semiáridas sujeitas a periódica escassez de água, altas temperaturas e solos salinizados. As melhores condições climáticas para a produção do melão são as seguintes: temperatura entre 25 e 35 °C, período de luminosidade entre 2000 e 3000 horas ano⁻¹ e umidade entre 65 e 75% (COSTA et al., 2000; SILVA; COSTA, 2003). Altos índices pluviométricos e elevada umidade relativa do ar dificultam o cultivo do meloeiro, principalmente pela falta de resistência foliar a doenças e pelo efeito deletério de chuvas na qualidade dos frutos (MONTEIRO, 2007).

Diante disso, a fase inicial de crescimento do meloeiro é imprescindível para uma boa produção de frutos, já que o maior crescimento inicial da cultura pode incrementar o aproveitamento da radiação solar disponível no início do ciclo do melão, aumentando a disponibilidade de carboidratos para a diferenciação de um maior número de frutos por planta, revertendo numa maior produtividade.

Logo, quando houver grandes mudanças no clima (altas temperaturas, redução da oferta hídrica e desertificação), o manejo do crescimento inicial do meloeiro deverá ser avaliado, para não comprometer a produtividade dessa cultura.

Os produtores de melão dizem não sentir segurança para produzir mais e estão reduzindo as áreas de plantio, pois há incerteza quanto ao abastecimento de água para o sistema de irrigação (IPECE, 2015). Esse contexto, inclusive, tem feito que produtores busquem novas regiões com maior segurança hídrica para a continuidade do plantio do fruto (GARCIA; JULIÃO; PAGLIUCA, 2015).

Com esse novo cenário, em que as regiões do Brasil passarão por processos de desertificação, mais estudos devem ser feitos com a cultura para que produtores tenham mais segurança no plantio desse tão apreciado fruto, já que segundo o Sebrae (2016), a cadeia produtiva desenvolvida e os acordos fixados antes de 2018 garantem crescimento, ainda que pequeno, das exportações de melão, mesmo com a crise hídrica e financeira do Brasil, a cadeia produtiva do meloeiro tem uma alta maturidade e uma alta capacidade de resposta. Logo, é preciso que o sistema de cultivo do melão seja analisado e estudado para esse novo cenário, seja ele otimista ou pessimista,

proporcionando assim um manejo que economize mais água na irrigação e emita menos gases do efeito estufa, sem prejudicar a qualidade e a produção do fruto.

Falando em emissão de gases, o termo pegada de carbono é lembrado, em que refere-se a quantidade total das emissões de gases do efeito estufa causadas diretamente e indiretamente pelo sistema de cultivo do meloeiro. Barros (2015), estudando a pegada de carbono do melão produzido em sistema convencional e conservacionista, relata que o sistema conservacionista onde se realiza a incorporação de milho consorciado com braquiária apresentou a menor pegada de carbono no cultivo dessa olerícola. Ainda segundo essa autora, o estudo de cenários mostra que a pegada do melão produzido com incorporação de adubo verde pode diminuir ainda mais essa emissão, principalmente se realizado o cultivo em áreas já estabelecidas com a cultura. Essa pode ser uma alternativa para produzir melão e diminuir a emissão de gases do efeito estufa, já que o mesmo ocasiona um aumento das temperaturas, podendo prejudicar o crescimento das culturas.

Experimentos com meloeiro já estão sendo feitos seguindo esses novos cenários, seja ele pessimista ou otimista. Segundo Carvalho (2015), o crescimento inicial das plantas de meloeiro amarelo (até os 24 dias após o transplante) foi influenciado positivamente pela combinação de 34 °C + 900 ppm de CO₂ e negativamente pelo aumento da temperatura enriquecida ou não de CO₂. Já as análises fisiológicas de trocas gasosas e de fluorescência da clorofila, em sua maioria, não foram influenciadas pelos tratamentos.

Ainda segundo esse autor, o crescimento inicial do meloeiro foi influenciado negativamente pelo estresse térmico inicial causado pela temperatura de 42 °C, não retornando seu desenvolvimento normal. Essa redução no crescimento e desenvolvimento das plantas não se deve a influências nas trocas gasosas, de vez que não se observaram mudanças consistentes nesses parâmetros ao longo das avaliações.

Pontes (2014), também estudando plantas de meloeiro amarelo, ratificou que até os 30 dias após a semeadura as trocas gasosas não foram influenciadas com o aumento de 2 °C da temperatura ambiente. Carvalho (2015) ainda constatou que em temperaturas mais elevadas houve uma diminuição do número de folhas em decorrência da redução no desenvolvimento das gemas axilares e apical, ao passo que, para área foliar, foi provavelmente o mecanismo de defesa da planta que a diminuiu, para minimizar a perda de água por transpiração. Também foram reduzidos a altura da planta, o comprimento do caule e o desenvolvimento da raiz, com a influência negativa da última podendo limitar a melhor absorção de água e nutrientes aos 24 dias após o transplante.

Em relação aos frutos, que poderão se desenvolver bem caso o crescimento inicial das plantas não seja prejudicado, segundo Oliveira (2008), a temperatura, variável que poderá aumentar até 4,8 °C no cenário mais pessimista das mudanças climáticas, influencia diretamente no teor de açúcar, no sabor, no aroma e na consistência dos frutos de meloeiro, características decisivas no momento da comercialização.

Já quando se estudou o manejo da água de irrigação no meloeiro, Gondim *et al.* (2013), estudando projeções de demanda hídrica para irrigação do meloeiro no Submédio do Vale do São Francisco sob cenários de mudanças climáticas, viram que o modelo e cenário utilizados permitiram projetar um aumento na evapotranspiração de referência e demanda de água para irrigação da cultura do meloeiro para todas as datas de plantio, em função de projeções na elevação das temperaturas máximas e mínimas, assim como redução na precipitação anual. Assim, o plantio em julho na região semiárida resulta em menor demanda média futura de água para irrigação, embora a menor elevação percentual na demanda observada seja para os plantios em agosto. Considerando, então, o aspecto de demanda hídrica, o mês de julho pode ser recomendado para plantio, quando se visa menor consumo de água para região.

Segundo Gondim *et al.* (2017), estudando os impactos da mudança climática na demanda hídrica do melão na região do Jaguaribe-Apodi, estado do Ceará, constataram que preveem entre os anos de 2016 a 2060 uma temperatura média de 35,5 °C no cenário de controle e 36,4 °C no cenário mais pessimista para o mês de novembro (mais quente do ano para a região), comparado com uma temperatura média de 30,9 °C para o mesmo mês no período de 1961 a 1990. Ainda segundo esses autores, de acordo com os cenários desenvolvidos pelos modelos, espera-se que a mudança climática aumente a demanda de água de irrigação da colheita de melão e em todos os meses de plantação, mesmo que haja um aumento anual da precipitação. Uma vez que tal aumento seja esperado para meses chuvosos, a seguinte estação seca será prejudicada; infelizmente, é quando a colheita de melão deve ser irrigada.

A crescente demanda por água de irrigação em associação com maiores níveis de precipitação pode ajudar a um manejo sustentável das culturas, uma vez que a estação chuvosa mais intensa pode recarregar os aquíferos, conforme projetado pelo modelo aplicado por Gondim *et al.* (2017).

Além disso, a desertificação que será uma consequência das mudanças climáticas, principalmente na região semiárida, acarretará em solos e água para irrigação mais salinizados. Já que é uma região que tem uma alta demanda evaporativa e baixa pluviosidade, aumentando assim o

acúmulo de sais no solo e nos lençóis freáticos. Com isso, vários trabalhos já foram conduzidos na cultura do meloeiro, já que a mesma é produzida em grande escala exatamente nessa região. O aumento da salinidade diminuiu a massa seca da planta (TERCEIRO NETO *et al.*, 2014), a massa média dos frutos (DIAS *et al.*, 2011) e a área foliar (FREITAS, *et al.*, 2014) de plantas de meloeiro.

Segundo Silva Junior *et al.* (2010), a salinidade provocou, no melão Amarelo, incrementos significativos nos teores de carboidratos solúveis totais, sacarose e proteína solúvel, em que essas alterações na produção de compostos orgânicos podem representar um mecanismo de defesa da planta quando exposta ao estresse salino, melhorando a qualidade do fruto, pois Dias *et al.* (2011), trabalhando com salinidade no meloeiro, comprovaram que apesar de irrigação com água salina não poder acarretar uma produção elevada da cultura, o valor nutricional e a qualidade do fruto foram melhorados.

Diante dessa problemática, o sistema de produção do meloeiro terá que ser avaliado, sempre almejando a um manejo da irrigação eficiente e sem desperdícios, visto que a elevada produtividade do melão no semiárido de 30 ton ha¹ (FAO, 2015b) só pode ser conseguida com irrigação contínua.

Assim, a garantia para os produtores de melão de acesso à água durante a estação seca deve priorizar a eficiência do uso da água, peça fundamental para a redução da competição por água escassa e a sustentabilidade da continuidade da produção de melão regional (FIGUEIRÊDO *et al.*, 2014).

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. 19. ed. Informa Economics FNP. 2014.
- AINSWORTH, E. A.; ORT, D.R. How do we improve crop production in a warming world? **Plant Physiology**, v. 154, p. 526-530, 2010.
- ALVES, F. A. L.; FERREIRA-SILVA, S. L.; SILVEIRA, J.A.G.; PEREIRA, V.L.A. Efeito do Ca^{2+} externo no conteúdo de Na^+ e K^+ em cajueiros expostos a salinidade. **Agrária**, v. 6, p. 602-608, 2011.
- ANGELOTTI, F.; FERNANDES JUNIOR, P. I.; SÁ, I. B. Mudanças climáticas no Semiárido brasileiro: medidas de mitigação e adaptação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 6, p. 1097-1111, 2011.
- ARAÚJO, S. A. do C.; DEMINICIS, B.B. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.
- ARENQUE, B. C.; GRANDIS, A.; POCIUS, O.; SOUZA, A.P. DE; BUCKERIDGE, M. S. Responses of *Senna reticulata*, a legume tree from the Amazonian floodplains, to elevated atmospheric CO_2 concentration and waterlogging. **Trees**, v. 28, p. 1021-1034. 2014.
- BARROS, V da. S. **Pegada de carbono do melão produzido em sistema convencional ou conservacionista**. 2015. 120f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN.
- BARROS, J. R. A.; RÊGO, M. T. C.; OLIVEIRA, N. P. dos S.; SILVA, R. M. e; OLIVEIRA, F. O. E. C. de; DANTAS, B. F.; ANGELOTTI, F. Germinação de Sementes de Cebola em Diferentes Temperaturas Germination of Onion in Different Temperatures. **In: IV Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro, 2015, Petrolina. Anais IV SMUD, 2015.**
- BERNACCHI, C. J.; LEAKEY, A. D. B.; HEADY, L. E.; MORGAN, P. B.; DOHLEMAN, F. G.; MCGRATH, J. M. Hourly and seasonal variation in photosynthesis and stomatal conductance of soybean grown at future CO_2 and ozone concentrations for 3 years under full open-air field conditions. **Plant, Cell & Environment**, v. 29, p. 2077–2090, 2006.
- BEZERRA, A. K. P.; LACERDA, C. F de; LACERDA, F. de L.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B. da; GHEYI, H. R. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Ciência Rural**, v.40, p. 1075-1082, 2010.
- BEZERRA, M. A.; OLIVEIRA, R.A. de; LACERDA, C. F. de; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Fotossíntese de Plantas de Cajueiro-Anão Precoce Submetidas ao Estresse Salino. **Proceedings Interamerican Society For Tropical Horticultural**, v. 47, p. 149-152, 2003.
- BEZERRA, M. A.; ARAÚJO, L. F. de; CALVET, A. S.; CARVALHO, C. A. C. Cultivo do meloeiro em condições de elevados níveis de dióxido de carbono e de temperatura na atmosfera. **In: FIGUEIRÊDO, M. C. B. de; GONDIM, R. S.; ARAGÃO, F. A. S. de (Org.). Produção de melão e**

mudanças climáticas: sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica. 1ed. Brasília: Embrapa, 2017, n. 1, v. 1, p. 117-134.

BISHOP, K. A.; LEAKEY, A. D. B.; AINSWORTH, E. A. How seasonal temperature or water inputs affect the relative response of C3 crops to elevated [CO₂]: a global analysis of open top chamber and free air CO₂ enrichment studies. **Food and Energy Security**, v. 3, n. 1, p. 33-45, 2014.

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Política Nacional sobre Mudança do Clima. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 29 dez. 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm> Acesso em: 12 abr. 2015.

CARVALHO, C. A. C. de. **Impacto do estresse térmico e de CO₂ no crescimento inicial e na fisiologia do meloeiro**. 2015. 140f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

CARVALHO, J. F. de; TSIMPHO, C.J.; SILVA, E. F. de F.; MEDEIROS, P. R. F. de; SANTOS, M. H. V. dos; SANTOS, A. V. dos. Produção e biometria do milho verde irrigado com água salina sob frações de lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 368-374, 2012.

CAVALCANTE, L. F.; OLIVEIRA, F. A. de, GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, I. H. L.; SANTOS, P. S. **Água para agricultura: irrigação com água de boa qualidade e água salina**. In: CAVALCANTE, L.F. O maracujazeiro amarelo e a salinidade da água. João Pessoa: Sal da Terra, 2012. 400p.

CHAVES, M.M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v.103, p.551-560, 2009.

COSTA, N. D.; DIAS, R. C. S.; FARIA, C. M. B.; TAVARES, S. C. C. H., TERÃO, D. 2000. Cultivo do Melão. Petrolina, Embrapa semiárido, **Circular técnica**, v. 59, 67p.

DANTAS, B. F.; ANGELOTTI, F.; ARAGÃO, C. A. Will increasing temperature and CO₂ affect pumpkin early development in Brazilian semi-arid? **Revista Geama**, v.3, n.2, p.87-93, 2017.

DELAZERI, L. M. M.; CUNHA, D. A. da. Mudanças Climáticas e Migração Rural-Urbana no Semiárido Brasileiro: Tendências para o Futuro. In: IV Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro, 2015, Petrolina. Anais IV SMUD, 2015.

DELLA VECCHIA, P. T. **O Cultivo do melão no Brasil**. Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura. Disponível em: <<http://hortibrasil.org.br/classificacao/melao/melao.html>>. Acesso em: 09 jul. 2015.

DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M. de; SOUSA NETO, O. N. de; BLANCO, F. F.; REBOUÇAS, J. R. L. Concentração salina e fases de exposição à salinidade do meloeiro cultivado em substrato de fibra de coco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 915-921, 2011.

- FIGUEIRÊDO, M. C. B.; de BOER, I. J. M.; KROEZE, C.; BARROS, V. da S.; SOUSA, J. A. de; ARAGÃO, F.A.S. de; GONDIM, R.S.; POTTING, J. Reducing the impact of irrigated crops on freshwater availability: the case of Brazilian yellow melons. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 19, p. 437-448, 2014.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). 2015a. **Agricultural production, primary crops**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>. Acesso em: 08 jun. 2015. 2015a.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO); WORLD WATER COUNCIL (WWC). 2015b. **Towards a water and food secure future: critical perspectives for policy-makers**, South Korea, 76p.
- FREITAS, L. D. A.; FIGUEIRÊDO, V. B.; PORTO FILHO, F. de Q.; COSTA, J. C. da; CUNHA, E. M. da. Crescimento e produção do meloeiro cultivado sob diferentes níveis de salinidade e nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 28, Suplemento, p. 20-26, 2014.
- FUHRER, J. Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone, and global climate change. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 97, p.1-20, 2003.
- GABRIEL, L. F.; STRECK, N. A.; UHLMANN, L. O.; SILVA, M. R. da; SILVA, S. D. da. Mudança climática e seus efeitos na cultura da mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 90-98, 2014.
- GARCIA, J. B.; JULIÃO, L.; PAGLIUCA, L.G. **Melão: clima seco pode limitar exportação**. Hortifruti Brasil - CEPEA, Ed. 146, junho de 2015. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/146/melao.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2017.
- GHINI, R. 2005. **Mudanças climáticas globais e doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 104p.
- GOMES, E. R.; SILVA, L. R. A. da; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; SOUSA, V. F. de; MOUSINHO, F. E. P. Potencial hídrico foliar da melancia em resposta a variação no conteúdo de água no solo. **Irriga**, Edição Especial 1, p. 29-39, 2014.
- GONDIM, R. S.; CASTRO, M. A. H. de; TEIXEIRA, A. S.; EVANGELISTA, S. R. M. Impactos das mudanças climáticas na demanda de irrigação da bananeira na Bacia do Jaguaribe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 594-600, 2011.
- GONDIM, R. S.; MAIA, A. de H. N.; EVANGELISTA, S. R. M.; BASSOI, L. H.; DUARTE, A. de S.; PACHECO, A.N.P. **Projeções de Demanda Hídrica para Irrigação do Meloeiro no Submédio São Francisco sob Cenários de Mudanças Climáticas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013 (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).
- GONDIM, R. S.; MAIA, A. de H. N.; FUCK JÚNIOR, S. C. de F.; EVANGELISTA, S. R. de M. Mudanças climáticas, agricultura irrigada e integração de modelos. **In: III Workshop Internacional de Inovação Tecnológica na Irrigação & II Conferência sobre Recursos Hídricos do Semiárido**

Brasileiro, 2010, Fortaleza. III Workshop Internacional de Inovação Tecnológica na Irrigação & II Conferência sobre Recursos Hídricos do Semiárido Brasileiro. Fortaleza: Instituto CENTEC, 2010.

GONDIM, R. S.; EVANGELISTA, S. R. de M.; MAIA, A. de H. N.; DUARTE, A. de S. Climate change impacts on water demand of melon plants in Jaguaribe-Apodi region, Brazil. *Engenharia Agrícola*, v. 37, n. 3, p. 591-602, 2017.

GRANDIS, A. **Respostas fotossintéticas e de crescimento da espécie amazônica *Senna reticulata* sob elevada concentração de CO₂**. 2010. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Fisiologia e Bioquímica de Plantas) Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.

GURGEL, M. T. Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. **Revista GARCIA, J. B.; JULIÃO, L.; PAGLIUCA, L. G. *Melão*: qualidade garante maiores exportações de melão na safra 2014/15. Hortifruti Brasil - CEPEA, Ed. 145, maio de 2015. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/145/full.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2017.**

HAN, J. H.; CHO, J. G.; SON, I. C.; KIM, S. H.; LEE, I. B.; CHOI, I. M.; KIM, D. Effects of Elevated Carbon Dioxide and Temperature on Photosynthesis and Fruit Characteristics of ‘Nittaka’ Pear (*Pyrus pyrifolia Nakai*). **Horticulture Environment Biotechnology**, v. 53, n. 5, p. 357-361, 2012.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Working Group II contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. 190p.**

IPECE. Boletim da Conjuntura Econômica Cearense - 1º trimestre de 2015. Fortaleza, CE. 2015. **Disponível em:** http://www.ipece.ce.gov.br/categoria2/ipece-conjuntura/IPECE_CONJUNTURA_N1_1_trim2015.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2015.

IPECE. Boletim da Conjuntura Econômica Cearense - 4º trimestre de 2016. Fortaleza, CE. 2016. **Disponível em:** http://www.ipece.ce.gov.br/ipece_conjuntura/IPECE_CONJUNTURA_N4_4_trim2016.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2017.

KOSOBRYUKHOV, A. A. Activity of the photosynthetic apparatus at periodic elevation of CO₂ concentration. **Russian Journal Plant Physiology**, v. 56, p. 8-16, 2009.

LACERDA, C. F. de; SOUSA, G. G.; SILVA, F. L. B.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, G. L.; CAVALCANTE, L. F. Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters. **Engenharia Agrícola**, v. 1, p. 663-675, 2011.

LAW, R. D.; CRAFTS-BRANDNER, S. J. Inhibition and acclimation of photosynthesis to heat stress is closely correlated with activation of Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase. **Plant Physiology**, v. 120, p. 173-182, 1999.

LEAKEY, A. D. B.; AINSWORTH, E. A.; BERNACCHI, C. J.; ROGERS, A.; LONG, S. P.; ORT, D. R. Elevated CO₂ effects on plant carbon, nitrogen, and water relations: six important lessons from FACE. **Journal of Experimental Botany**, p.1-18, 2009.

LONG, S. P. Modification of the response of photosynthetic productivity to rising temperature by Atmospheric CO₂ concentrations: has its importance been underestimated? **Plant, Cell & Environment**, v. 14, p. 729-739, 1991.

LYRA, D.; ISMAIL, S.; KHALIL-UR-REHMAN. *Salicornia bigelovii*: a promising halophytic species for salinized coastal regions. In: Innovations for sustainability and food security in arid and semiarid lands. **Biosalinity News**, v. 15, Ed. 02, 2014. 16p.

MARTINEZ; C. A.; BIANCONI, M.; SILVA, L.; APPROBATO, A.; LEMOS, M.; SANTOS, L.; CURTARELLI, L.; RODRIGUES, A.; MELLO, T.; MANCHON, F. Moderate warming increases PSII performance, antioxidant scavenging systems and biomass production in *Stylosanthes capitata* Vogel. **Environmental and Experimental Botany**, v. 102, p. 58–67, 2014.

MIGLIETTA, F.; PERESSOTTI, A.; VACCARI, F. P.; ZALDEI, A.; ANGELIS, P. de; SCARASCIA-MUGNOZZA, G. Free air CO₂ enrichment (FACE) of a poplar plantation: the POPFACE fumigation system. **New Phytologist**, v. 150, p. 465- 476, 2001.

MONTEIRO, R. O. C. **Influência do gotejamento subterrâneo e do “mulching” plástico na cultura do melão em ambiente protegido**. 2007. 178 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell & Environment**, v. 25, n. 2, p. 239-250, 2002.

OLIVEIRA, A. M. **Aspectos técnicos e ambientais da produção de melão na Zona Homogênea Mossoroense, com ênfase ao controle da mosca-branca e da mosca minadora**. 2008. 177 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2008.

PAULA, F. L. M. de; FRIZZONE, J. A.; PAULA, A. L. de; DIAS, C. T. dos S.; SOARES, T.M. Produção de pimenta tabasco com aplicação de CO₂, utilizando-se irrigação por gotejamento. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 133-138, 2011.

PBMC - PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. 2014. **Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas**. AMBRIZZI, T.; ARAUJO, M. (eds.). COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 pp.

PEREIRA, J. R. 1986. Solos salinos e sódicos. **In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo**, 15. Campinas: SBCS, 1983. p.127-143.

PIMENTEL, C.; BERNACCHI, C.; LONG, S. Limitations to photosynthesis at diferente temperatures in leaves of Citrus lemon. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, p. 141-147, 2007.

PINTO, J. M.; FARIA, C. M. B. de; FEITOSA FILHO, J. C. Produtividade e qualidade de frutos do meloeiro, em função de nitrogênio e de CO₂ aplicados via fertirrigação. **Irriga**, v. 11, n. 2, p. 198-207, 2006.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. **In:** CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ V. V. H. (ed.). Tópicos em ciência do solo. v.3. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p.165-208.

ROMANO, R. A. **Modelagem e controle de CO₂ em câmaras de topo aberto utilizadas em estudos de fisiologia de plantas**. 2006. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SANTOS, T. de L. **Avaliação de impactos ambientais da produção de melão em sistema convencional e conservacionista no sumédio São Francisco**. 2015. 111 f. Mestrado (Dissertação em Engenharia Civil – Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

SCHLENKER, W.; ROBERTS, M. J. Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, p. 15594–15598, 2009.

SEBRAE. 2016. Fruticultura: Cenários e projeções estratégicas. **Disponível em:** <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/e93e6e44c0b1ec9bed5f9ed186ab6b7e/\\$File/6083.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/e93e6e44c0b1ec9bed5f9ed186ab6b7e/$File/6083.pdf)>. Acesso em: 12 mai. 2017.

SEO, N. An analysis of public adaptation to climate change using agricultural water schemes in South America. **Ecological Economics**, v. 70, n. 4, p. 825-834, 2011.

SILVA, H. R.; COSTA, N. D. **Melão: produção aspectos técnicos. Séries: Frutas do Brasil**. Embrapa, 2003. 144p.

SILVA JUNIOR, G. de S. e; SILVA, L.E. da; AGUIAR, L.A. de A.; LIMA, A.B. Metabolismo bioquímico e enzimático em cultivares de melão submetido à salinidade. **In:** Simpósio Brasileiro de Salinidade, 2010, Fortaleza. INCTSal. Anais. 2010.

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

WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ROSA, H. T.; KRUGER, C. A. M. B. Mudança climática e seus efeitos na cultura do arroz. **Ciência Rural**, v. 40, n. 11, 2010.

YAMORI, W.; HIKOSAKA, K.; WAY, D. Temperature response of photosynthesis in C₃, C₄, and CAM plants: temperature acclimation and temperature adaptation. **Photosynthesis Research**, v. 119, p. 101–117, 2014.

3 CRESCIMENTO INICIAL E FISIOLOGIA DE PLANTAS DE MELOEIRO SUBMETIDAS AO AUMENTO DA [CO₂] E ALTAS TEMPERATURAS

RESUMO

No cenário futuro de mudanças climáticas, os impactos da elevação da temperatura e da concentração de CO₂ ambiente poderá exigir alterações no manejo do meloeiro. Dessa forma, objetiva-se estudar as respostas do crescimento inicial de plantas de meloeiro ao aumento da temperatura e da concentração de CO₂ na atmosfera. Dois experimentos foram realizados na Embrapa Semiárido (Petrolina – PE), o primeiro em câmara de topo aberto modificadas (CTA) em campo, com os seguintes tratamentos: 1- Câmara com plástico lateral mais adição de CO₂ (550 ppm); 2 - Câmara com plástico e CO₂ ambiente (360 ppm) e 3 - Sem plástico e CO₂ ambiente. O delineamento experimental foi em blocos, com três repetições. Já no segundo, foram utilizadas câmaras de crescimento sob duas temperaturas diferentes (37 °C e 40 °C), em que o delineamento foi inteiramente ao acaso com quatro repetições. Para os dois experimentos foram cultivadas, por 30 dias, plantas de meloeiro amarelo (cv. Goldex). A irrigação e a adubação foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas da cultura. A mensuração das variáveis de crescimento foi realizada a cada 5 dias e as trocas gasosas no final do experimento. Foi realizada análise metabolômica nas folhas e nas raízes do meloeiro por ressonância magnética nuclear (RMN). A elevação da concentração de CO₂ assegurou um aumento nas taxas transpiratórias e fotossintéticas das plantas de meloeiro. O incremento de CO₂ nas câmaras de topo aberto modificadas, aliado ao aumento da temperatura provocado pelo plástico provocou um decréscimo no crescimento das plantas, especialmente nos primeiros 20 dias. Em câmaras de crescimento, as trocas gasosas não foram alteradas com o aumento da temperatura e o crescimento inicial do meloeiro se mostrou moderadamente tolerante ao aumento de 3 °C. O aumento de temperatura, e não de CO₂, diminuiu a quantidade de carboidratos simples nas folhas. Já nas raízes, houve um maior acúmulo de carboidratos na temperatura média de 37 °C. Em condições de 550 ppm de CO₂ e temperaturas acima de 40 °C, as plantas foram afetadas negativamente quanto ao seu crescimento.

Palavras-chave: Elevada concentração de dióxido de carbono. Estresse térmico. Aclimação. Melão

ABSTRACT

In the future scenario of climate change, the impacts of elevated temperature and ambient CO₂ concentration may require changes in melon handling. The objective of this study was to study the initial growth response of melon plants to the increase of temperature and CO₂ concentration in the atmosphere. Two experiments were carried out at Embrapa Semiárido (Petrolina - PE). The first one, modified open top chambers (OTCs) were used in the field, with the following treatments: 1- Side plastic chamber plus CO₂ addition (550 ppm); 2- Chamber with plastic and CO₂ environment (360 ppm) and 3- Without plastic and ambient CO₂ concentration (360 ppm). The experimental design was in blocks, with three replicates. In the second one was done in growth chambers under two different temperatures (37 °C and 40 °C), in which the design was entirely randomized with four replicates. Gaseous exchanges, growth variables and carbohydrate contents were measured for all experiments, growing yellow melon crop (Cv Goldex) until the flowering phase (initial growth). Regarding the results of the Petrolina experiments in low-radiation growth chambers, the gas exchanges were not

altered with increasing temperature and the initial growth of the melon crop was moderately tolerant to high temperatures. The increase of CO₂ in the OTCs, combined with the increase in temperature caused by plastic, caused a decrease in plant growth. Elevation of CO₂ concentration resulted in an increase in transpiratory and photosynthetic rates of melon crop. Furthermore, under conditions of 550 ppm CO₂ and average temperatures above 40 °C, plants were negatively affected as to their growth

Keywords: High carbon dioxide concentration. Thermal stress. Acclimatization. Melon

INTRODUÇÃO

Dados mundiais sobre a resposta de culturas com metabolismo fotossintético C₃ cultivadas em campo, sob elevada concentração de CO₂, mostram estímulo da produção de biomassa, aumento no rendimento econômico e redução no aporte de água (BISHOP; LEAKEY; AINSWORTH, 2014).

Embora o aumento futuro na concentração de CO₂ na atmosfera esteja acompanhado de redução no abastecimento de água, é notável que a temperatura é mais importante que a precipitação na produção agrícola em respostas às mudanças climáticas (LOBELL; BURKE, 2008).

O meloeiro, uma planta C₃, que em teoria deve se beneficiar do aumento de CO₂ ambiente, é uma das espécies olerícolas mais cultivadas no Nordeste brasileiro, região responsável por mais de 95% da produção nacional deste fruto (AGRIANUAL, 2014).

Nessa região o cenário de mudanças climáticas aponta para um acréscimo na temperatura com secas prolongadas, apresentando áreas em processo de desertificação com escassez hídrica, havendo a necessidade de se alterar o manejo da cultura do meloeiro, sem perdas na produtividade. Logo, no cenário futuro de mudanças climáticas, a elevação da temperatura e do CO₂ ambiente exigirá que o manejo do meloeiro seja alterado utilizando plantas mais tolerantes a essas adversidades.

Em razão do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar o crescimento inicial de plantas de meloeiro frente ao aumento da temperatura e da concentração de CO₂ na atmosfera, visando verificar os impactos da mudança climática sobre a cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimento com aumento da concentração de CO₂ em câmaras de topo aberto modificadas

Local do experimento

O trabalho foi realizado na Embrapa Semiárido (09° 04' S, 40° 19' O), Petrolina, PE. O solo da região é um ARGISSOLO AMARELO e o clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Bsw^h, muito quente e semiárido, com estação chuvosa no verão e elevada evaporação. O experimento foi conduzido entre março e abril de 2014, com cerca de 30 dias de duração. Durante o período de condução das plantas de meloeiro, choveu aproximadamente 62 mm, possibilitando assim uma maior umidade para o solo em estudo.

A caracterização química e de fertilidade do solo de cultivo do meloeiro se encontra na tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Análise de fertilidade do solo feita no início do experimento na área do experimento (Petrolina - PE, fevereiro de 2014).

	C.E.	pH	M.O	P	K	Na	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	Cu	Fe	Mn	Zn
Profundidade	mS cm ⁻¹		g kg ⁻¹	mg dm ⁻³				cmol _c dm ⁻³				%		mg dm ⁻³		
0-20 cm	0,2	5,7	8,9	38,4	0,2	0,04	2,3	0,7	2,2	3,3	5,5	60,4	1,1	55,9	48,5	4,0

Caracterização dos tratamentos

Foram utilizadas câmaras de topo aberto modificadas (Figura 2.1), caracterizadas como estruturas circulares, emolduradas com barras de alumínio e filme de PVC transparente, com 2,0 m de diâmetro e 1,2 m de altura. Os tratamentos consistiram em: 1- Câmara com plástico lateral mais adição de CO₂ (550 ppm); 2- Câmara com plástico lateral e CO₂ ambiente e 3- Sem plástico e CO₂ ambiente.

O delineamento foi em blocos casualizados, com três repetições. Ao redor da área experimental foi plantada cana-de-açúcar com a função de quebra-ventos.

A concentração de CO₂ foi medida por analisadores de gás infravermelho (IRGA), que forneceram informações a um controlador que atua na regulação de abertura de válvulas para a injeção

de CO₂ nas câmaras de topo aberto modificada. As liberações de CO₂ eram acionadas às 6:00 da manhã e suspensas às 18:00 da noite.

Figura 2.1 - Detalhe das câmaras de injeção de CO₂.



Fonte: Autor

As condições meteorológicas foram monitoradas por um datalogger CR23X (Campbell Scientific INC.), programado para medir as variáveis dos sensores a cada segundo e gravar dados a cada minuto.

O sistema de injeção de CO₂ constava de cilindros de dióxido de carbono, manômetro, painel de controle e sensores de temperatura e umidade do ar (HMP45C, Vaisala), radiação solar global (CM3, Kipp e Zonen), radiação fotossinteticamente ativa (LI-190, Li-Cor), velocidade e direção do vento (05103, Young), e precipitação (TB4, Hydrological Services) (Figura 2.2).

Figura 2.2 – Monitoramento das condições meteorológicas e sistema de injeção de CO₂.



Fonte: Autor

Plantio e condução da cultura

O plantio das sementes do meloeiro (melão Amarelo – variedade Goldex) foi realizado em bandejas de plástico com substrato comercial. As bandejas foram mantidas dentro das câmaras e o transplântio das plântulas foi realizado aproximadamente oito dias após a semeadura, quando estas apresentaram a primeira folha verdadeira aberta

Para cada parcela experimental foram transplantadas 10 plantas de meloeiro, sendo realizadas coletas destrutivas das plantas aos 10, 15, 20, 25 e 30 dias após o transplântio. Foram retiradas duas plantas por época amostrada, em cada parcela, para mensuração das variáveis de crescimento (Figura 2.3).

A adubação foi realizada de acordo com a análise de solo (Tabela 2.1), seguindo a recomendação de adubação mineral para o meloeiro no Nordeste (CRISÓSTOMO *et al.*, 2002), utilizando 89 kg ha⁻¹ de ureia, como fonte de nitrogênio (N), 413 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo, como fonte de fósforo (P) e 89 kg ha⁻¹ do fertilizante cloreto de potássio como fonte de potássio (K).

A irrigação foi feita diariamente por meio de gotejadores, de acordo com a necessidade hídrica da cultura e do clima da região. Foram realizadas capinas manuais e utilizados inseticidas, como o 250WG, para combate à mosca branca, tripses e larva minadora durante todo o período experimental.

Figura 2.3 - Retirada das plantas de meloeiro amarelo por época amostrada.



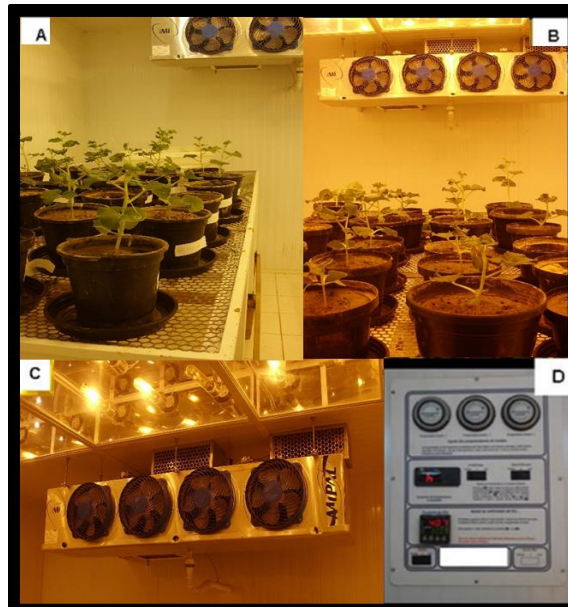
Fonte: Autor

Experimento com aumento de temperatura em câmaras de crescimento

Caracterização dos tratamentos

Os tratamentos utilizados foram duas diferentes temperaturas durante toda a duração do experimento (37 °C e 40 °C), com quatro repetições, dispostas em delineamento inteiramente casualizado.

Figura 2.4 - Câmara de crescimento. (A e B) Mudanças de meloeiro para estudos sobre efeito da temperatura nas plantas; (C) Sistema de iluminação e umidificação; (D) Painel para regulação das condições ambientais.



Fonte: Adaptado de Angelotti, Fernandes Junior; Sá (2011).

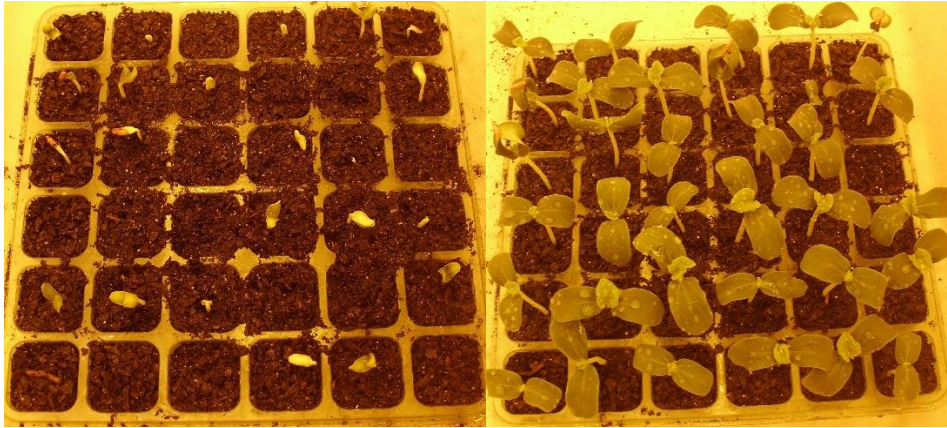
Plantio e condução da cultura

O plantio das sementes do meloeiro (melão Amarelo – variedade Goldex) foi feito em bandejas de plástico com substrato comercial (Figura 2.5). O transplantio das plântulas foi realizado aos sete dias após a semeadura, para vasos de 3 kg. O substrato colocado nos vasos teve uma proporção de 80% de solo e 20% de esterco de caprino curtido. Toda a etapa de germinação das sementes foi realizada dentro das próprias câmaras de crescimento, nas condições citadas acima.

Para cada parcela experimental foram utilizadas 10 plantas de meloeiro, sendo realizadas coletas destrutivas de duas das plantas aos 10, 15, 20, 25 e 30 dias, após o transplantio. A irrigação

foi feita manualmente com o auxílio de um regador, duas vezes ao dia, sempre deixando o solo úmido, na sua capacidade de campo.

Figura 2.5 - Plantio das sementes dentro das bandejas de plástico.



Fonte: Autor.

Variáveis comuns aos dois experimentos

Trocas gasosas

A temperatura foliar ($^{\circ}\text{C}$), a fotossíntese líquida ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a transpiração ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) foram mensuradas com o auxílio de um analisador de gás por infravermelho (IRGA) (LCpro, ADC, Hoddesdon, UK) no final do experimento (30 dias após o transplante), no horário de 9:00 as 12:00 da manhã nas folhas mais desenvolvidas (quatro folhas por repetição).

Crescimento e desenvolvimento

As variáveis analisadas a cada cinco dias foram: comprimento da raiz (C_{Raiz}) e do ramo principal (C_{RP}) em cm (medidos com uma régua), número de folhas (NF), área foliar (AF) em cm^2 , massas da matéria fresca e seca da raiz (MFR e MSR) e da parte aérea (MFPA e MSPA) (balança).

As plantas retiradas foram armazenadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada de ar, a 70°C , até atingir o peso constante.

Com os dados de peso, área e comprimento foram estimadas as seguintes variáveis não lineares de crescimento: razão de área foliar (RAF) em $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$, taxa assimilatória líquida (TAL) em $\text{g dm}^{-2} \text{dia}^{-1}$, taxa de crescimento absoluto (TCA) em g dia^{-1} e taxa de crescimento relativo (TCR) em $\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$. Essas variáveis foram calculadas segundo Benincasa (2003).

A RAF é a relação entre área foliar (AF) e a massa seca total da planta (MST):

$$RAF = \frac{AF}{MST} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que: AF = área foliar em cm^2

MST = massa seca total da planta em g

A TAL representa o incremento em matéria seca por cada unidade de superfície de área foliar disponível à planta, durante um certo intervalo de tempo pré-determinado:

$$TAL = \frac{(MST2 - MST1) \times (\ln AF2 - \ln AF1)}{(AF2 - AF1) \times (T2 - T1)} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que: $\ln AF$ = logaritmo neperiano da área foliar

MST = massa seca total da planta em g

$T2$ e $T1$ = tempo em dias

Já a TCA representa o ganho de matéria seca de uma planta sem levar em consideração o material inicial existente que deu origem a esse ganho:

$$TCA = \frac{(MST2 - MST1)}{(T2 - T1)} \quad (\text{Eq. 3})$$

$T2$ e $T1$ = tempo em dias

Por fim, a TCR equivale a quantidade de material vegetal produzido por determinada quantidade de material existente, durante um intervalo de tempo prefixado:

$$TCR = \frac{(\ln MST2 - \ln MST1)}{(T2 - T1)} \quad (\text{Eq. 4})$$

Em que: $\ln MST$ = logaritmo neperiano da massa seca total

MST = massa seca total da planta em g

T2 e T1 = tempo em dias

2.3.3 Análise metabolômica

Para análise metabolômica por ressonância magnética nuclear (RMN ^1H), amostras foliares de meloeiro foram acondicionadas a -80°C , posteriormente liofilizadas e maceradas com nitrogênio líquido. Os metabólitos primários (carboidratos, lipídeos, aminoácidos e proteínas) foram determinados a partir da maceração de 25 mg do material liofilizado, com as amostras sendo colocadas em eppendorf com 0,75 mL de clorofórmio e 0,75 mL de hexano.

Em seguida, o material foi colocado em ultrassom por 20 min, seguido de centrifugação por 5 min (esse processo foi repetido por mais uma vez). O precipitado foi colocado no evaporímetro por 20 min, sendo adicionado 700 μL de metanol deuterado no eppendorf. Todo esse procedimento foi feito para retirar a clorofila, já que a mesma interfere nos resultados. Para análise de metaboloma nas raízes, o procedimento foi direto, já que na raiz não tem clorofila, adicionando apenas 700 μL de metanol deuterado no eppendorf com 25 mg de amostra.

O sobrenadante foi removido e analisado tanto para folhas como para raízes em um equipamento Agilent DD2 de 600 MHz, equipado com uma sonda One Probe de 5 mm (H-F/15N-31P) e gradiente de campo no eixo “z”.

Análise estatística comum aos dois experimentos

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e feita comparação entre médias, aplicando o teste de Tukey a 1 e 5% de probabilidade quando os dados foram significativos para o teste F. O software estatístico utilizado foi o ASSISTAT versão 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento com aumento da concentração de CO_2 em câmaras de topo aberto modificadas

Trocas gasosas

Para os dados de trocas gasosas aos 30 dias de experimento, a condutância estomática e a temperatura foliar não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Análise de variância para as variáveis de trocas gasosas aos 30 dias: temperatura foliar, transpiração (E), condutância estomática (g_s) e fotossíntese líquida (A).

Fator de variação	GL	Quadrado médio (QM)			
		Temperatura foliar (°C)	E (mmol m ⁻² s ⁻¹)	g_s (mol m ⁻² s ⁻¹)	A (μmol m ⁻² s ⁻¹)
Blocos	2	2,71801 ns	8,57954 ns	1,23844 ns	7,77963 ns
Tratamentos	2	11,77314 ns	17,59154 *	0,48472 ns	28,64920 *
Resíduo	4	1,93241	1,62151	0,75052	7,19013
CV (%)		3,49	11,37	52,75	10,86

*: significativo a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F; ns: não significativo.

A temperatura do ambiente, mensurada por volta de 11:00 h, período em que a temperatura do ar também era elevada, foi bem maior nos tratamentos com plástico, com uma média de 39,5 °C; 40,7 °C e 44,0 °C para os tratamentos com 360 ppm, 360 ppm com plástico e 550 ppm de CO₂ com plástico, respectivamente (Figura 2,6 A).

Apesar de não significativa estatisticamente, a temperatura foliar dentro das câmaras com injeção de CO₂ (550 ppm) foi aumentada, com uma média de 42 °C, enquanto no tratamento sem injeção de CO₂, com plástico, essa média foi de 39,4°C. Já a testemunha (360 ppm), sem plástico, a média foi de aproximadamente 38,2°C para os mesmos horários (Figura 2.6 B).

Barros; Ghini (2008), monitorando a concentração de CO₂ e a temperatura média diária no interior de câmaras de topo aberto, observaram que a concentração de CO₂ nas câmaras com injeção foi, em média 15% superior àquelas sem injeção e sem câmara e a temperatura média nas câmaras permaneceu, aproximadamente, 1,5 °C maior que nas parcelas sem câmara.

O mesmo comportamento de elevação da temperatura foliar foi observado para a transpiração das plantas, com o menor valor no tratamento controle, seguido do tratamento com plástico sem aumento de CO₂ e o maior valor nas plantas cultivadas sob plástico, com aumento de CO₂. Aqui, houve significância entre os tratamentos (Figura 2.6 C).

Não houve diferença entre os tratamentos com relação à condutância estomática, provavelmente devido o bom suprimento de água para as plantas e/ou ao elevado coeficiente de variação dessa variável (Figura 2.6 D).

Para Passioura (1982), em condições de alta temperatura e aumento da concentração de CO₂, o fechamento estomático é uma importante estratégia de defesa de plantas para minimizar a perda de água. Nessas condições, segundo Taiz; Zeiger (2013), o movimento estomático constitui-se num importante meio de defesa vegetal contra perdas excessivas de água e eventual morte por

dessecação, além disso, as células-guarda são sensíveis aos níveis de CO₂. Essa estratégia não foi utilizada pelas plantas no presente trabalho, uma vez que sob elevada concentração de CO₂ não houve fechamento estomático e a transpiração foi aumentada.

O aumento da concentração de CO₂ reduziu a condutância estomática das cultivares Marataoã e Tapaihum de feijão-caupi em 33,57% e 60,10%, respectivamente (BARBOSA *et al.*, 2011). Ainda segundo esses autores, a cultivar Marataoã reduziu 26,82% da transpiração em ambiente enriquecido com CO₂. Ainsworth; Rogers (2007) constatou que a elevação da [CO₂] em experimentos FACE reduziu a condutância estomática em 22% em plantas C3.

O aumento na concentração de CO₂ disponível para as plantas permitiu um aumento acentuado na fotossíntese líquida das mesmas, de cerca de 25% e 21% em relação ao CO₂ ambiente e ao tratamento de CO₂ ambiente com plástico, respectivamente (Figura 2.6 E).

Plantas bem hidratadas com rota fotossintética C3 são muito mais responsivas ao aumento do CO₂ que as plantas C4, com a taxa fotossintética líquida aumentando 20% ou mais em plantas C3, em função do aumento nos níveis de CO₂ intercelular (TAIZ; ZEIGER, 2013).

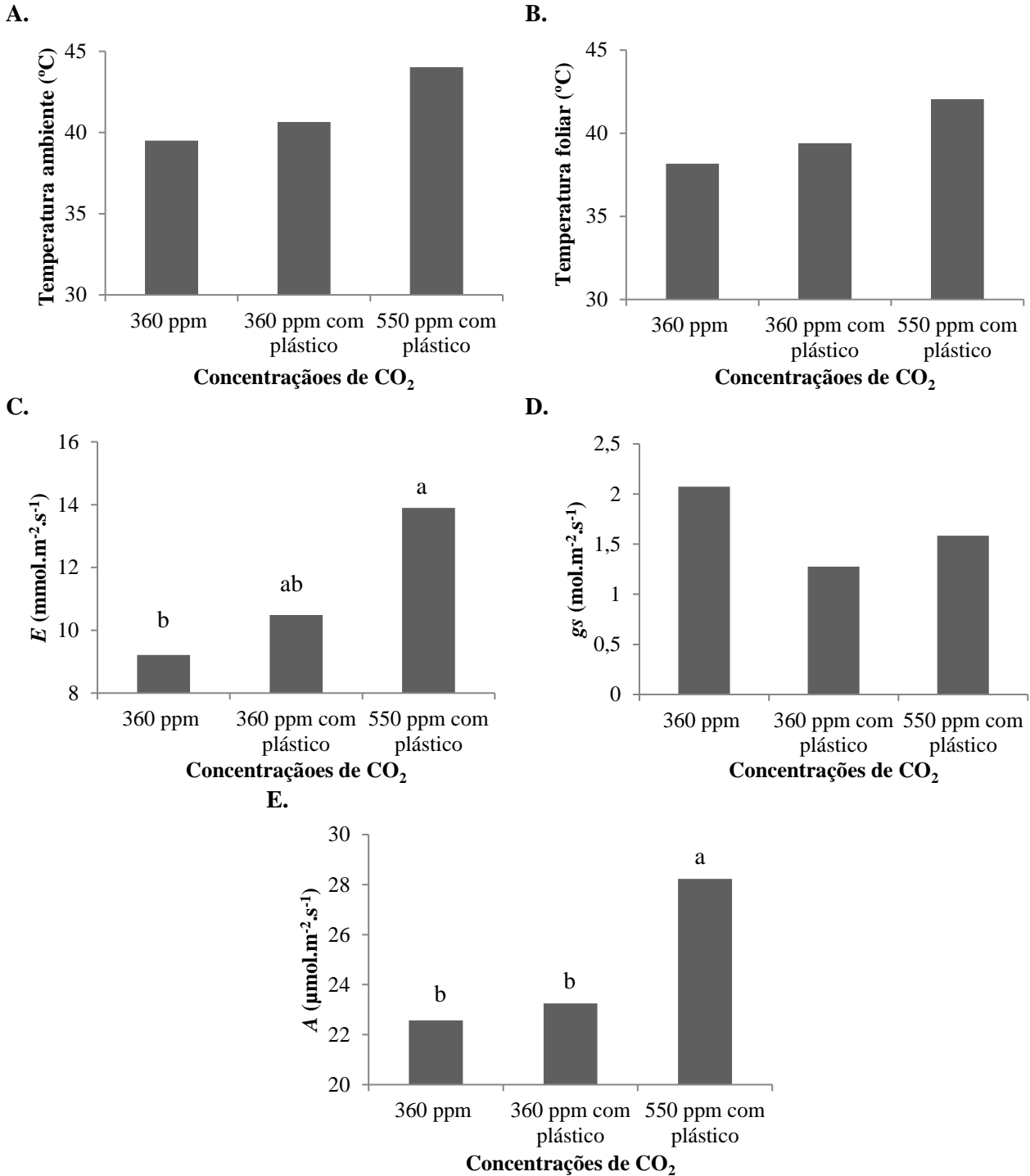
Em plantas C3, que é o caso do meloeiro, o aumento do CO₂ atmosférico acima do ponto de compensação estimula a fotossíntese em uma ampla faixa de concentração, especialmente porque a carboxilação toma o lugar da oxigenação pela rubisco, o que provavelmente ocorreu neste experimento.

Grandis (2010), estudando as respostas fotossintéticas da espécie amazônica *Senna reticulata* sob elevado CO₂, observou efeitos positivos significativos nas taxa fotossintética aos 30 e 45 dias nas plantas do elevado CO₂ (cerca de 28%), em que o aumento da fotossíntese nestas plantas pode ser explicado pelo aumento de pressão de CO₂ no sítio ativo da enzima Rubisco.

Segundo Taiz; Zeiger (2013), o CO₂ difunde-se da atmosfera para as folhas: primeiramente através dos estômatos, depois através dos espaços intercelulares e, finalmente, para o interior de células e cloroplastos. Na presença de quantidades adequadas de luz, concentrações mais elevadas de CO₂ sustentam taxas fotossintéticas maiores, por isso que os dados de fotossíntese foram maiores no tratamento com injeção de CO₂.

Em trabalhos reunidos por Jones; Curtis (2000) são feitas diversas referências de que o aumento da concentração de CO₂ provoca alterações no metabolismo das plantas, como aumento na taxa fotossintética, melhor eficiência no uso da água e aumento de produção.

Figura 2.6 – Temperatura ambiente (A) e as variáveis de trocas gasosas: temperatura foliar (B), transpiração (E) (C), condutância estomática (g_s) (D) e fotossíntese líquida (A) (E) de plantas de meloeiro submetidas a diferentes concentrações de CO_2 .



Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Crescimento

As taxas de crescimento podem ser observadas na Figura 2.7. Ao se analisar o comportamento de crescimento das plantas ao longo do período experimental, verificou-se que a razão de área foliar foi menor no tratamento com concentração de 550 ppm de CO₂ (Figura 2.7 A).

Isto porque os valores de área foliar foram baixos, decorrência das altas taxas transpiratórias e respiratórias, diminuindo assim a área disponível para realizar a fotossíntese, prejudicando o desenvolvimento da planta, principalmente o crescimento da folha.

Até os 20 dias de crescimento, a taxa assimilatória líquida (TAL) foi menor nas plantas sob elevado CO₂. Entretanto, dos 20 aos 25 dias, houve um pronunciado incremento na TAL das plantas crescidas no ambiente enriquecido com CO₂ (Figura 2.7 B), tendência esta que provavelmente se manteve dos 25 aos 30 dias, uma vez que a taxa fotossintética das plantas aos 30 dias, uma medida instantânea da assimilação do CO₂ atmosférico, foi mais elevada nas plantas desse tratamento. Inicialmente, a elevação na concentração de CO₂ pode ter provocado uma redução acentuada na abertura estomática, limitando a incorporação de carbono, como pode ser observado pela baixa TAL nos primeiros 20 dias de tratamento (Figura 2.7 B).

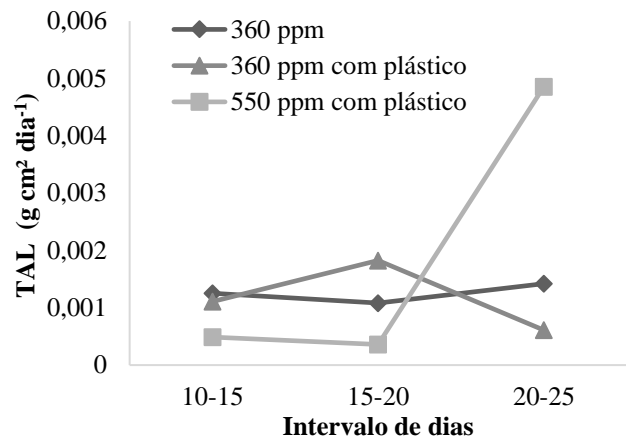
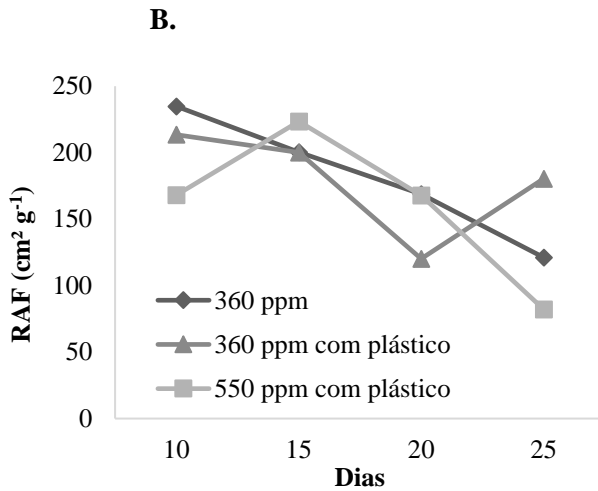
Com a adaptação das plantas ao ambiente de CO₂ modificado, houve um aumento na abertura estomática, que se assemelhou aos demais tratamentos aos 30 dias (Figura 2.6 D), com conseqüente aumento da fotossíntese. Essa recuperação na taxa fotossintética nos últimos 7-10 dias do experimento não foi suficiente para reverter a taxa de crescimento das plantas submetidas ao ambiente com elevado CO₂, pois a planta submetida ao alto CO₂ cresceu menos e com isso produzirá menos flores e frutos.

Também pode ter ocorrido que as maiores temperaturas neste tratamento podem ter impactado mais intensamente a expansão dos tecidos, devido a planta mais jovem, provavelmente, ser mais sensível à maior temperatura, apresentando restrição de condutância estomática visando economia de água, mas que implicaria em menores taxas de assimilação fotossintética.

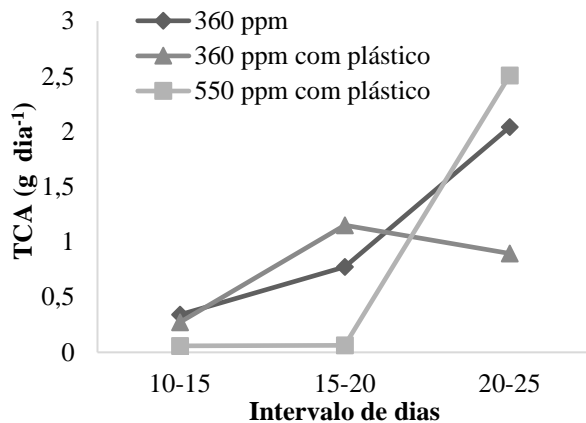
Estudos eletrofisiológicos mostraram que a elevada [CO₂] aumenta a atividade de canais de exportação de K⁺, diminui a atividade de canais de importação do K⁺, melhora a atividade do canal de S, estimula a liberação de Cl⁻ das células guarda e aumenta a concentração de Ca²⁺ dessas células (WEBB *et al.*, 1996; BREARLEY, VENIS; BLATT 1997; HANSTEIN; FELLE 2002; RASCHKE, SHABAHANG; WOLF, 2003), provocando uma redução da abertura estomática.

Figura 2.7 - Razão de área foliar (RAF) (A), taxa assimilatória líquida (TAL) (B), taxa de crescimento absoluto (TCA) (C) e taxa de crescimento relativo (TCR) (D) de plantas de meloeiro sobre efeito do incremento do CO₂.

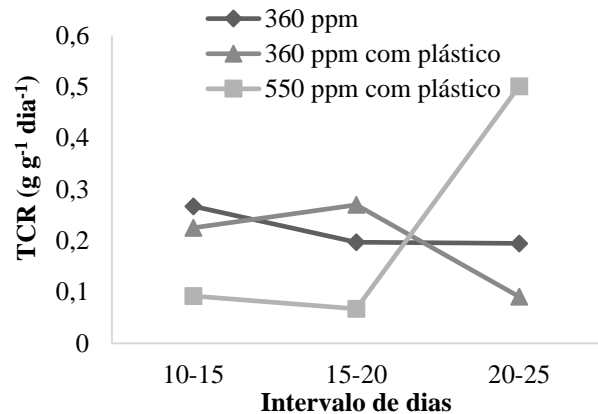
A.



C.



D.



Essas mudanças nos canais de transporte desses íons pela membrana plasmática são decorrentes da despolarização da membrana em elevadas [CO₂]. Essa despolarização causa um desequilíbrio entre as cargas que compõe a membrana e faz com que algumas proteínas da célula guarda percam a funcionalidade, além de gerar radicais livres (estresse oxidativo) (ASSMANN, 1993).

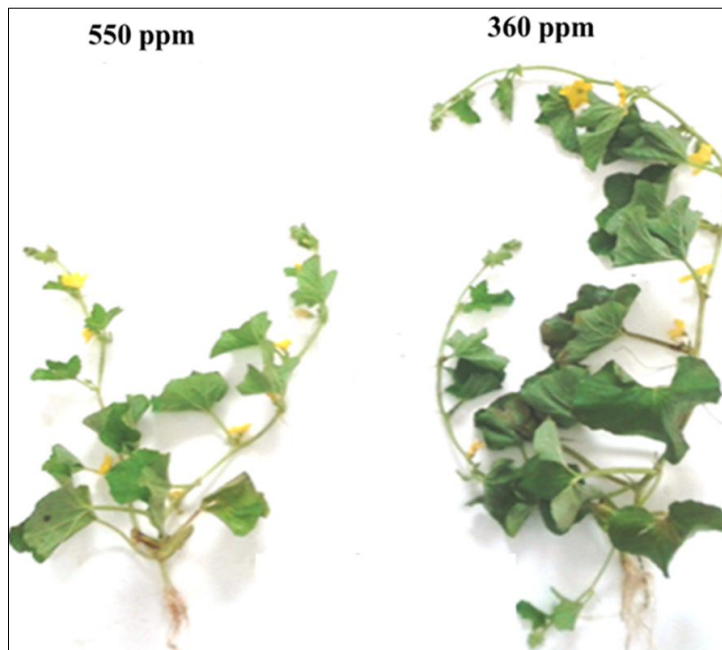
O comportamento da TAL foi refletido nas taxas de crescimento relativo e absoluto (Figuras 2.7 C e 2.7 D). Aqui também observou-se que, inicialmente, a taxa de crescimento das plantas sob maior concentração de CO₂ foi baixa, com uma pronunciada elevação da TCR entre 20 e 25 dias (Figuras 2.7 D). Isso sugere que essas venham a ter um crescimento mais vigoroso com o prosseguimento do ciclo de desenvolvimento. Esses resultados indicam que inicialmente houve um retardo no processo de crescimento das plantas sob enriquecimento com CO₂ e após os 20 dias tal comportamento tendeu a ser revertido.

Saliente-se que a maioria absoluta do material fotossintético fixado vai para o crescimento da parte aérea das plantas (aos 25 dias, mais de 90% da massa seca estava na parte aérea), o que torna mais importante essa taxa de crescimento.

Segundo Grandis (2010), a TAL e a TCR apresentam uma tendência de serem maiores em elevado CO_2 , o que não aconteceu no início deste experimento, vindo ocorrer na última semana de experimentação. Essa nuance captada nas taxas de crescimento e assimilação líquida vai ao encontro da principal vantagem de se estudar as variáveis não lineares de crescimento, que é o fato de se poder analisar essa variação ao longo do ciclo de crescimento da planta (POORTER, REMKES; LAMBERS, 1990).

Em função da reduzida taxa de crescimento nos primeiros 20 dias de tratamento com elevado CO_2 , mesmo com valores de transpiração e fotossíntese líquida elevados aos 30 dias de experimentação, o tratamento com CO_2 (550 ppm) foi o que obteve menor crescimento (Figura 2.8).

Figura 2.8 - Crescimento de plantas de meloeiro com 30 dias cultivadas com alto CO_2 (360 ppm) – à direita, e CO_2 ambiente (550 ppm) – à esquerda.



Fonte: autor

Houve diferença significativa para as variáveis comprimento da raiz, número de folhas e área foliar estudadas aos 30 dias de experimento (Tabela 2.3). Esses resultados sugerem que as taxas de alongamento e divisão celulares foram afetadas negativamente nas câmaras com elevado CO_2 . Este resultado deve estar relacionado tanto ao fechamento estomático inicial decorrente do aumento

na [CO₂], quanto do aumento da temperatura neste ambiente causado não somente pela presença do plástico, mas também pela maior concentração de CO₂, uma vez que este gás absorve calor.

A elevação da [CO₂] e o conseqüente aumento de temperatura nas plantas resultou no aumento da transpiração que por sua vez pode ter imposto um menor nível de hidratação dos tecidos foliares prejudicando a capacidade de expansão por turgescência. Pode ter ocorrido ainda uma maior taxa respiratória dessas plantas, principalmente durante o período noturno, em função do aumento da temperatura durante o dia, prejudicando assim a formação de reservas e o investimento em acúmulo de massa seca durante toda sua fase de crescimento até os 30 dias após o transplântio.

Tabela 2.3 - Análise de variância paras as variáveis de crescimento aos 30 dias: comprimento do ramo principal (CRP) e da raiz (CRaiz), número de folhas (NF) e área foliar (AF).

Fator de variação	GL	Quadrado médio (QM)			
		CRP (cm)	CRaiz (cm)	NF	AF (cm ²)
Blocos	2	25,18750 ns	65,28083 ns	72,44444 ns	1179207,63697 ns
Tratamentos	2	3075,06250 ns	648,06083 *	2816,44444 **	70868690,9929 **
Resíduo	4	745,156	45,81417	134,44444	261.881,862
CV (%)		24,07	17,80	15,10	21,56

*, **: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo.

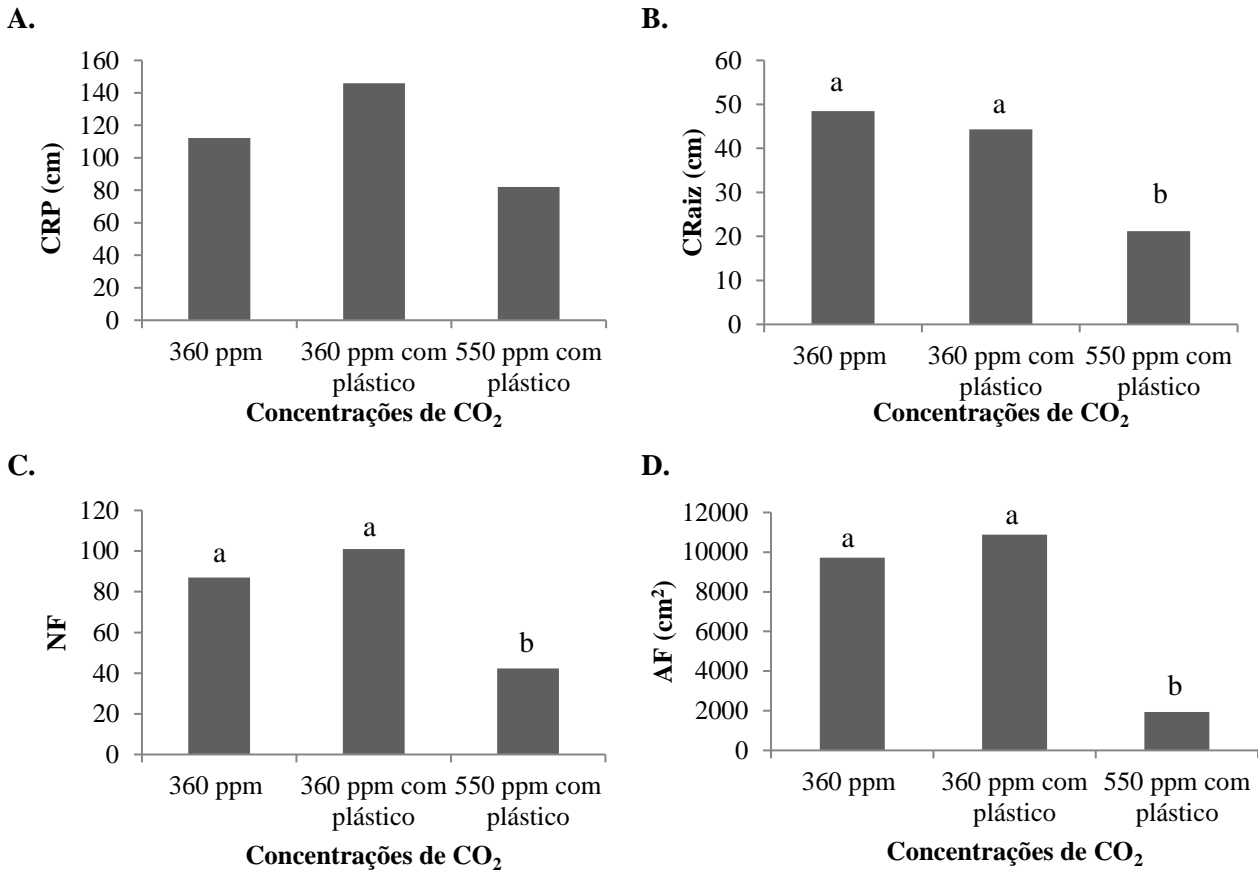
Para o número de folhas e área foliar, houve um decréscimo de 51,3% e 80%, respectivamente, no ambiente protegido com plástico e enriquecido com CO₂, em relação à testemunha (360 ppm). Já para o comprimento da raiz o decréscimo foi de aproximadamente 44% no ambiente protegido com plástico e enriquecido com CO₂ em relação à testemunha (Figura 2.9).

Coelho (2009), estudando a bananeira, relatou que temperaturas altas causam injúrias por prejuízos nos processos celulares, que conseqüentemente afetam os processos fisiológicos, bem como a morfologia dos órgãos e o desenvolvimento fenológico (emissão foliar e crescimento foliar), resultando em prejuízos para a produção. Porter; Gawith (1999) constatou que temperaturas superiores a 25 °C inibem a formação de novas folhas, além de paralisar o desenvolvimento das mesmas, em plantas de trigo.

Arenque *et al.* (2014), estudando as respostas de plantas *Senna reticulata* (árvore leguminosa da Amazônia), cultivadas sob alto CO₂ e encharcamento, observaram que a resposta da biomassa total foi maior sob CO₂ elevado (760 ppm) aos 30, 45 e 120 dias, resultando em mais de 30% de produção de biomassa em comparação com o tratamento controle (CO₂ ambiente – 380 ppm). Após 135 dias, ainda segundo esses autores, os resultados foram invertidos, em que nos tratamentos

com elevada concentração do CO₂ foram observados menores valores de biomassa total, indicando efeitos negativos no crescimento após uma exposição a longo prazo ao CO₂.

Figura 2.9 - Variáveis de crescimento: comprimento do ramo principal (CRP) (A), comprimento da raiz (CRaiz) (B), número de folhas (NF) (C) e área foliar (AF) (D) de plantas de meloeiro submetidas a diferentes concentrações de CO₂.



Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente na mesma pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Nas condições estudadas (que refletem as mudanças climáticas ocorridas na natureza, uma vez que o aumento de CO₂ atmosférico é concomitante com o aumento da temperatura), o meloeiro, por ser uma planta C3, teve a fotossíntese líquida aumentada ao mesmo tempo em que se elevou a transpiração aos 30 dias.

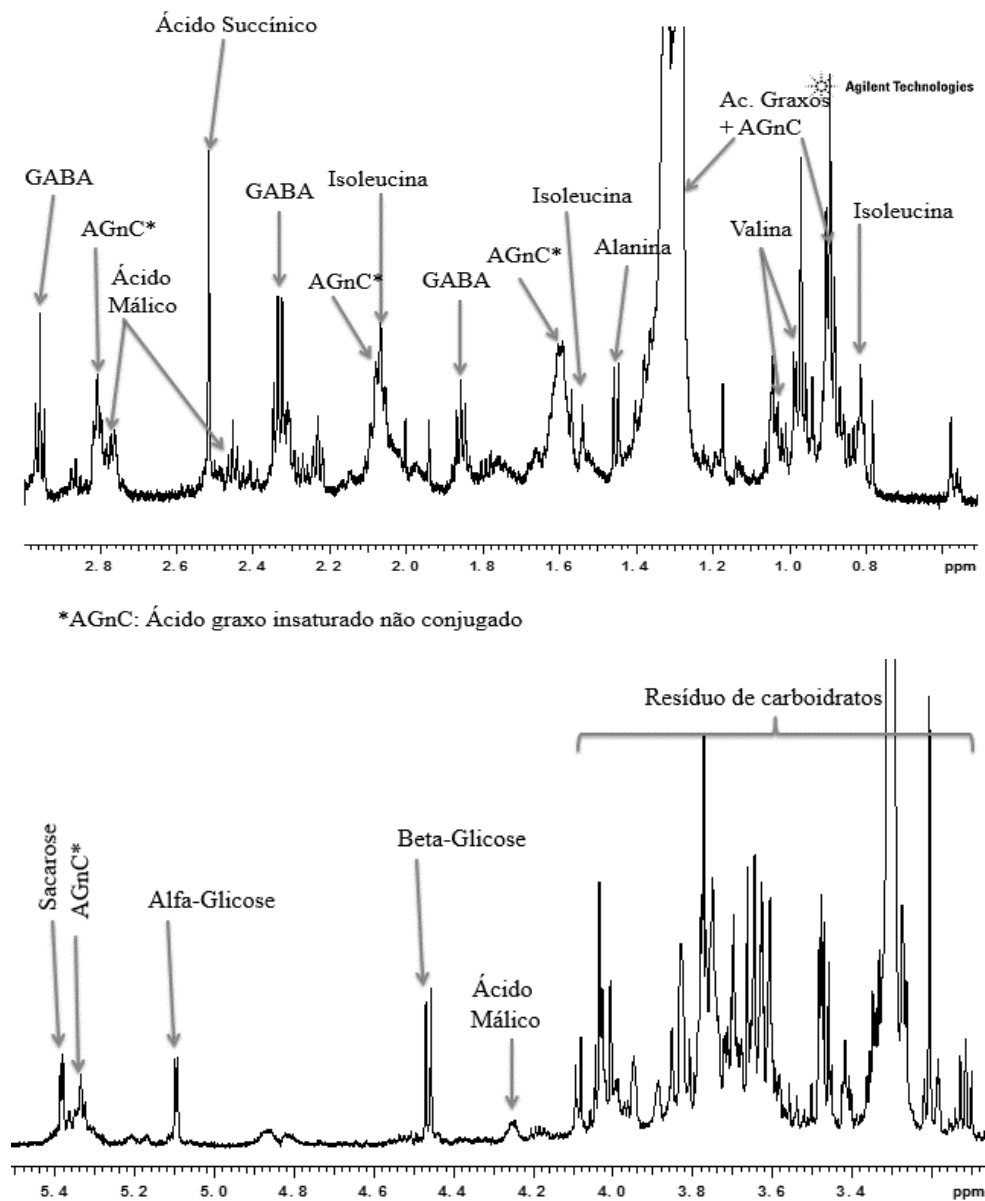
Ruiz-Vera *et al.* (2013) determinaram que o aquecimento inverteu o esperado estímulo da fotossíntese e da produtividade de soja advindo do incremento de CO₂. Os efeitos do aumento das concentrações de dióxido de carbono e de temperatura sobre o crescimento e produção das plantas em condições de campo foram poucos estudados em regiões tropicais, em comparação com estudos em ambientes temperados (KORNER, 2009). Assim, o comportamento das plantas frente ao aumento

de CO₂ na atmosfera difere entre espécies, cultivares, local e tempo de exposição da planta ao gás em questão.

Análise metabolômica

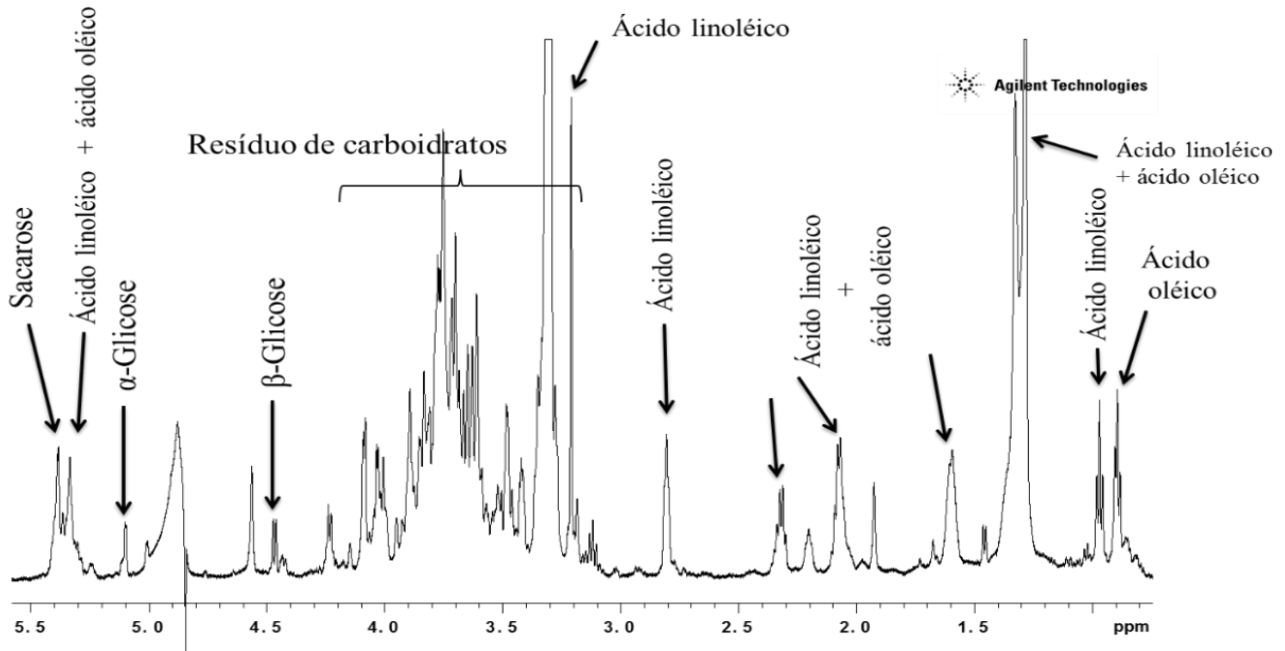
A análise metabolômica mostrou que os principais metabólitos encontrados nas raízes foram: sacarose, α -glicose, β -glicose, resíduos de carboidratos, GABA, ácidos graxos, málico e succínico, isoleucina, alanina e valina (Figura 2.10).

Figura 2.10 - Caracterização dos metabólitos primários de raízes de melão amarelo.



Já nas folhas foram encontrados principalmente sacarose, α -glicose, β -glicose, resíduos de carboidratos, ácido linoléico e ácido oléico (Figura 2.11). Na literatura, essa caracterização só havia sido realizada no suco e no fruto fresco dessa cultura (BIAIS *et al.*, 2009).

Figura 2.11 - Caracterização dos metabólitos primários de folhas de melão amarelo.



Segundo Dias (2009), os metabólitos primários nas plantas superiores se concentram frequentemente em sementes e órgãos de armazenamento de energia e são necessários para o desenvolvimento fisiológico, já que possuem papel importante no metabolismo celular básico. Eles são usados principalmente como matéria prima industrial, alimento ou aditivo alimentar e inclui produtos tais como, óleos vegetais, ácidos graxos (usados para fazer sabões e detergentes) e carboidratos (amido, pectina e celulose).

Estudando frutos maduros de meloeiro, Biais *et al.* (2009) observaram que os principais metabólitos no suco do melão foram açúcares (sacarose e glicose) e aminoácidos (alanina, valina, treonina, ácido aspártico e GABA). O ácido cítrico foi o principal ácido orgânico detectado, em que os ácidos málico e acético também foram detectados. Ainda segundo esses autores, nos melões frescos foram encontrados açúcares (sacarose, glucose, frutose e trealose) e aminoácidos (alanina, valina, treonina, ácido aspártico, glicina, lisina, leucina, GABA, serina e tirosina).

Abaixo observa-se as Figuras 2.12 e 2.13. Nas raízes, em elevado CO₂, houve redução tanto de glicose como outros resíduos de carboidratos, (Figura 2.12).

Figura 2.12 – Espectros de RMN na faixa dos carboidratos em raízes de meloeiro submetidas a alta e normal concentração de CO₂ na atmosfera (550 ppm e 360 ppm com plástico).

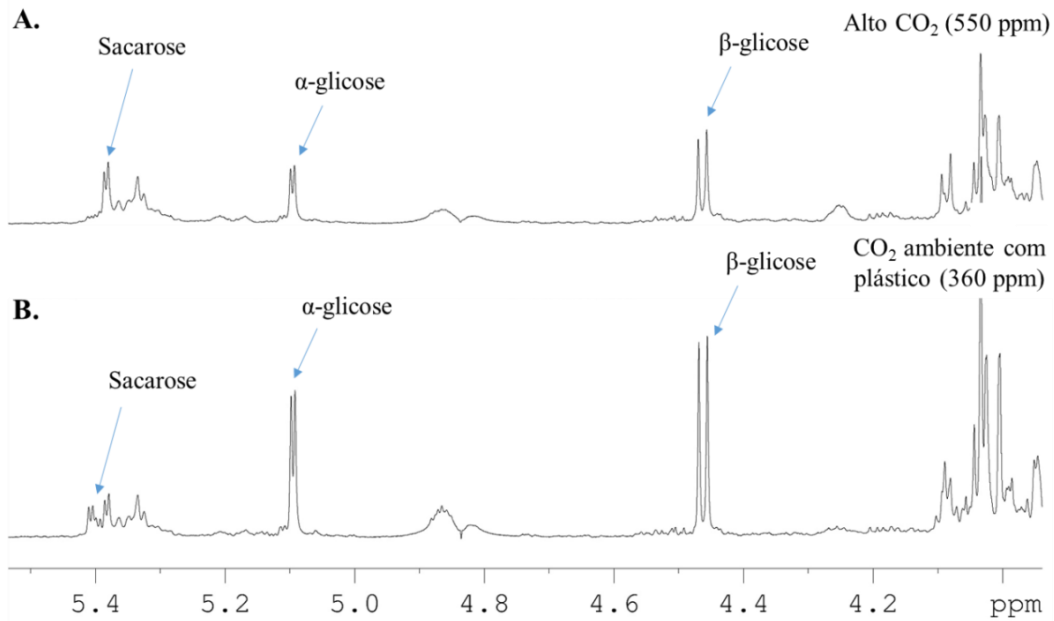
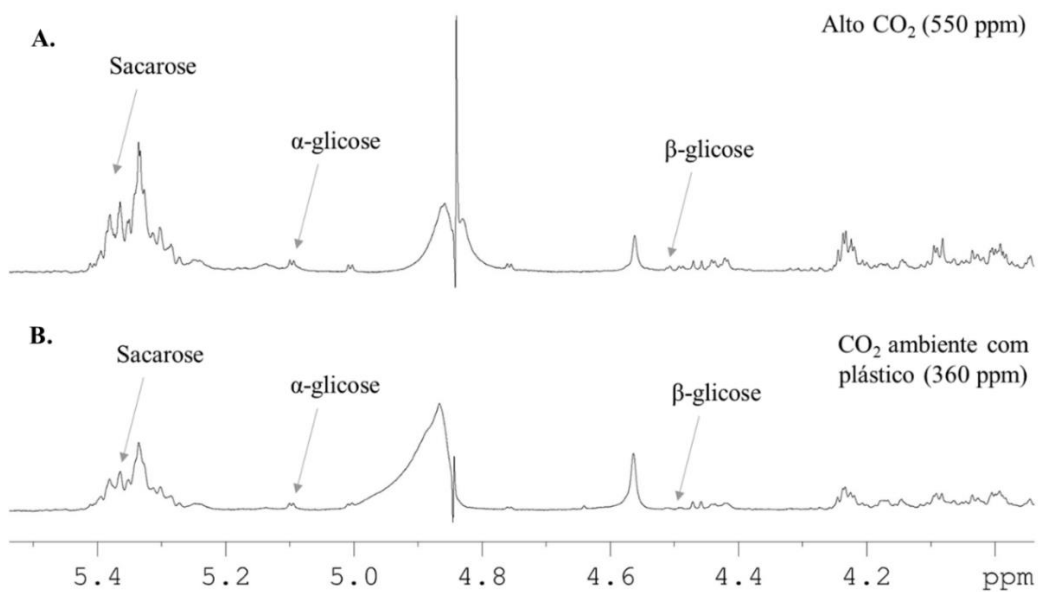


Figura 2.13 – Espectros de RMN na faixa dos carboidratos em folhas de meloeiro submetidas a alta e normal concentração de CO₂ na atmosfera (550 ppm e 360 ppm com plástico).



A sacarose apresentou um pequeno aumento em função da elevação do CO₂, provavelmente pelo aumento da fotossíntese nas plantas com 30 dias de idade. A temperatura das plantas submetidas a 550 ppm de CO₂ foi maior que as plantas cultivadas ao CO₂ ambiente,

ultrapassando os 40°C. Logo, a temperatura também pode ter influenciado a alocação dos metabólitos primários.

Nas folhas, praticamente não houve diferença na produção de carboidratos simples (α -glicose e β -glicose), comportamento observado de maneira geral nas plantas submetidas a alto CO₂, com exceção da sacarose que da mesma forma que nas raízes, também foi aumentada (Figura 2.13).

Na região dos aromáticos, não houve diferença entre os tratamentos aplicados, não havendo assim mudança entre as plantas nesses metabólitos com o aumento de CO₂ na atmosfera.

Experimento com aumento de temperatura em câmaras de crescimento

Trocas gasosas

Para as variáveis de trocas gasosas não foram observadas diferenças significativas entre as plantas submetidas aos dois tratamentos térmicos (Figura 2.14).

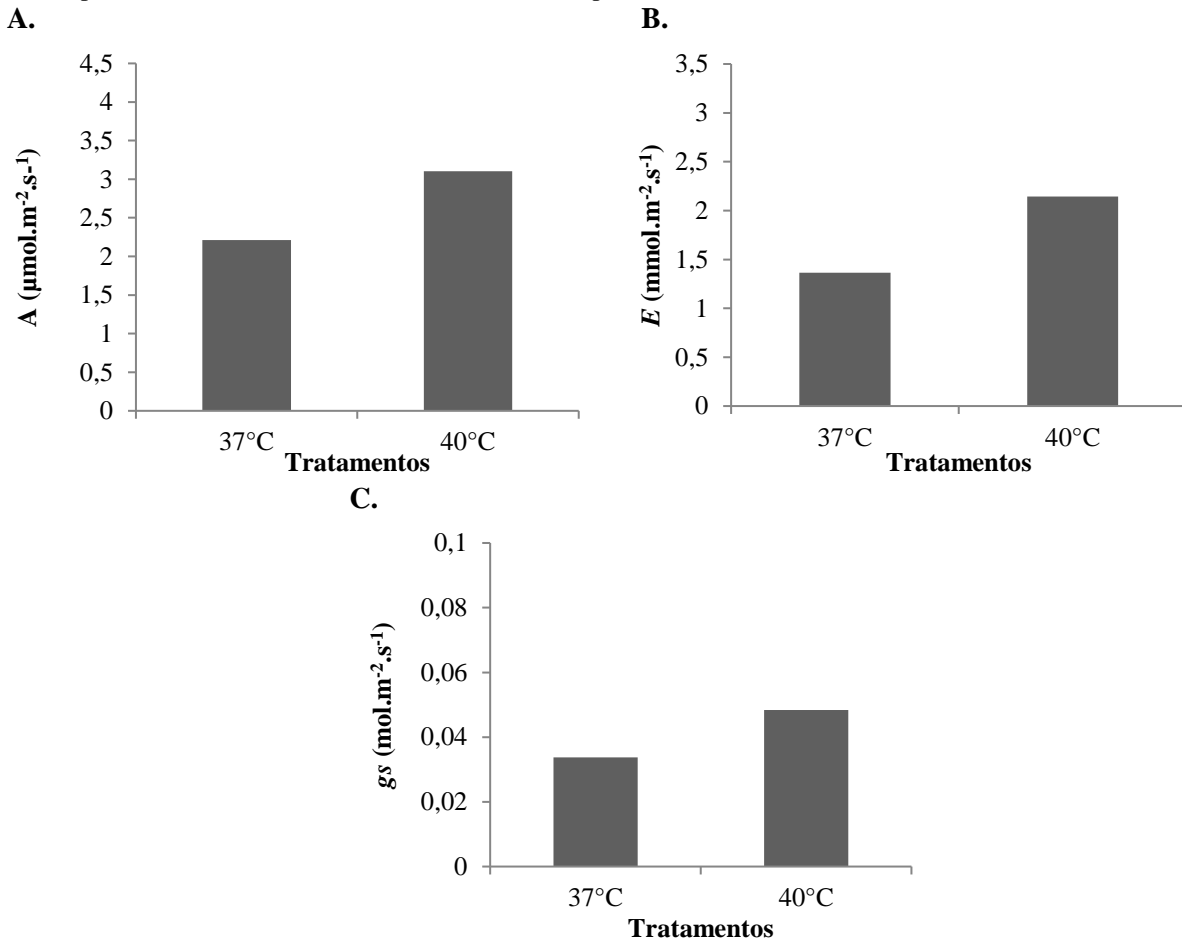
Segundo Taiz; Zeiger (2013), a fotossíntese e a respiração são inibidas pelo estresse térmico, em que, tipicamente, as taxas fotossintéticas são inibidas pelas temperaturas altas em uma dimensão maior que as taxas respiratórias. Ainda segundo os autores, as taxas de respiração aumentam em função da temperatura, mas essa não é a razão primordial para o decréscimo pronunciado na fotossíntese líquida em temperaturas elevadas. Em adição, os processos de transporte de elétrons ligados a membranas tornam-se instáveis em temperaturas elevadas, eliminando o suprimento do poder redutor.

Entretanto, Starck; Wazynska; Kucewicz (1993), afirmam que altas temperaturas pouco afeta a abertura estomática, com o maior efeito ocorrendo sobre a ultraestrutura cloroplastídica, ativando a senescência e a ação de enzimas proteolíticas e lipolíticas.

Nesse experimento, a elevação da temperatura não foi suficiente para alterar as trocas gasosas, podendo em ambos os tratamentos, a temperatura ainda estar na faixa ótima para a fotossíntese e demais variáveis de trocas gasosas. Além disso, a taxa fotossintética foi em torno de 2,0 a 3,0 $\mu\text{mol. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (Figura 2.14 A), enquanto que no experimento anterior (concentrações de CO₂) foi em torno de 20,0 $\mu\text{mol. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (Figura 2.6 E). Provavelmente, a baixa radiação global dentro das câmaras (200 $\mu\text{fótons. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) diminuiu a taxa fotossintética dessas plantas, comparado às plantas submetidas às diferentes concentrações de CO₂, que alcançaram valores de radiação próximos a 1700 $\mu\text{fótons. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Embora a fotossíntese tenha sido realizada em condições saturadas de radiação, é

possível que a baixa radiação durante o crescimento das plantas, independente da temperatura, tenha contribuído para a não diferenciação entre os tratamentos para as variáveis de trocas gasosas.

Figura 2.14 - Variáveis de trocas gasosas: fotossíntese líquida (A) (A), transpiração (E) (B) e condutância estomática (g_s) (C) de plantas de meloeiro submetidas a diferentes temperaturas em câmaras de crescimento.

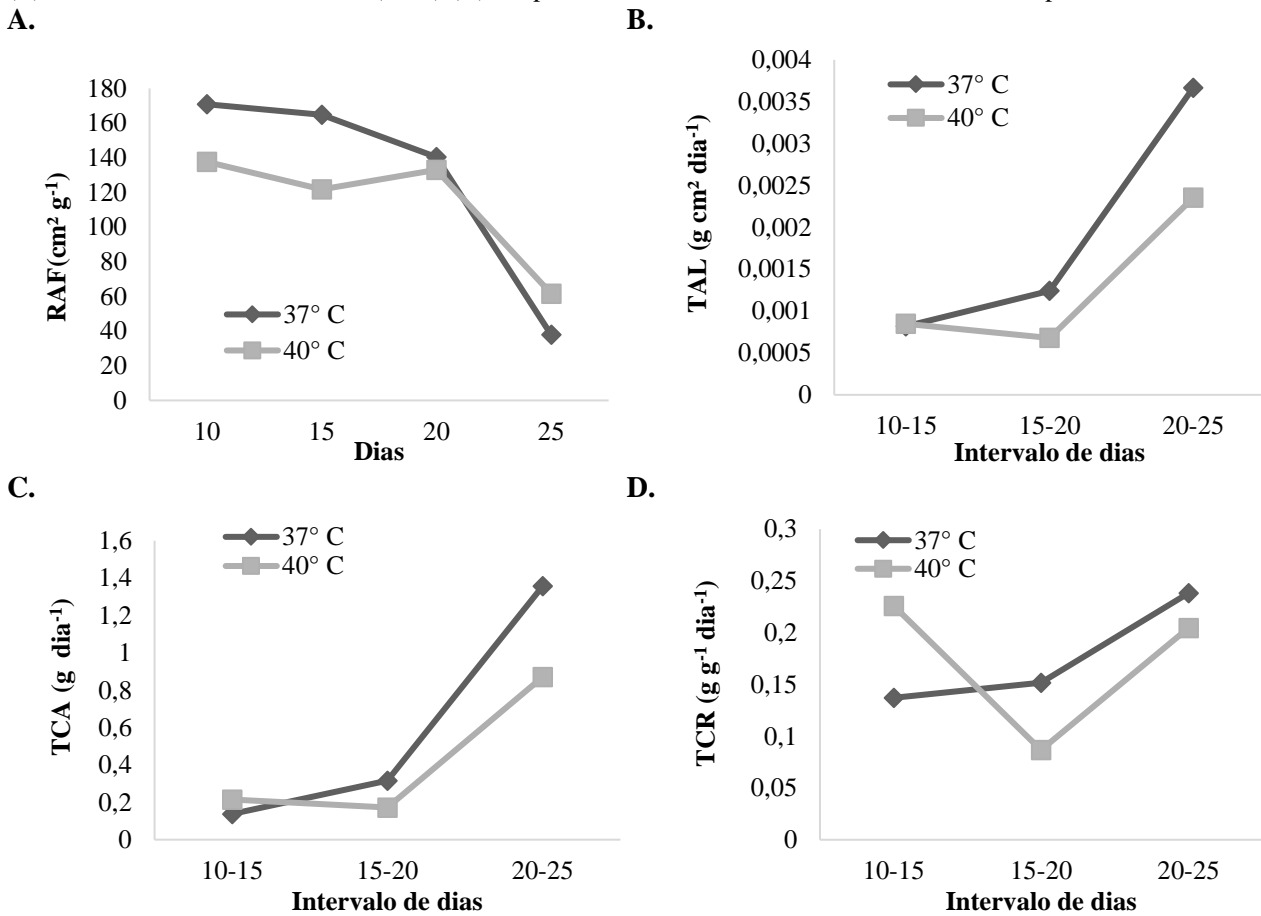


Crescimento

A razão de área foliar foi menor no tratamento de 40 °C até os 15 dias após o transplântio (Figura 2.15 A), uma vez que os valores de área foliar foram baixos, diminuindo assim a área disponível para realizar a fotossíntese, prejudicando o desenvolvimento da planta, principalmente o crescimento da folha. Após, no 20° DAT houve decréscimo na RAF nos dois tratamentos, resultados semelhantes aos de Povh (2004) que refere RAF elevada no início do ciclo vegetativo, decrescendo com a maturação da planta.

Como pode ser observado nas figuras 2.15 B, C e D, a TAL, a TCA e a TCR foram menores no ambiente de maior temperatura e foram crescentes com o aumento da idade das plantas.

Figura 2.15 - Razão de área foliar (RAF) (A), taxa assimilatória líquida (TAL) (B), taxa de crescimento absoluto (TCA) (C) e taxa de crescimento relativo (TCR) (D) em plantas de meloeiro submetidas a diferentes temperaturas.



Segundo Milthorpe; Moorby (1974), a TAL comumente diminui com a idade das plantas devido ao sombreamento das folhas inferiores. Entretanto, tal fato não ocorreu no presente experimento, uma vez que as plantas foram conduzidas em vasos individuais.

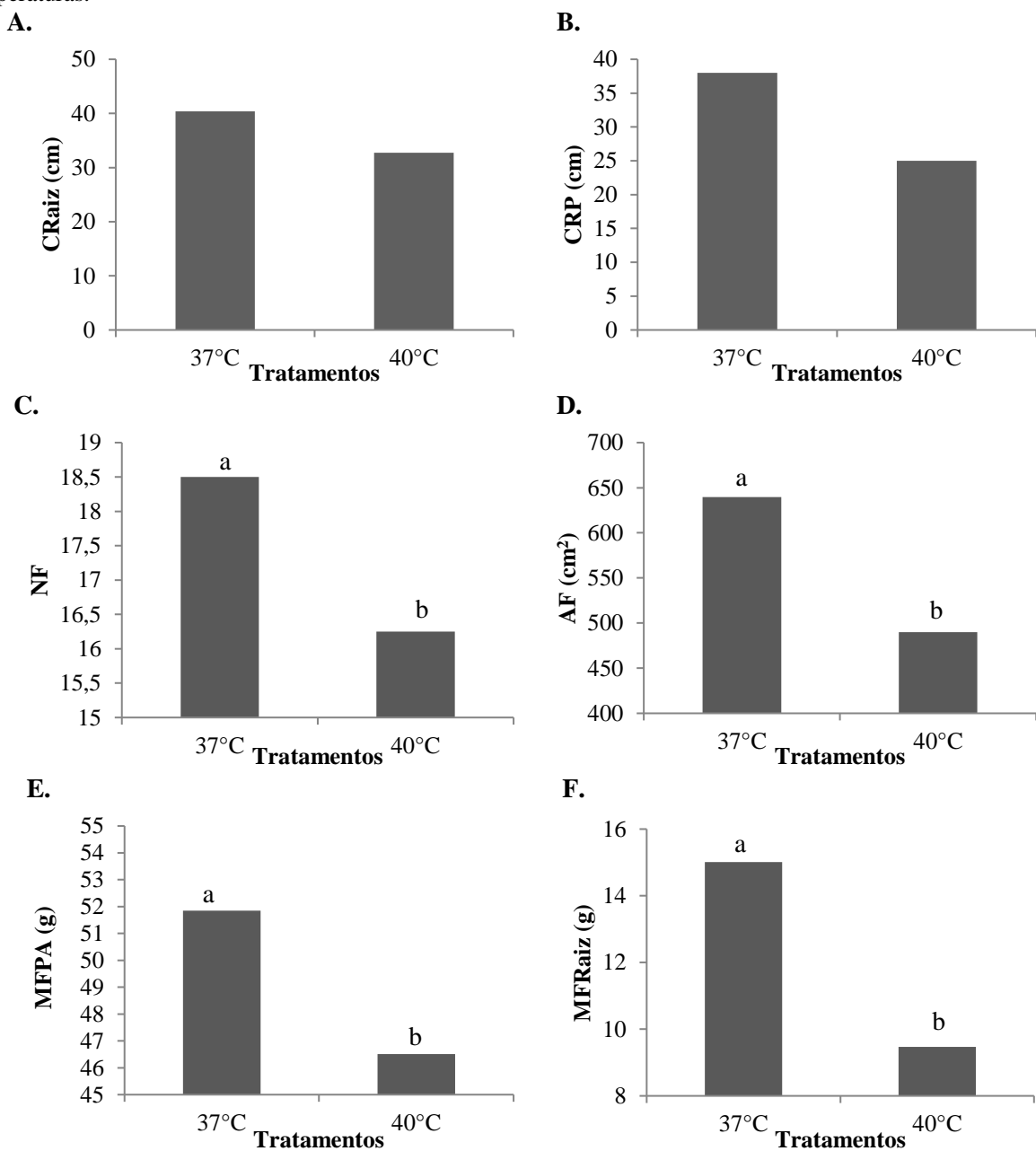
Além disso, conforme já citado, as plantas estavam em um ambiente de baixa luminosidade e alta temperatura, produzindo portanto folhas menores, principalmente no ambiente mais quente (40 °C), impedindo o auto-sombreamento e promovendo maior assimilação de CO₂ durante o ciclo da planta (Figura 2.15 B). A TCA pode ser usada para se ter idéia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação (BENINCASA, 2003). Assim, o tratamento de menor temperatura (37°C) e maior número de folhas e massa seca total assegurou maior velocidade de crescimento das plantas (Figura 2.15 C).

Os maiores valores para a taxa de crescimento relativo (TCR) foram verificados na primeira coleta das plantas submetidas ao tratamento de 40 °C, com decréscimo na coleta seguinte e aumento no intervalo de 20-25 dias. Já no ambiente com 37 °C verificou-se menor valor no início do

desenvolvimento e maior valor na última coleta, deduzindo que houve atraso no desenvolvimento dessas plantas (Figura 2.15 D).

Aos 30 dias do transplântio não houve diferença significativa entre os tratamentos para o crescimento do ramo principal e da raiz (Figuras 2.16 A e B). Por sua vez, o crescimento das folhas das plantas sob um ambiente de 40 °C foi menor que no tratamento com 37°C (Figuras 2.16 C, D e E).

Figura 2.16 - Comprimento do ramo principal (CRP) (A) e da raiz (CRaiz) (B), número de folhas (NF) (C), área foliar (AF) (D) e massa fresca da parte aérea (MFPA) (E) e da raiz (MFRaiz) (F) em plantas de meloeiro submetidas a diferentes temperaturas.



Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente na mesma pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Isso mostra que para essas variáveis as plantas foram afetadas, principalmente quando o meloeiro já estava com mais de 25 dias após o transplante, período esse que culmina com a fase de florescimento da cultura. Mesmo a planta mantendo a homeostase nas trocas gasosas, a produção de biomassa foi diminuída, causando malefícios para o crescimento da planta. Para o número de folhas e área foliar, houve um decréscimo de 12,16% e 23,4%, respectivamente, para o tratamento com temperatura de 40°C (Figuras 2.16 C e 2.16 D). Já para as variáveis de biomassa, a massa fresca da parte aérea e da raiz foram reduzidas em 10,3% e 36,9%, respectivamente (Figuras 2.16 E e 2.16 F).

Essa redução no crescimento das plantas sob temperatura mais elevada pode ser devido ao aumento na fotorrespiração das plantas C3, o que explicaria a baixa taxa fotossintética das mesmas. Em adição, deve ter havido aumento na respiração mitocondrial das plantas submetidas à temperatura mais elevada.

Altas temperaturas do ar podem levar à menores produtividades, pois propiciam aumento na fotorrespiração e na respiração mitocondrial (HIJMANS, 2003). Ao tentar resistir ao calor, as plantas elevam as taxas respiratórias, aumentando os mecanismos de prevenção via aclimatização do calor (LARCHER, 2000). Aumento nas taxas de respiração e fotorrespiração, em função de temperaturas elevadas, são mais prejudiciais em plantas C3 (meloeiro) do que em plantas C4 ou CAM (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Ainda segundo Taiz; Zeiger (2013), as taxas de respiração são muito mais baixas em plantas de sombra, por isso que as plantas de meloeiro, que são adaptadas a crescerem a pleno sol, apresentaram menores valores de crescimento por estarem em um ambiente com baixa luminosidade (câmaras de crescimento). Além disso, maiores temperaturas aumentam a taxa de divisão celular e as células ficam menores, diminuindo também o tamanho do organismo (EDGAR, 2006).

Análise metabolômica

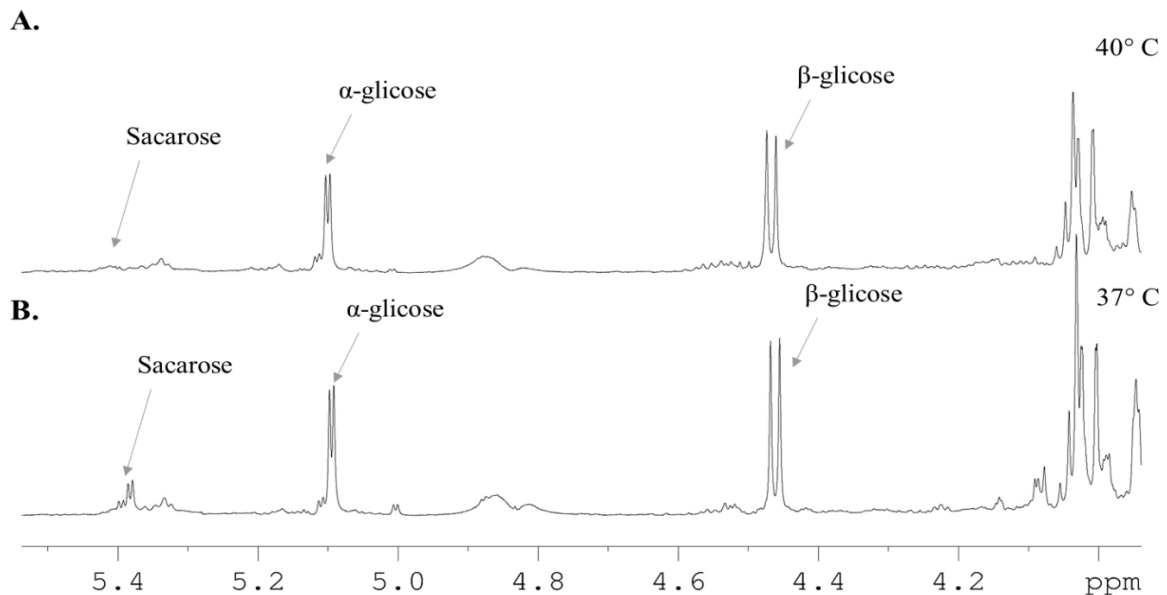
Comparando os dois espectros de RMN nas raízes de plantas submetidas a diferentes temperaturas, foi observado maior acúmulo de carboidratos (glicose e sacarose) nas plantas submetidas a temperatura de 37°C (Figura 2.17).

No feijoeiro, por exemplo, no início da floração, os fotoassimilados deixam de ser translocados para as raízes e tomam a direção das flores e frutos, onde a atividade metabólica passa a ser intensa com alta demanda por fotoassimilados, em que o resultado foi um menor crescimento radicular (TANAKA; FUGITA, 1979). Aqui, a redução no transporte de fotoassimilados para as

raízes pode ser decorrência da redução do carregamento do floema na parte aérea e ou maior uso dos fotoassimilados formados na respiração basal das folhas, aumentada em função da elevada temperatura.

Também houve um maior acúmulo de carboidratos simples (α -glicose e β -glicose) nas folhas das plantas submetidas a 37°C. Já em relação a sacarose e ao ácido graxo, os resultados foram invertidos, com esses metabólitos sendo maiores em plantas de meloeiro à temperatura de 40°C (Figura 2.18).

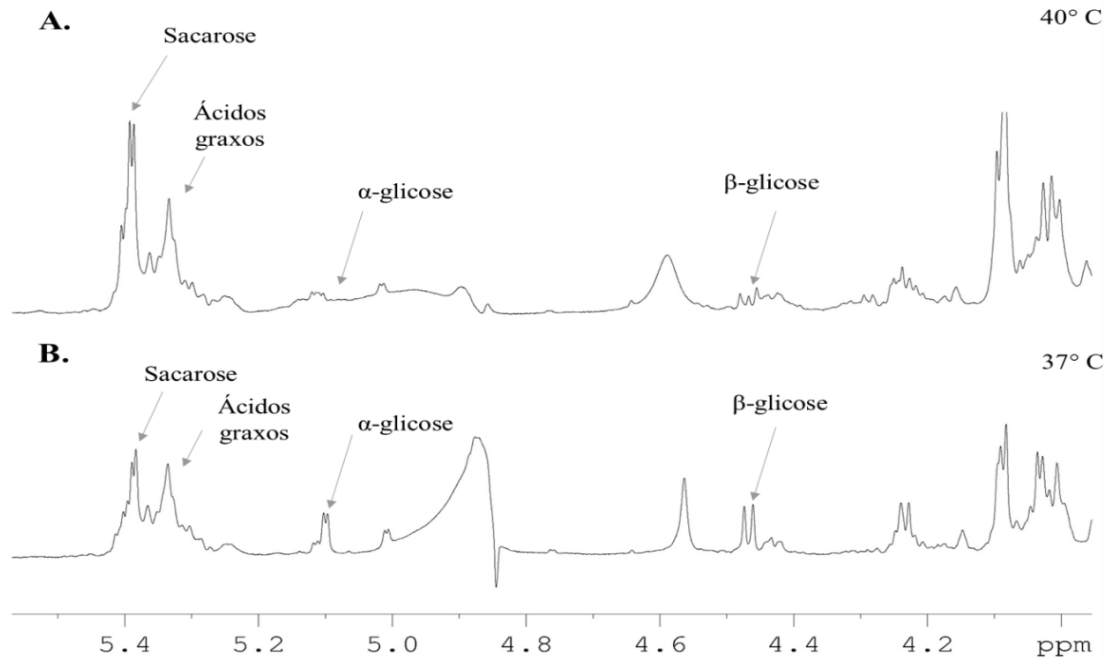
Figura 2.17 – Espectros de RMN na faixa dos carboidratos em raízes de meloeiro submetidas a duas temperaturas (37°C e 40°C).



Foi visto também que a temperatura não afetou os compostos aromáticos nem os aminoácidos nas folhas e nas raízes. Segundo Chaves; Maroco; Pereira (2003), em resposta ao estresse, o status dos carboidratos nas folhas é alterado, servindo como sinal metabólico em resposta a mudança ambiental ou climática.

Como citado anteriormente, as plantas submetidas a uma maior temperatura (40°C), acumularam mais sacarose e ácidos graxos nas folhas, logo, os carboidratos simples parece terem sido metabolizados mais rapidamente nas folhas, enquanto houve redução na sacarose translocada para as outras partes das plantas (Figura 2.18), acarretando num menor crescimento das plantas de meloeiro.

Figura 2.18 – Espectros de RMN na faixa dos carboidratos em folhas de meloeiro submetidas a duas temperaturas (37°C e 40°C).



Segundo Taiz; Zeiger (2013), os solutos no floema são translocados de áreas de suprimento (fontes), para áreas de consumo ou estoque (drenos). Ainda segundo esses autores, a quantidade de sacarose disponível para exportação durante o dia depende da taxa de fotossíntese na folha fonte e é influenciada por várias reações bioquímicas e eventos mediados por carreadores. Neste experimento não houve diferença significativa para fotossíntese, logo a mesma não influenciou no acúmulo diferenciado de fotoassimilados nas folhas dos dois tratamentos.

Provavelmente, sob a temperatura de 40°C, as plantas de meloeiro sofrem estresse, prejudicando assim o carregamento ou o descarregamento dos metabólitos do floema, prejudicando o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Logo, a temperatura influenciou na alocação de carboidratos nos órgãos estudados, interferindo assim no crescimento da planta.

CONCLUSÕES

A elevação da concentração de CO₂ proporcionou um aumento nas taxas transpiratórias e fotossintéticas das plantas de meloeiro.

O incremento de CO₂ nas câmaras de topo aberto modificadas, aliado ao aumento da temperatura provocado pelo plástico provocou um decréscimo no crescimento das plantas, especialmente nos primeiros 20 dias de tratamento.

Em câmaras de crescimento com baixa radiação, as trocas gasosas não foram alteradas com o aumento da temperatura e o crescimento inicial do meloeiro se mostrou moderadamente tolerante às temperaturas altas.

O aumento de temperatura, e não de CO₂, diminuiu a quantidade de carboidratos simples nas folhas. Já nas raízes, houve um maior acúmulo de carboidratos na temperatura mais baixa.

Em condições de 550 ppm de CO₂ e temperaturas médias acima de 40 °C as plantas foram afetadas negativamente quanto ao seu crescimento.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. 19. ed. Informa Economics FNP. 2014.

AINSWORTH, E. A.; ROGERS, A. The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising [CO₂]: mechanisms and environmental interactions. **Plant, Cell and Environment**, v. 1, n. 30, p. 258–270, 2007.

ARENQUE, B.C.; GRANDIS, A.; POCIUS, O.; SOUZA, A.P. DE; BUCKERIDGE, M. S. Responses of *Senna reticulata*, a legume tree from the Amazonian floodplains, to elevated atmospheric CO₂ concentration and waterlogging. **Trees**, v. 28, p. 1021-1034. 2014.

ASSMANN, S. M. Signal transduction in guard cells. **Annual Review of Cell Biology**, v.1, n. 9, p. 345–375, 1993.

BARBOSA, L. G.; SANTOS, R. M.; PINHEIRO, G. S.; ANGELOTTI, F.; AIDAR, S. T.; SANTOS, C. A. F. Comportamento Fisiológico de Feijão Caupi sob Diferentes Concentrações de CO₂. **III Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro**, Juazeiro, BA, Brasil. 2011.

BARROS, F. C.; GHINI, R. Monitoramento da temperatura e da concentração de dióxido de carbono em estufas de topo aberto. **II Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC**, Campinas, SP, Brasil. 2008.

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

BIAIS, B.; ALLWOOD, J. W.; DEBORDE, C.; XU, Y.; MAUCOURT, M.; BEAUVOIT, B.; DUNN, W.B.; JACOB, D.; GOODACRE, R.; ROLIN, D. ¹H-NMR, GC-EITOF-MS and data set correlation for fruit metabolomics, application to spatial metabolite analysis in melon. **Analytical Chemistry** v. 81, p. 2884–2894. 2009.

BISHOP, K. A.; LEAKEY, A.D.B.; AINSWORTH, E.A. How seasonal temperature or water inputs affect the relative response of C3 crops to elevated [CO₂]: a global analysis of open top chamber and free air CO₂ enrichment studies. **Food and Energy Security**, v. 3, n. 1, p. 33-45, 2014.

BREARLEY, J.; VENIS, M. A.; BLATT, M. R. The effect of elevated CO₂ concentrations on K⁺ and anion channels of *Vicia faba* L. guard cells. **Planta**, v. 1, n. 203, p. 145–154, 1997.

CHAVES, M.M., MAROCO, J.P., PEREIRA, J.S. Understanding plant response to drought: from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, v. 30, p. 239–264, 2003.

COELHO, E. F. **Curso de bananicultura irrigada**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010 (Série Documentos, 176).

CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, A. A. dos; RAIJ, B. V.; FARIA, C. M. B. DE; SILVA, D. J. da; FERNANDES, F. A. M.; SANTOS, F. J. de S.; CRISÓSTOMO, J. R.; FREITAS, J. DE A. D. de; HOLANDA, J. S. de; CARDOSO, J. W.; COSTA, N. D. 2002. **Adubação, irrigação, híbridos e**

práticas culturais para o meloeiro no Nordeste. Fortaleza-CE: Embrapa-CNPAT (Circular Técnica).

DIAS, V. L. N. **Fitodisponibilidade de metais, caracterização nutricional, constituição química, avaliação da atividade antioxidante e antibacteriana do óleo essencial extraído das folhas da *Cinnamomum zeylanicum* Breyn.** 2009. 88 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2009.

EDGAR, B. A. How flies get their size: genetics meet physiology. **Nature Reviews Genetics**, n. 1, v. 7, p.907-916. 2006.

HANSTEIN, S. M.; FELLE, H. H. CO₂-triggered chloride release from guard cells in intact fava bean leaves. Kinetics of the onset of stomatal closure. **Plant Physiology**, v. 1, n. 130, p. 940–950, 2002.

HIJMANS, R. J. The Effect of climate change on global potato production. **American Journal of Potato Research**, n. 1, v. 80, p. 271-280, 2003.

GRANDIS, A. **Respostas fotossintéticas e de crescimento da espécie amazônica *Senna reticulata* sob elevada concentração de CO₂.** 2010. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Fisiologia e Bioquímica de Plantas) Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.

JONES, M. H.; CURTIS, P. S. 2000. **Bibliography on CO₂ effects on vegetation and ecosystems: 1990-1999 literature.** ORNL/CDIAC-129.

KORNER, C. Responses of humid tropical trees to rising CO₂. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 40, p. 61–79, 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: RIMA, 2000. 531p.

LOBELL, D. B.; BURKE, M. B. Why are agricultural impacts of climate change so uncertain? The importance of temperature relative to precipitation. **Environmental Research Letters**, v. 3, n. 3, p. 1748-9318, 2008.

MILTHORPE, F. L.; MOORBY, J. Some aspects of overall growth and its modification. **In:** MILTHORPE, F. L.; MOORBY, J. An introduction to crop physiology. London: Cambridge University Press, 1974. p. 152.

PASSIOURA, J. B. Water in the soil-plant-atmosphere continuum. **In:** Lange, O. L.; Nobel, P. S.; Os-Mond, C. B.; Ziegler, H. (Ed.). Physiological plant ecology II: water relations and carbon assimilation. **Encyclopedia of Plant Physiology**, v. 12B, n. 1, p. 5-33, 1982.

POORTER, H.; REMKES, C.; LAMBERS, H. Carbon and Nitrogen Economy of 24 Wild Species Differing in Relative Growth Rate. **Plant Physiology**, v. 94, p. 621-627, 1990.

PORTER, J. R.; GAWITH, M. Temperatures and the growth and development of wheat: a review. **European Journal of Agronomy**, v. 10, n. 1, p. 23-36, 1999.

POVH, J. A. **Efeitos de reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas de *Salvia officinalis* L. e na produção de óleo essencial.** 2004. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

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

RASCHKE, K.; SHABAHANG M.; WOLF, R. The slow and the quick anion conductance in whole guard cells: their voltage dependent alternation, and the modulation of their activities by abscisic acid and CO₂. **Planta**, v. 1, n. 217, p. 639–650, 2003.

RUIZ-VERA, U., SIEBERS, M., GRAY, S., DRAG, D., ROSENTHAL, D., KIMBALL, B., ORT, D., BERNACCHI, C. Global warming can negate the expected CO₂ stimulation in photosynthesis and productivity for soybean grown in the Midwestern United States. **Plant Physiology**, v. 162, p. 410–423, 2013.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

STARCK, Z.; WAZYNSKA, Z.; KUCEWICZ, O. Comparative effects of heat stress on photosynthesis and chloroplast ultrastructure in tomato plants with source-sink modulated by growth regulators. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 15, p. 125-133, 1993.

TANAKA, A.; FUJITA, K. Growth, photosynthesis and yield componentes in relation to grain yield of the field bean. **Journal Fac. Agriculture Hokkaido**, v. 59, n. 2, p. 145-238, 1979.

WEBB, A. A. R.; MCAINSH, M. R.; MANSFIELD, T. A; HETHERINGTON, A. M. Carbon dioxide induces increases in guard cell cytosolic free calcium. **Plant Journal**, v. 1, n. 9, p. 297–304, 1996.

4 CRESCIMENTO INICIAL E FISIOLOGIA DE PLANTAS DE MELOEIRO AMARELO SUBMETIDAS A TEMPERATURAS ELEVADAS, ASSOCIADAS A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

RESUMO

O aumento da temperatura, juntamente com a escassez de água e cenários de inundações podem causar sérios problemas no manejo da cultura do meloeiro no semiárido nordestino. Dessa forma, objetivou-se estudar as respostas do crescimento inicial de plantas de meloeiro ao aumento da temperatura do ar, sob diferentes lâminas de irrigação. O experimento foi conduzido em casa de vegetação e em mini-telados na Embrapa Agroindústria Tropical com plantas de meloeiro amarelo (cv. Goldex). As plantas foram submetidas às temperaturas médias diárias de 30,6 °C e 31,4 °C. Os tratamentos da aplicação de lâminas de irrigação, via gotejadores, consistiram de 60%, 80%, 100% e 120% e 140% da ETc (evapotranspiração da cultura). O experimento foi realizado durante os meses de setembro e outubro de 2015 com uma duração de 28 dias após o transplantio. A irrigação e a adubação foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas da cultura. Foi feita a mensuração das variáveis de crescimento, trocas gasosas e análises de carboidratos nas folhas de meloeiro no final do experimento. Nas condições experimentais, a taxa fotossintética das plantas de meloeiro foi altamente conservada, enquanto a condutância estomática foi incrementada com o aumento da quantidade de água aplicada nos dois ambientes e a transpiração foi menor na temperatura de 30,6 °C. Os valores de glicose e frutose nas folhas decresceram com o aumento de 0,8 °C, devido ao maior crescimento dessas plantas e consequente maior translocação de fotoassimilados para as regiões de crescimento. O excesso de água influenciou negativamente os teores de carboidratos foliares. A interação entre as lâminas de 80 a 90% da ETc (59 a 66,5 mm) com a média de temperatura de 31,4 °C foi a que possibilitou maior crescimento inicial das plantas de meloeiro amarelo.

Palavras-chave: Estresse térmico. Escassez hídrica. Carboidratos.

ABSTRACT

Rising temperatures along with water scarcity and flood scenarios can cause serious problems in the management of the melon crop in the northeastern semi-arid region. The objective of this study was to study the initial growth response of melon plants to the increase of the air temperature by applying different irrigation levels. The experiment was conducted in a greenhouse and mini-greens at Embrapa Agroindústria Tropical with yellow melon plants (Goldex cv.). The plants were submitted to average daily temperatures of 30.6 °C and 31.4 °C. The application of irrigation levels via drippers consisted of 60%, 80%, 100% and 120% and 140% ETc (crop evapotranspiration). The experiment was carried out during the months of september and october 2015 with a duration of 28 days after transplanting. Irrigation and fertilization were performed according to the crop technical recommendations. The variables of growth, gas exchange and carbohydrate analysis were measured in the melon leaves at the end of the experiment. In the experimental conditions, the photosynthetic rate of the melon plants was highly conserved, while the stomatal conductance was increased with the increase of the amount of water applied in both environments and the transpiration was lower at 30.6 °C. The glucose and fructose values in the leaves decreased with the increase of 0.8 °C, due to

the higher growth of these plants and consequent greater translocation of photoassimilates to the growing regions. Excess water had a negative influence on leaf carbohydrate levels. The interaction between the levels from 80 to 90% ET_c (59 to 66.5 mm) depths with the mean temperature of 31.4 °C allowed for greater growth of the plants in the vegetative phase (up to 28 DAT).

Keywords: High temperatures. Water supply. Carbohydrates.

INTRODUÇÃO

O melão possui importância econômica estratégica para a região Nordeste do Brasil, sendo competitivo pela qualidade dos frutos e por seu ciclo reduzido. O cultivo se concentra nessa região semiárida principalmente devido às condições edafoclimáticas favoráveis (FIGUEIRÊDO, GONDIM; ARAGÃO, 2017). Por outro lado, o aquecimento global pode comprometer a sustentabilidade da produção de melão nessa região, devido ao aumento na temperatura que já é elevada no Nordeste brasileiro. Com isso, ocorrendo o aumento da temperatura previsto, a evapotranspiração demandará maior aporte de água, recurso cada vez mais escasso em um ambiente de baixa precipitação e demanda crescente, pelo crescimento da população, indústria e agricultura (FIGUEIRÊDO, GONDIM; ARAGÃO, 2017).

Logo, uma temperatura acima da ótima para cultura do melão pode causar danos em vários estádios de seu desenvolvimento. A inibição da germinação de sementes e crescimento de plântulas (DIAS *et al.*, 2015; CARVALHO, 2015), a depressão da expressão feminina da flor e da polinização (KAMIYA; TAMURA, 1962; CALVET *et al.*, 2013), a redução do crescimento de frutos, acúmulo de açúcar e a produtividade (SUZUKI; MASUDA, 1961; LIMA *et al.*, 2016) são alguns efeitos adversos do aumento dessa temperatura.

A disponibilidade de água, como já foi citado, também é um fator crítico no impacto da mudança climática em muitos lugares (KURUKULASURIYA; ROSENTHAL, 2003), em que o estresse hídrico pode afetar as plantas ao limitar sua produtividade. Suassuna *et al.* (2011), estudando a eficiência fotoquímica e produtividade de frutos de meloeiro cultivado sob diferentes lâminas de irrigação, constataram que o aumento das lâminas de água promoveu maior produtividade. No entanto, o tamanho do fruto, o teor de açúcar e a eficiência no uso da água foram reduzidos com uso de lâminas acima de 100% da ET_o.

Já Melo *et al.* (2017), trabalhando com crescimento de meloeiro submetido ao estresse hídrico com e sem micorrização, em ambiente protegido no Submédio do Vale São Francisco, viram

que o déficit hídrico reduziu o crescimento do meloeiro e que uma redução de 25% do atendimento da demanda hídrica da cultura resultou em uma pequena redução das variáveis de crescimento e economia de água de 23,75%.

Assim, é fundamental se estudar e entender as mudanças que as plantas sofrerão quando esse fator de estresse for combinado com os cenários propostos para o futuro em função das mudanças climáticas. Com isso, objetivou-se estudar o crescimento inicial de plantas de meloeiro frente ao efeito combinado do aumento da temperatura do ar com a aplicação de diferentes lâminas de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e em mini-telados na Embrapa Agroindústria Tropical (3° 45' S, 38° 34' O), em Fortaleza, CE (Figura 3.1). O clima da região, segundo a classificação de Köeppen, é Aw (clima tropical com período chuvoso seco).

Figura 3.1 – À esquerda, fora do telado com as telas como quebra-ventos, tem-se a visão do ambiente de menor temperatura (30,6°C), já à direita tem-se a visão do ambiente protegido (mini-telado), dentro do telado, de maior temperatura (31,4 °C), situados na Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará.



Fonte: Autor.

Preparo das mudas

O plantio das sementes do meloeiro (melão Amarelo – variedade Goldex) foi feito em bandejas de plástico, que nos primeiros três dias ficaram na bancada do laboratório, com um pano TNT úmido por cima das bandejas, possibilitando uma ótima umidade para as sementes. Após este

período, as bandejas foram colocadas no telado, sendo irrigadas por um sistema de nebulização oito vezes ao dia (7:30, 9:00, 10:30, 12:00, 13:30; 15:00, 20:00 e 02:00 hs). A nebulização, em cada horário, aconteceu durante quatro minutos nas horas mais quentes e três minutos nas horas mais amenas do dia.

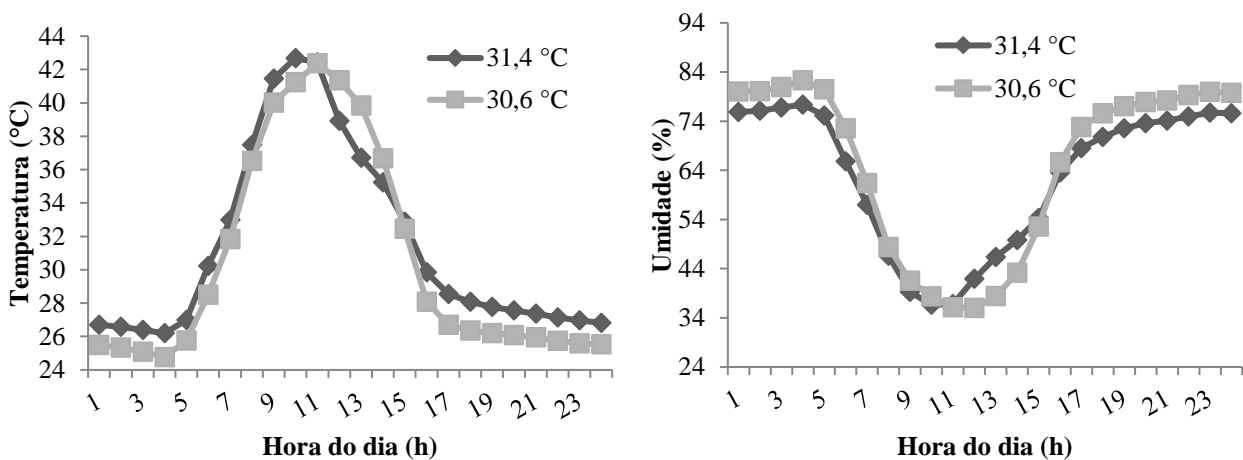
Posteriormente, fez-se o transplântio das plântulas para vasos de 5,6 litros, treze dias após a sementeira. O substrato utilizado foi proveniente da mistura de solo (neossolo quartzarênico) oriundo do município de Pacajus (Ceará) e esterco bovino curtido na proporção de 2:1, respectivamente.

Caracterização dos tratamentos

No ambiente de fora do telado (FT) foi colocado uma tela que funcionou com quebra vento ao redor das plantas para minimizar o efeito do vento no experimento. Já dentro do telado (DT), foi colocado um mini-telado com a cumeeira aberta ao redor das plantas para proporcionar uma maior temperatura.

A temperatura e a umidade foram medidas por um sensor portátil USB (Data Logger HT 500), a cada hora. Já em relação à temperatura, as plantas foram submetidas a temperaturas médias de 30,6 °C (FT) e 31,4 °C (DT), alcançando máximas de 47,1 °C e 48,0 °C, respectivamente (Figura 3.2).

Figura 3.2 – Dados médios (a cada hora durante todo o experimento) de temperatura e umidade relativa para as temperaturas estudadas. Fortaleza, set/out, 2015.



Essas temperaturas foram mensuradas entre os meses de setembro e outubro de 2015, em que a normal climatológica (1961-1990) é de 26,4 °C e 26,9 °C para os meses de setembro e outubro,

respectivamente. O delineamento experimental foi o de parcelas subdivididas (2 x 5) com quatro repetições, em que cada repetição equivaleu a uma amostra. O experimento foi realizado durante os meses de setembro e outubro de 2015 com uma duração de 28 dias após o transplântio (DAT).

Manejo da irrigação

Para se fazer o manejo da irrigação, os vasos foram perfurados na extremidade inferior, tendo como objetivo promover a remoção dos eventuais excessos de água. No dia do transplântio, todos os vasos com solo foram saturados com água para deixá-los na capacidade de campo. A evapotranspiração da cultura foi obtida pela diferença entre o peso do vaso do dia posterior e o dia anterior, em que todos os dias um vaso de cada tratamento e de cada ambiente (totalizando 10 vasos) eram pesados com o auxílio de uma balança.

Foi considerado que 1,0 Kg de peso perdido equivalia a 1,0 L de água evapotranspirada pela planta e pelo solo. Fazendo isso, calculou-se, a partir da lâmina de 100% da ET_c, os outros níveis de lâminas aplicados.

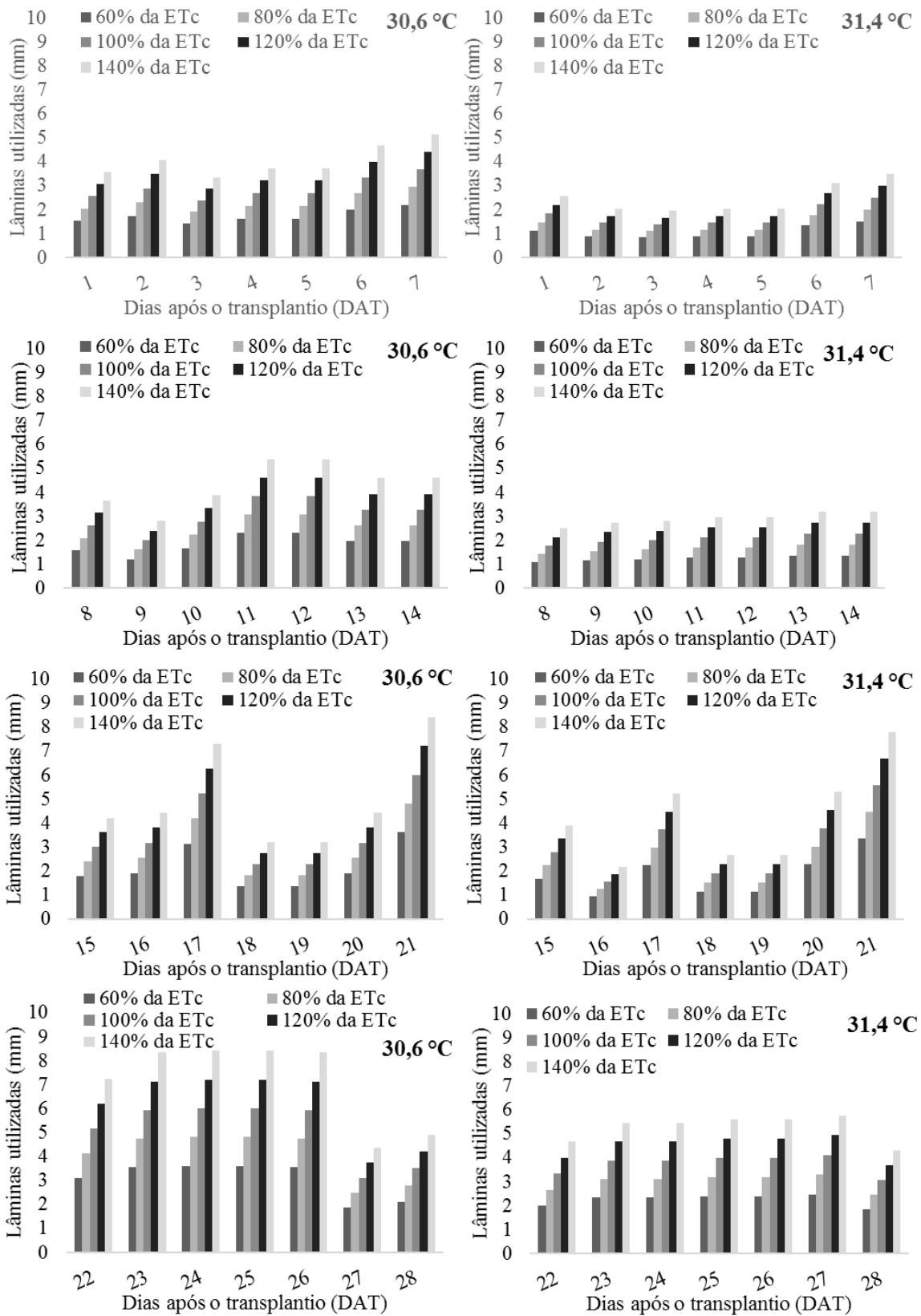
Para converter as lâminas de mL para mm, considerou-se que cada vaso ocupava uma área de 0,09 m² (30 cm x 30 cm), de acordo com as dimensões e a disposição de cada vaso nos ambientes. A aplicação de lâminas de irrigação de 60%, 80%, 100% e 120% e 140% da ET_c (evapotranspiração da cultura) durante todo o experimento (28 dias), pode ser vista na Figura 3.3, referentes às temperaturas de 30,6 °C e 31,4 °C.

Durante todo a condução do experimento, foram utilizadas para a temperatura de 30,6 °C as seguintes lâminas em milímetro (mm): 62, 82, 103, 123 e 144 mm referentes aos níveis de 60, 80, 100, 120 e 140% da ET_c, respectivamente. Já para o ambiente com maior temperatura (31,4 °C), as lâminas aplicadas foram: 45, 59, 74, 89 e 104 mm, referentes aos níveis de 60, 80, 100, 120 e 140% da ET_c, respectivamente.

Com isso, percebe-se que a diferença dos níveis de irrigação de um ambiente para outro foi de 28%, provavelmente pelo fato que no ambiente de menor temperatura a radiação solar era maior e o vento ainda influenciava no aumento da ET_c.

O sistema de irrigação foi composto pelos seguintes equipamentos: caixas d'água, tubulações e conexões de PVC e polietileno, filtro, gotejadores com vazão de 2,2 L s⁻¹, mangueiras microtubo espaguete, registros, bombas e timer (controlador de irrigação). Com isso, diariamente, foi feita a irrigação de acordo com as lâminas calculadas para cada tratamento.

Figura 3.3 – Manejo da irrigação realizado em escala diária pelo método gravimétrico utilizando lâminas de 60, 80, 100, 120 e 140% da ETc nas temperaturas de 30,6 °C e 31,4 °C.



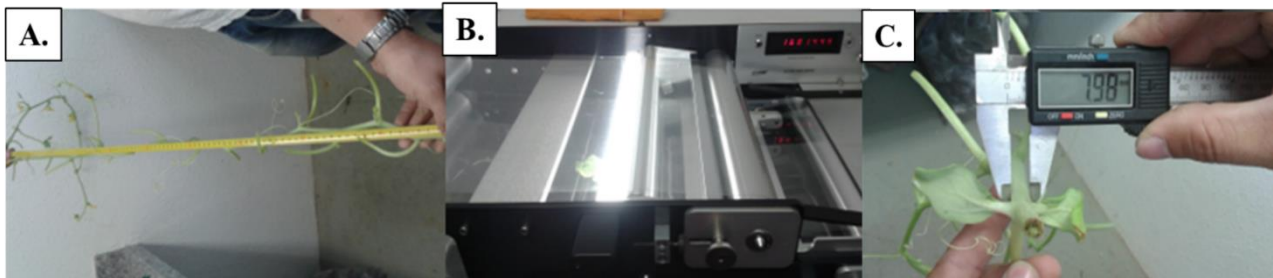
Variáveis analisadas

Para o crescimento foram avaliados ao final do experimento (28 DAT) o número de folhas (NF), o comprimento do ramo principal (CRP) com o auxílio de uma trena, o diâmetro do caule da planta (DC), utilizando um paquímetro digital e a área foliar (AF), quantificada com um integrador de área foliar (LI-3100C, LI-COR) (Figura 3.4). As massas secas dos ramos (MSRam), das folhas (MSF) da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) foram mensuradas em uma balança analítica, após a secagem dos órgãos das plantas. Para tanto, os mesmos foram acondicionados em um freezer a -80°C e colocados para secar em um liofilizador.

Com relação às trocas gasosas, a fotossíntese, a condutância estomática e a transpiração das plantas foram avaliadas com o auxílio de um analisador de gás no infravermelho (IRGA LCpro, ADC, Hoddesdon, UK). As medições ocorreram entre 08:00 e 11:00 h nas folhas mais desenvolvidas, ao final do experimento (28 DAT).

Os carboidratos solúveis totais, nos quais estão presentes os monossacarídeos (frutose e glicose) e o dissacarídeo sacarose, foram extraídos de acordo com a metodologia descrita por Rinne *et al.* (2012). Os carboidratos foram determinados a partir da maceração em almofariz de material vegetal proveniente de folhas liofilizadas.

Figura 3.4 – Avaliação do comprimento do ramo (A), medidor de área foliar (B) e diâmetro do caule (C).



Fonte: Autor

Após, foi homogeneizado 0,5 g do material vegetal seco em 10 mL de água desionizada (passada através de filtros miliporos - mili-Q). Em seguida, essa mistura foi submetida à agitação por duas horas, seguido de filtração em papel de filtro do tipo lento. Ao final do processo, os sobrenadantes foram filtrados por meio de membrana de politetrafluoretileno (PTFE), com poro de $0,2\ \mu\text{m}$ de diâmetro, e armazenados sob refrigeração a -20°C até a realização das análises de teores de açúcares glicose, frutose e sacarose, em que os mesmos foram separados em uma coluna de Ca (Supelco gel), sendo os picos detectados por um refratômetro acoplado a um HPLC (cromatografia líquida de alta eficiência).

As áreas dos picos foram integradas e os açúcares quantificados após comparação com uma curva padrão previamente construída a partir de concentrações crescentes de padrões de D-frutose, D-glicose e sacarose (Sigma Aldrich).

Análises estatísticas

Foi feita a análise de variância (ANOVA) dos dados obtidos. Quando ocorreu efeito significativo na ANOVA, os dados de natureza qualitativa foram submetidos ao teste de Tukey, enquanto que os de natureza quantitativa foram submetidos à análise de regressão, com o objetivo de se encontrar a equação que melhor represente a relação entre as variáveis analisadas e os tratamentos aplicados. As análises estatísticas foram executadas com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Trocas gasosas

Em relação à transpiração, houve diferença significativa tanto para as temperaturas, quanto para as lâminas, não havendo interação significativa entre os tratamentos de temperatura e de lâminas de irrigação (Tabela 3.1). Para a condutância estomática, houve significância entre os níveis de irrigação e interação entre os fatores.

Tabela 3.1 – Análise de variância das trocas gasosas de plantas de meloeiro aos 28 dias após o transplante (DAT) cultivadas sob diferentes temperaturas (30,6 °C e 31,4 °C) e lâminas de irrigação (60, 80, 100, 120 e 140% da ETc).

	FV	GL	QM (Quadrado médio)		
			Transpiração <i>E</i> (mmol m ⁻² s ⁻¹)	Condutância estomática <i>g_s</i> (mol m ⁻² s ⁻¹)	Fotossíntese <i>A</i> (μmol m ⁻² s ⁻¹)
		28 DAT	28 DAT	28 DAT	
Temp. (T)	1	12,18 **	0,001 ns	1,149 ns	
Resíduo (T)	6	0,652	0,0047	6,654	
Reg Lâm. (L)	4	2,558 **	0,034 **	6,573 ns	
T x L	4	1,237 ns	0,0174 *	11,879 ns	
Resíduo (L)	24	0,503	0,005	6,109	
CV (T) (%)		9,16	15,34	23,27	
CV (L) (%)		8,2	15,4	20,45	

*, **: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo.

Não houve diferença significativa para a variável fotossíntese, tanto para os tratamentos isolados quanto para a interação, (Tabela 3.1), corroborando com os dados de Pontes (2014), que estudando o efeito da temperatura no meloeiro, com uso de câmaras em condições de campo (Pacajus – CE), verificou que, com o aumento médio de 2 °C, as trocas gasosas não foram influenciadas.

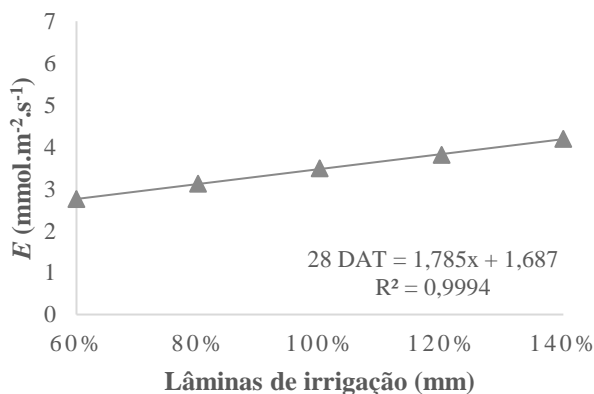
A medida que houve um incremento das lâminas de irrigação, a transpiração também aumentou linearmente (Figura 3.5 A). Para cada acréscimo de 20% da lâmina aplicada houve um incremento de 0,36 $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ da transpiração da planta. Logo, quanto maior a lâmina aplicada (umidade ou quantidade de água no solo), maior foi a transpiração da cultura.

Em relação aos tratamentos com temperatura, foi visto que as plantas submetidas à temperatura de 31,4 °C apresentaram menor transpiração (Figura 3.5 B), isso pode ter acontecido devido ao fato de que o ambiente com menor temperatura média (30,6°C) estava em campo aberto, e embora com quebra-ventos, o vento, mesmo tendo essa barreira física, juntamente com a maior incidência de radiação podem ter influenciado na perda d'água para a atmosfera, já que a evapotranspiração das plantas nesse ambiente foi maior.

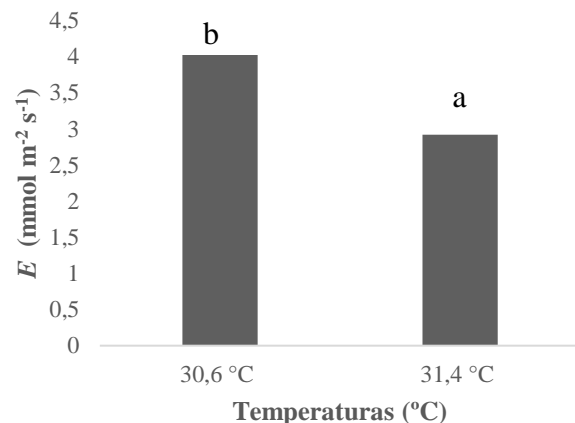
A redução da transpiração ajuda na conservação da água disponível. Percebe-se que nas lâminas aplicadas de 60% da ETc houve um baixo valor de transpiração, comparado com as plantas submetidas às maiores lâminas de irrigação. Essa diminuição pode ocorrer por meio do fechamento temporário dos estômatos, como uma adaptação modulativa. Uma alteração modificativa ocorre quando as folhas que crescem sob condições de deficiência hídrica apresentam os estômatos menores, mas uma densidade estomática maior. Essa modificação oferece condições para uma redução mais rápida da transpiração por meio da regulação do fechamento estomático (LARCHER, 2006).

Figura 3.5 – Transpiração (E) em relação à salinidade (A) e em relação às temperaturas (B) de plantas de meloeiro aos 28 dias após o transplântio (DAT) cultivadas sob diferentes temperaturas (30,6 °C e 31,4 °C) e lâminas de irrigação (60, 80, 100, 120 e 140% da ETc).

A.



B.

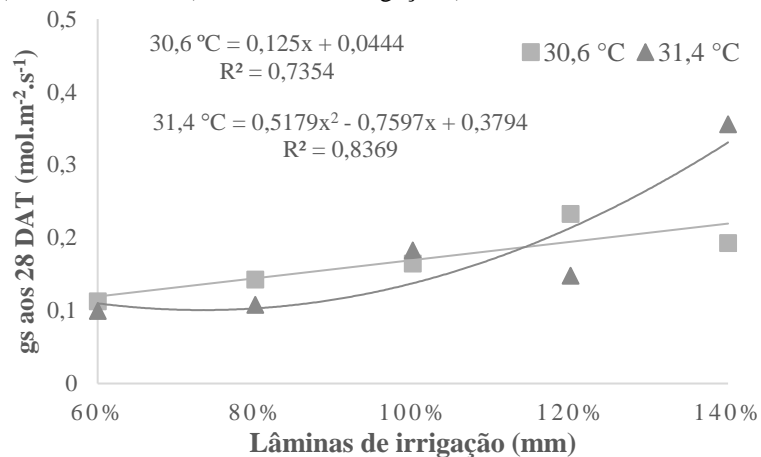


Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Percebe-se também que a quantidade de água aplicada nas plantas submetidas a temperatura 30,6 °C foi 28% maior (lâminas em mm) (Figura 3.5 B) em todos os níveis de irrigação. Isto reforça a hipótese de que essas plantas transpiraram mais e perderam mais água em comparação com as plantas cultivadas no outro ambiente. Logo, a temperatura média de 31,4 °C não influenciou no incremento da transpiração das plantas em dissipar o aquecimento foliar para resfriar a folha, provando que essa alta temperatura não causou danos fisiológicos na planta.

Para a condutância estomática, houve relação linear positiva para a temperatura de 34,8°C e resposta quadrática positiva para a temperatura de 31,4 °C (Figura 3.6).

Figura 3.6 – Condutância estomática (gs) de plantas de meloeiro aos 28 dias após o transplante (DAT) cultivadas sob diferentes temperaturas (30,6 °C e 31,4 °C) e lâminas de irrigação (60, 80, 100, 120 e 140% da ETc).



Segundo Silva *et al.* (2010), a disponibilidade hídrica no solo pode causar fechamento estomático limitando a condutância estomática e a transpiração. Logo, quanto maior a lâmina, maior será a abertura estomática. Isto está de acordo com resultados mostrados neste experimento, em que os maiores valores da variável foram vistos nos tratamentos que continham as maiores lâminas aplicadas (Figura 3.6).

Quando se aplicou mais água (140% da ETc), a abertura estomática foi maior nas plantas submetidas a maiores temperaturas, fazendo que temperaturas mais altas influenciem na abertura estomática (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Desdobramento das médias da variável condutância estomática de plantas de meloeiro submetidas a diferentes temperaturas (30,6 °C e 31,4 °C) dentro de lâminas de irrigação (60, 80, 100, 120 e 140% da ETc) aos 28 dias após o transplântio.

	Temperaturas	Lâminas de irrigação (% da ETc)				
		60%	80%	100%	120%	140%
gs aos 28 DAT	30,6 °C	0,11	0,14	0,18	0,23	0,19 b
	31,4 °C	0,10	0,11	0,17	0,15	0,36 a

Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente na mesma coluna pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A fotossíntese não foi afetada pelos tratamentos, seja hídrico ou de temperatura, com média de aproximadamente $11,4 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Carvalho (2015), trabalhando com diferentes temperaturas (30, 34, 38 e 42 °C) não observou influência nas trocas gasosas do meloeiro amarelo (híbrido Goldex) cultivado em câmaras de crescimento, sob elevadas temperaturas (38°C e 42 °C), indicando que as plantas adaptaram suas trocas gasosas às temperaturas em que estão sendo cultivadas.

Crescimento da planta

Para o número de folhas, houve diferenças significativas somente para os fatores isolados. Já para o comprimento do ramo principal, somente a temperatura foi significativa. E para o diâmetro do caule da planta, houve diferença significativa aos 28 DAT apenas para o tratamento lâminas de irrigação (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 – Análise de variância do número de folhas (NF), comprimento do ramo principal (CRP) e diâmetro do caule (DC) de plantas de meloeiro aos 28 dias após o transplântio (DAT) cultivadas sob diferentes temperaturas (30,6 °C e 31,4 °C) e lâminas de irrigação (60, 80, 100, 120 e 140% da ETc).

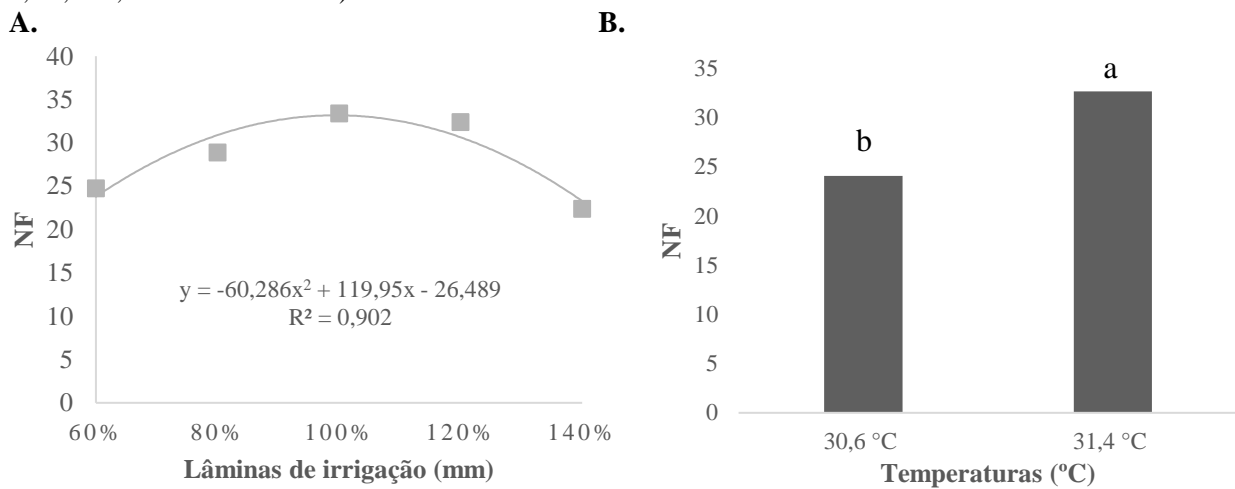
FV	GL	QM (Quadrado médio)		
		Número de folhas - NF	Comprimento do ramo principal - CRP (cm)	Diâmetro do caule - DC (mm)
Temp. (T)	1	739,6000 **	48163,6 **	3,300502 ns
Resíduo (T)	6	46,25	597,05	1,086209
Lâm. (L)	4	180,77500 **	607,16250 ns	4,70399 **
T x L	4	62,7250 ns	647,66250 ns	1,07567 ns
Resíduo (L)	24	35,6667	361,8625	0,775257
CV (T) (%)		23,99	23,51	14,17
CV (L) (%)		21,07	18,30	11,97

*, **: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo.

Aos 28 DAT, houve um aumento no número de folhas até próximo da lâmina 3 (100% da ETc), pela equação quadrática $-60,286x^2 + 119,95x - 26,489$ ($R^2=0,90$), para posteriormente ocorrer um decréscimo do número de folhas na maior quantidade de água aplicada (Figura 3.7 A).

No final do crescimento vegetativo, aos 28 DAT, as plantas submetidas às maiores temperaturas obtiveram o maior número de folhas (Figura 3.7 B), salientando mais uma vez a importância dessa cultura no cenário das mudanças climáticas, que toleram às altas temperaturas médias.

Figura 3.7 – Número de folhas (NF) em relação à salinidade (A) e em relação às temperaturas (B) de plantas de meloeiro aos 28 dias após o transplante (DAT) cultivadas sob diferentes temperaturas (30,6 °C e 31,4 °C) e lâminas de irrigação (60, 80, 100, 120 e 140% da ETc).



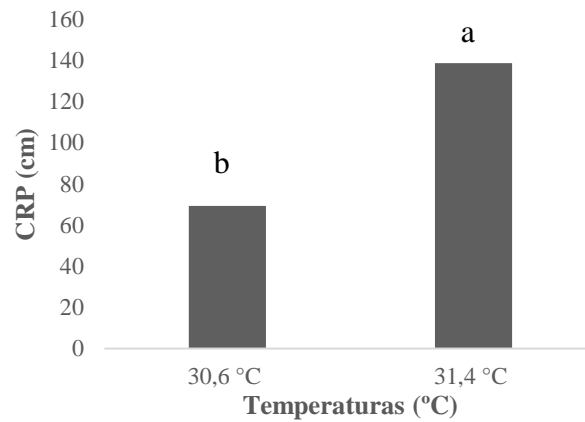
Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Segundo Larcher (2006), a deficiência hídrica induz a redução da extensão celular, porque a pressão de turgescência é inadequada, devido à alta concentração de ABA. Logo, sob estresse hídrico, a célula é incapaz de atingir o seu tamanho potencial máximo.

Carvalho (2015), utilizando câmaras de crescimento, verificou que elevadas temperaturas (38 e 42 °C) retardaram o crescimento do meloeiro amarelo (híbrido Goldex). A diminuição do número de folhas, nas maiores temperaturas, foi em decorrência da redução no desenvolvimento das gemas axilares e apical. Isso não aconteceu neste experimento porque as plantas foram submetidas a uma temperatura média máxima de 31,4°C, não influenciando assim na queda do número de folhas.

Para o comprimento do ramo principal, novamente a temperatura mais alta proporcionou um aumento na variável de crescimento estudada (Figura 3.8).

Figura 3.8 – Comprimento do ramo principal de plantas de meloeiro aos 28 dias após o transplântio (DAT) cultivadas sob diferentes temperaturas (30,6 °C e 31,4 °C) e lâminas de irrigação (60, 80, 100, 120 e 140% da ETc).



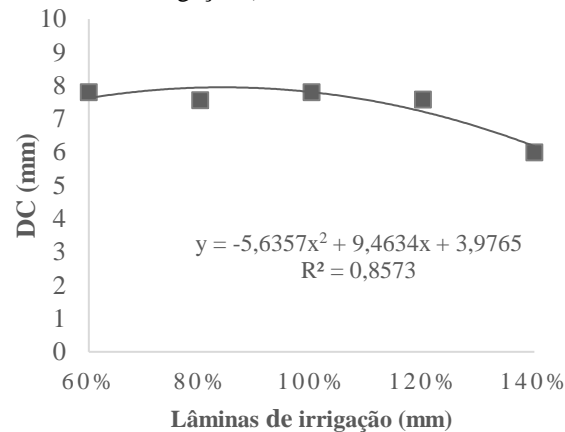
Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os processos fisiológicos e bioquímicos dos vegetais são afetados pelo déficit hídrico, podendo interferir no rendimento da produção (JALEEL *et al.*, 2008). No entanto, o excesso de água, além de afetar o crescimento, a fitossanidade e a produção das plantas, provoca a lixiviação de nutrientes, como nitrogênio. Além disso, a elevada aplicação de água aumenta os custos de produção, reduzindo o lucro dos produtores (PIRES, 2013).

O aumento da lâmina de irrigação influenciou negativamente o diâmetro do caule. O maior diâmetro encontrado foi na lâmina de 84% da ETc (7,95 mm). Enquanto que com 60% da ETc o diâmetro alcançou valores de 7,63 mm e com 140% da ETc, esse valor médio foi para 6,18 mm (Figura 3.9).

Monteiro e Sousa (1998), trabalhando com melão cultivado em ambiente protegido e irrigado por gotejamento, verificaram que as médias de diâmetro do caule não apresentaram diferenças significativas em função dos tratamentos de irrigação baseados na tensão de água no solo. Pádua (2001), estudando melão rendilhado em cultivo protegido, em duas épocas de plantio, considera que plantas com diâmetros maiores são mais desejáveis, pois confere maior resistência à planta e, possivelmente aumenta a área do sistema vascular, com consequente aumento da absorção de água e transporte de nutrientes. Ressalta ainda que a importância da avaliação das características vegetativas está relacionada com a influência que estes podem exercer no metabolismo geral das plantas, e refletem o grau de adaptação destas ao ambiente de cultivo, podendo auxiliar na definição de um manejo mais racional e eficiente.

Figura 3.9 – Diâmetro do caule de plantas de meloeiro aos 28 dias após o transplântio (DAT) cultivadas sob diferentes temperaturas (30,6 °C e 31,4 °C) e lâminas de irrigação (60, 80, 100, 120 e 140% da ETc).



A área foliar e a massa seca da raiz foram significativas para os dois fatores isolados, enquanto a massa seca da parte aérea apresentou significância para os fatores isolados e interação significativa entre os fatores submetidos (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 – Análise de variância da área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) de plantas de meloeiro aos 28 dias após o transplântio (DAT) cultivadas sob diferentes temperaturas (30,6 °C e 31,4 °C) e lâminas de irrigação (60, 80, 100, 120 e 140% da ETc).

FV	GL	QM (Quadrado médio)		
		AF (cm ²)	MSPA (g)	MSR (g)
Temp. (T)	1	2990400,008 *	28,662490 *	5,069440 **
Resíduo (T)	6	263490,2277	3,041085	0,315538
Lâm. (L)	4	786915,5927 **	11,430479 **	0,63401 *
T x L	4	291776,656 ns	21,31768 **	0,195146 ns
Resíduo (L)	24	147566,2388	1,325441	0,181192
CV (T) (%)		41,82	28,74	45,65
CV (L) (%)		31,29	18,97	34,66

*, **: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo.

Na Tabela 3.5, foram apresentados os desdobramentos das médias da massa seca da parte aérea. Para todos os níveis de irrigação, houve diferença significativa dentro das temperaturas. Apenas na lâmina de 120% da ETc as médias da MSPA foram menores na temperatura de 31,4°C. Em todas as outras lâminas, a maior temperatura proporcionou uma maior massa seca da parte aérea.

Tabela 3.5 – Desdobramento das médias da variável massa seca da parte aérea de plantas de meloeiro submetidas a diferentes temperaturas (34,8°C e 31,4°C) dentro de lâminas de irrigação (60, 80, 100, 120 e 140% da ETc) aos 28 dias após o transplântio.

	Temperaturas	Lâminas de irrigação (% da ETc)				
		60%	80%	100%	120%	140%
MSPA aos 28 DAT	30,6 °C	3,70 b	4,61 b	6,29 b	8,00 a	3,50 b
	31,4 °C	7,24 a	9,02 a	8,80 a	4,11 b	5,41 a

Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente na mesma coluna pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na figura 3.10 são observados os gráficos de área foliar e massas secas. As diferenças entre as médias das massas secas da parte aérea na temperatura de 34,8°C chegaram a quase o dobro (lâminas de 60 e 80% da ETc) das médias das plantas submetidas a um ambiente mais quente (31,4°C) (Tabela 3.5). Ferreira (1995), trabalhando com monitoramento da deficiência hídrica no meloeiro com termometria infravermelha, afirma que até 35 DAT não há diferença no acúmulo de fitomassa seca, entre a maior e a menor lâmina aplicada (100 e 70% da ETc), diferentemente do que aconteceu neste experimento.

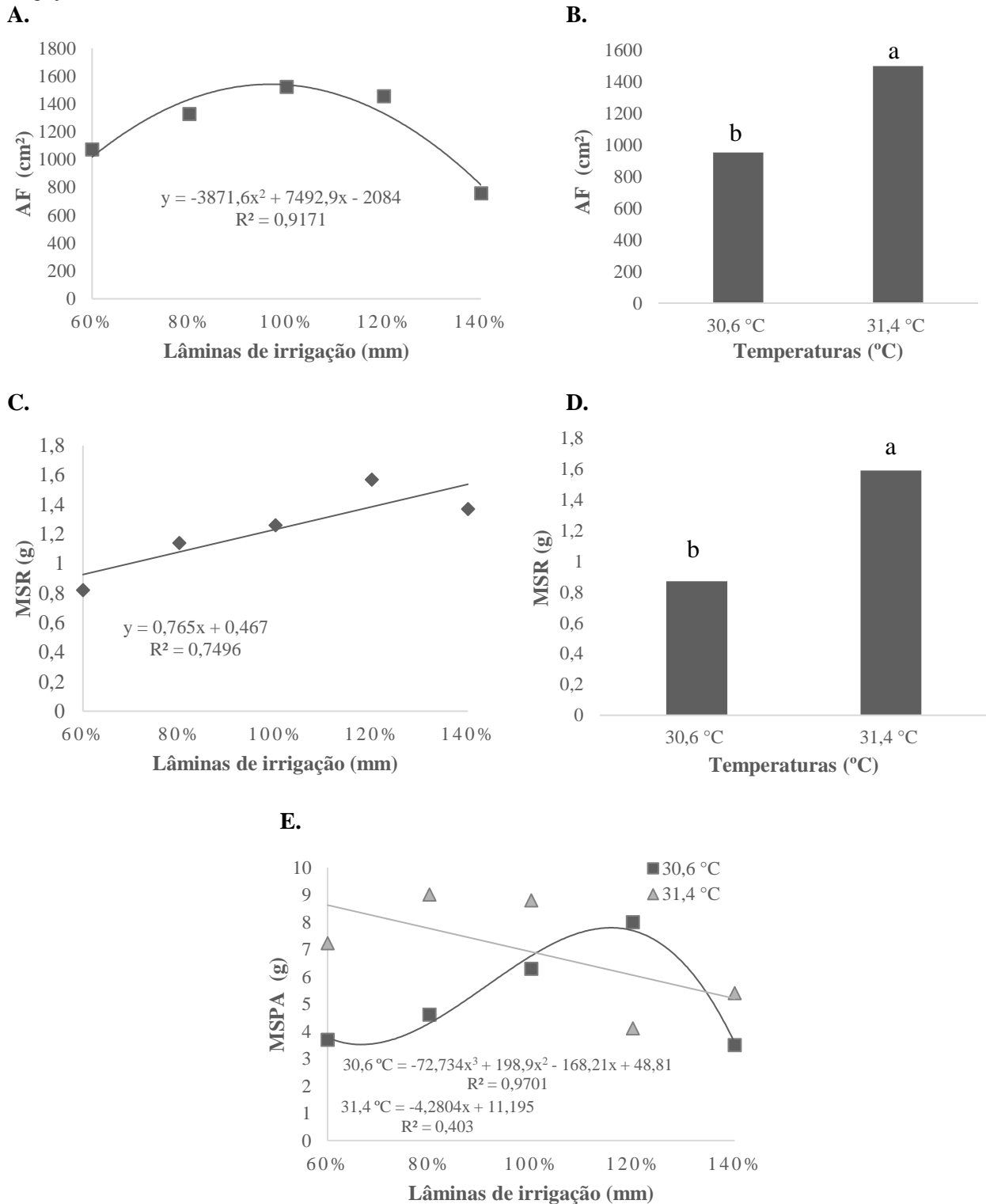
Em relação a área foliar, a curva foi polinomial quadrática ($-3871,6x^2 + 7492,9x - 2084$), em que o ponto máximo (maior valor alcançado), derivando a curva citada, foi de 1541,3 cm², aplicando uma lâmina de 97% da ETc (Figura 3.10 A).

Já em relação às temperaturas, a diferença entre as médias foi de 57,3%, sendo que novamente as plantas cultivadas nas temperaturas médias de 31,4°C obtiveram maiores áreas foliares comparadas às plantas do outro ambiente (Figura 3.10 B).

A determinação da área foliar é de extrema importância, pois as folhas são as principais responsáveis pela captação da energia solar e pela produção de matéria seca através da fotossíntese. Diante disso, a análise de crescimento (número de folhas, diâmetro do caule, comprimento dos ramos, área foliar e massa seca da parte aérea e das raízes) objetiva descrever e interpretar o desempenho de determinada espécie, crescendo em ambiente natural ou controlado.

As plantas irrigadas com 140% da ETc nos dois ambientes reduziram o acúmulo de matéria seca comparado aos outros níveis de irrigação, provavelmente por estas plantas terem começado o florescimento (em torno de 12 dias após o transplântio) primeiro que as demais e muito provavelmente translocaram o incremento destinado à matéria seca para o pegamento dos frutos.

Figura 3.10 – Área foliar (AF) em relação à salinidade (A) e às temperaturas (B), massa seca da parte aérea (MSR) em relação à salinidade (C) e às temperaturas (D) e interação entre os fatores na massa seca da raiz (MSR) (E) de plantas de meloeiro aos 28 dias após o transplântio (DAT) cultivadas sob diferentes temperaturas (30,6 °C e 31,4 °C) e lâminas de irrigação (60, 80, 100, 120 e 140% da ETc).



Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Essa diferença de 0,8 °C de temperatura média pode ser pouca matematicamente, mas esse experimento vem mostrando que apenas esse incremento em graus Celsius conseguiu elevar os valores mais importantes de crescimento das plantas de meloeiro, como: número de folhas, comprimento dos ramos, área foliar e massas secas da parte aérea e da raiz.

A fitomassa seca das raízes aumentou com o incremento das lâminas de irrigação e com a temperatura média de 31,4°C (Figura 3.10 C e 3.10 D). Esses índices envolvidos indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar fotoassimilados (fonte) e alocar a massa produzida para os diversos órgãos (dreno), expressando as condições morfofisiológicas da planta e quantificando a produção líquida, gerando assim a descrição clara do padrão de crescimento da planta, permitindo a comparação entre situações distintas, principalmente no estágio vegetativo das plantas (BENINCASA, 2003; FONTES, DIAS; SILVA, 2005).

No gráfico de interação da massa seca da parte aérea (Figura 3.10 E), pode-se observar que a partir da lâmina de 100% da ETc houve uma inversão de comportamento das plantas submetidas às diferentes temperaturas, mesmo as maiores médias sendo vistas nas plantas cultivadas a 31,4°C. Percebe-se que nessa temperatura maior, quando houve um incremento de água acima de 100% da ETc, as plantas diminuíram a massa foliar. O mesmo não aconteceu com a variedade de meloeiro cultivada em temperaturas de 34,8°C.

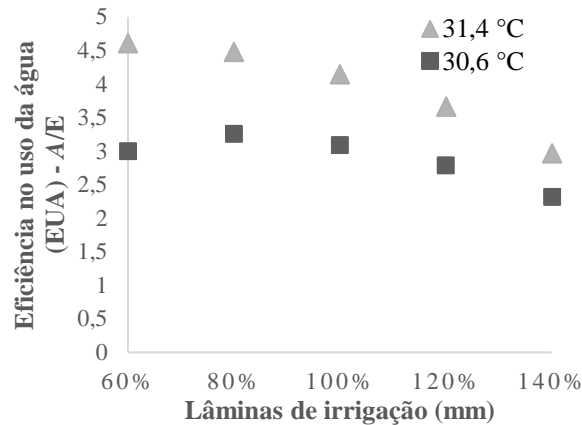
Em relação à eficiência do uso da água (EUA), obtida por meio da relação entre as taxas fotossintética (A) e transpiratória instantâneas (A/E), observou-se que o ambiente de maior temperatura aumentou consideravelmente a EUA, em que os maiores valores observados foram nas lâminas mais baixas. A eficiência de uso da água diminuiu também proporcionalmente com o aumento da lâmina de irrigação aplicada, ou seja, quanto maior a lâmina, menor a eficiência de uso da água (Figura 3.11).

No entanto, este fato não implica dizer que os valores de maior crescimento (número de folhas, área foliar, massa seca das raízes) da cultura foram encontrados nos mais altos valores de eficiência de uso da água, e sim que as plantas, principalmente no ambiente mais quente, responderam mais satisfatoriamente ao déficit hídrico e às altas temperaturas, já que obtiveram o maior crescimento vegetativo na temperatura de 31,4 °C.

Para se atingir bons resultados com relação à eficiência no uso da água, sem afetar a produtividade das culturas, recomenda-se a adoção de variedades de plantas mais adaptadas às condições do semiárido nordestino (déficit hídrico e altas temperaturas). Além disso, o manejo eficiente da irrigação contribui significativamente para o melhor aproveitamento deste recurso.

Diante do exposto, em relação às variáveis de crescimento, lâminas entre 80 e 100% da ETc e temperaturas médias próximas a 31,4 °C foram essenciais para um bom desenvolvimento das plantas do meloeiro, reforçando a importância do manejo da cultura com lâminas abaixo da recomendada.

Figura 3.11 – Eficiência do uso da água (EUA) de plantas de meloeiro aos 28 dias após o transplante (DAT) cultivadas sob diferentes temperaturas (30,6°C e 31,4 °C) e lâminas de irrigação (60, 80, 100, 120 e 140% da ETc).



Aliado a isso, pelos valores de eficiência do uso da água e das lâminas utilizadas no experimento de ambiente de maior temperatura, percebeu-se, em termos quantitativos (mm), uma menor quantidade de água utilizada nas plantas nesse ambiente, comparado às lâminas utilizadas na temperatura média mais baixa. Com isso, esse experimento aponta que a cultura do meloeiro poderá ser produzida nas condições de aumento de temperatura, sem haver grandes prejuízos e perdas.

Teores de carboidratos solúveis nas folhas

Na análise de variância para os carboidratos solúveis das folhas, foi observado que os tratamentos hídricos influenciaram os teores dos açúcares analisados. Entretanto os regimes de temperatura afetaram apenas os teores de glicose e frutose, não havendo diferença significativa para interação entre os fatores para todos os açúcares analisados (Tabela 3.6).

O incremento das lâminas de irrigação diminuiu o teor dos três carboidratos nas folhas. Para cada incremento de 10% do nível de irrigação, os teores de glicose e frutose foram reduzidos para 0,32 mg g MS⁻¹ e 0,13 mg g MS⁻¹, respectivamente.

Para a sacarose, o ponto máximo foi encontrado com um nível de 78% da ETc (Figura 3.12 A), mostrando mais uma vez que nem sempre as plantas irrigadas com as lâminas abaixo de

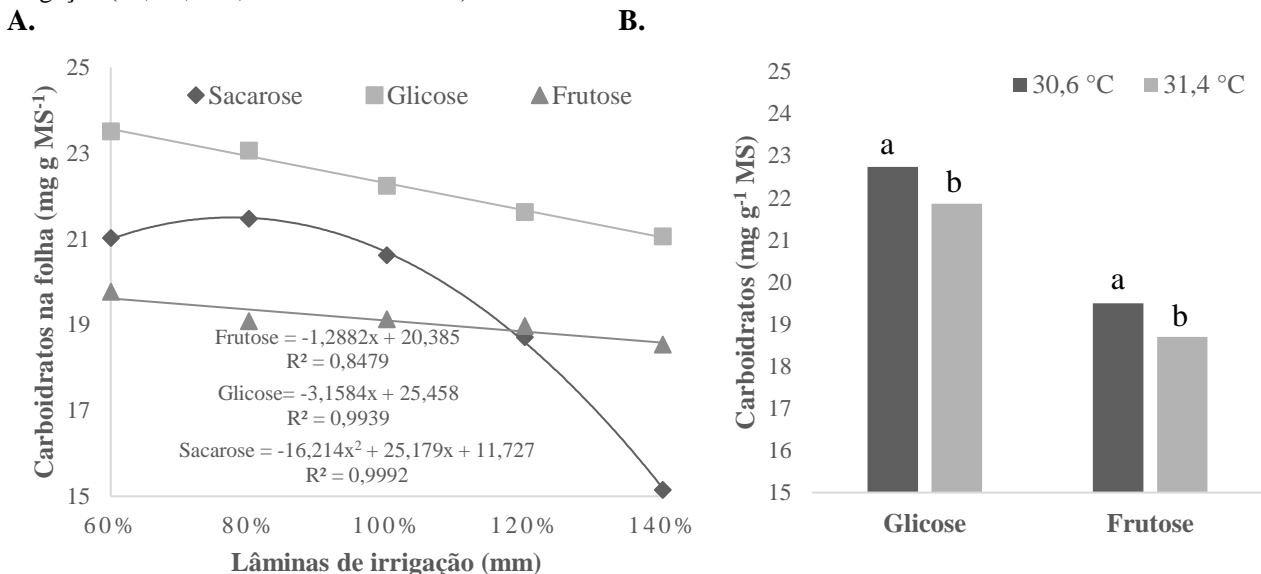
100% da recomendada prejudicam a qualidade e o desenvolvimento do meloeiro. Ao contrário do que vinha acontecendo, na temperatura mais elevada houve redução de 3,9% e 4,1% de glicose e frutose nas folhas, respectivamente (Figura 3.12 B).

Tabela 3.6 – Análise de variância dos carboidratos solúveis na folha (sacarose, glicose e frutose em mg g^{-1} MS) de plantas de meloeiro aos 28 dias após o transplântio (DAT) cultivadas sob diferentes temperaturas ($30,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $31,4\text{ }^{\circ}\text{C}$) e lâminas de irrigação (60, 80, 100, 120 e 140% da ETC).

FV	GL	QM (Quadrado médio)		
		Sacarose	Glicose	Frutose
Temp. (T)	1	0,00625 ns	7,621290 **	6,408003 **
Resíduo (T)	6	4,003212	0,54003	0,212559
Lâm. (L)	4	53,8361 **	8,027691 **	1,562004 **
T x L	4	2,492931 ns	0,539921 ns	0,732534 ns
Resíduo (L)	24	3,904391	0,806236	0,323315
CV (T) (%)		10,31	3,3	2,41
CV (L) (%)		10,19	4,03	2,98

*, **: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo.

Figura 3.12 – Carboidratos em relação à salinidade (A) e glicose e frutose em relação às temperaturas (B) de plantas de meloeiro aos 28 dias após o transplântio (DAT) cultivadas sob diferentes temperaturas ($30,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $31,4\text{ }^{\circ}\text{C}$) e lâminas de irrigação (60, 80, 100, 120 e 140% da ETC).



Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Esse comportamento dos carboidratos poderia indicar que sob elevada temperatura houve uma inibição do transporte de fotoassimilados das folhas para as demais partes da planta. Entretanto, quando se observa o maior crescimento das plantas e a manutenção da fotossíntese sob condição de elevada temperatura, infere-se que nessas plantas havia um maior dreno nos outros órgãos e a taxa de turnover dos carboidratos não permitia a acumulação dos mesmos nas folhas.

Segundo Scarpate Filho *et al.* (2010), as folhas maduras produzem mais carboidratos do que necessitam para manter suas atividades metabólicas e crescimento. Assim, as mesmas exportam fotoassimilados excedentes, na forma de sacarose, para tecidos fotossinteticamente menos ativos ou inativos, como folhas jovens e raízes, podendo essa exportação ser até 50% dos fotossintetizados; o restante é usado no metabolismo e na própria respiração (MAIA *et al.*, 2005).

Além disso, a sacarose corresponde a uma das frações dos carboidratos solúveis totais e em concentrações altas atuam estabilizando algumas estruturas macromoleculares presentes na célula vegetal (CHAVES; FLEXAS; PINHEIRO, 2009). Este processo ajuda a restabelecer a integridade da membrana plasmática, prevenindo a desidratação e sendo fonte de energia para as células ativas sob condições de estresse hídrico (GAUPELS; KURUTHUKULANGARAKOOLA; DURNER, 2011).

CONCLUSÕES

O aumento de 0,8 °C (30,6 °C para 31,4 °C), que estaria dentro do cenário otimista de mudanças climáticas, conservou a taxa fotossintética e aumentou a transpiração das plantas de meloeiro.

A condutância estomática foi incrementada apenas com o aumento da quantidade de água aplicada nos dois ambientes.

O aumento de 0,8 °C diminuiu o teor de glicose e frutose nas folhas, devido a maior translocação de fotoassimilados das folhas para os drenos, em virtude do maior crescimento das plantas no ambiente mais quente (31,4 °C), até os 28 dias após o transplantio.

O excesso de água afetou negativamente os teores de carboidratos foliares.

A interação entre as lâminas de 80 a 90% da ETc (59 a 66,5 mm) com a média de temperatura de 31,4 °C foi a que possibilitou maior crescimento das plantas na fase inicial do meloeiro amarelo.

Até aos 28 dias após o transplantio, a planta de meloeiro se adapta bem a incrementos de temperatura na ordem de 0,8 °C, atrelado a uma redução de até 20% da lâmina de irrigação.

REFERÊNCIAS

- BENINCASA, M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2003. 41 p.
- CALVET, A. S. F.; BEZERRA, M. A.; FARIAS, F. C.; ARAÚJO, L. F. de; LIMA, R. E.; SIQUEIRA, K. M. M. Visitantes florais de *Cucumis melo* L. (Cucurbitaceae), em Pacajus-CE. **In: ENCONTRO DE ZOOLOGIA DO NORDESTE**, 18., 2013, Maceió. Do oceano ao sertão: livro de resumos e programa oficial. Maceió: Universidade Federal de Alagoas: Sociedade Nordestina de Zoologia, 2013. p. 251.
- CARVALHO, C. A. C. de. **Impacto do estresse térmico e de CO₂ no crescimento inicial e na fisiologia do meloeiro**. 2015. 140f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.
- CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v.103, n. 1, p.551-560, 2009.
- DIAS, M. A.; LOPES, J. C.; GUIMARÃES, G. A. M.; SOUZA NETO, J. D. de; BERNARDES, C. de O. Carrot seed germination in different conditions of salinity and temperature. **Idesia**, v. 33, n. 1, p. 41–46, 2015.
- FERREIRA, D. N. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.
- FERREIRA, J. A. da S. **Monitoramento da deficiência hídrica no meloeiro com termometria infravermelha**. 1995. 79f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1995.
- FIGUEIRÊDO, M. C. B. de; GONDIM, R. S.; ARAGÃO, F. A. S. de (Org.). 2017. **Produção de melão e mudanças climáticas: sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica**. 1ed. Brasília: Embrapa, 302p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2013. **Fisiologia Vegetal**, 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 918p.
- FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 94-99, 2005.
- GAUPELS, F.; KURUTHUKULANGARAKOOLA, G. T.; DURNER, J. Upstream and downstream signals of nitric oxide in pathogen defence. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 14, n. 1, p. 707-714, 2011.
- JALEEL, C. A.; GOPI, R.; SANKAR, B.; GOMATHINAYAGAM, M.; PANNEERSELVAM, R. Differential responses in water use efficiency in two varieties of *Catharantus roseus* under drought stress. **Comptes Rendus Biologie**, v. 331, n. 1, p. 42-47, 2008.

KAMIYA, E.; TAMURA, S. Physiological studies on growing seedling of muskmelon. **Bulletin Shizuoka Prefecture Agr. Exp. Stn.** v. 7, n. 1, p. 32-44, 1962.

KURUKULASURIYA, P.; ROSENTHAL, S. 2003. **Climate change and agriculture: A review of impacts and adaptations.** Paper No. 91 in Climate Change Series, Agriculture and Rural Development Department and Environment Department, World Bank, Washington, DC.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: Rima Artes e Textos, 2006. 550p.

LIMA, R. E. M.; FARIAS, L. F. L.; ARAÚJO, L. F.; BEZERRA, M. A. Produção de híbridos cantaloupes irrigados com água salinas. In: XXIV Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2016, São Luís. Fruteira Nativas e Sustentabilidade, 2016.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C. de; PORTO FILHO, F. de Q.; GUEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. de. Teores foliares de nutrientes em meloeiros e de nutrientes em meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades irrigado com águas de diferentes salinidades. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. Suplemento, p. 292-295, 2005.

MELO, J. M. M. de; MARINHO, L. B.; VARGENS, F. N.; SOUSA FILHO, J. R. de; DEON, M. D.; MELO, A. M. Y. de. Crescimento de meloeiro submetido ao estresse hídrico com e sem micorrização no Vale do Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 2, p. 1261-1270, 2017.

MONTEIRO, S. B.; SOUSA, A de P. Efeito da irrigação por gotejamento no crescimento do meloeiro cultivado em estufa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27; 1998, Poços de Caldas. **Anais...Poços de Caldas: Universidade Federal de Lavras/Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola**, 1998. p. 40-42.

PÁDUA, J. G. de. **Cultivo protegido de melão rendilhado, em duas épocas de plantio.** 2001. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

PIRES, M. M. M. L.; SANTOS, H. A.; SANTOS, D. F.; VASCONCELOS, A. S.; ARAGÃO, C. A. Produção do meloeiro submetido a diferentes manejos de água com o uso de manta de tecido não tecido. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 304-310, 2013.

RINNE, K. T.; SAURER, M.; STREIT, K.; SIEGWOLF, R. T. W. Evaluation of a Liquid Chromatography Method for Compound-Specific $\delta^{13}\text{C}$ Analysis of Plant Carbohydrates in Alkaline Media. **Rapid Communications in Mass Spectrometry** 26, v. 1, n. 18, p. 2173–85, 2012.

SCARPARE FILHO, J. A.; MORAES, A. L.; RODRIGUES, A.; SCARPARE, F. V. Rendimento de uva ‘Niágara rosada’ submetida à redução de área foliar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 778-785, 2010.

SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JUNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 1, p.7-13, 2010.

SUASSUNA, J. F.; MELO, A. S. de; COSTA, F. S.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, R. S.; SOUSA, M. S. da S. Eficiência fotoquímica e produtividade de frutos de meloeiro cultivado sob diferentes lâminas de irrigação. **Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1251-1262, 2011.

SUZUKI, E.; MASUDA, S. Studies on muskmelon (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus* Naud.). V. The fluctuation of sugar content in Earl's Favourite. **Bull. Fac. Ed. Sizuoka Univ.**, v. 12, n. 1, p. 205-213, 1961.

5 CRESCIMENTO INICIAL E FISIOLOGIA DE PLANTAS DE MELOEIRO AMARELO SUBMETIDAS A TEMPERATURAS ELEVADAS, ASSOCIADAS A DIFERENTES NÍVEIS DE SALINIDADE

RESUMO

O aumento da temperatura, juntamente com salinidade da água de irrigação podem causar sérios problemas no manejo da cultura do meloeiro no semiárido nordestino. Dessa forma, objetivou-se estudar as respostas do crescimento inicial de plantas de meloeiro ao aumento da temperatura do ar aplicando diferentes níveis de sais na água. O experimento foi conduzido em casa de vegetação e em mini-telados na Embrapa Agroindústria Tropical com plantas de meloeiro amarelo (cv. Goldex). Os tratamentos de temperaturas médias utilizados foram de 30,4 °C e 30,7 °C (máximas de 47,8 °C e 52,7 °C, respectivamente). Os tratamentos salinos consistiram de diferentes condutividades elétricas (CEa) de 0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹. O experimento foi conduzido durante os meses de março e abril de 2016 com uma duração de 21 dias após o transplante. O delineamento experimental foi o de parcelas subdivididas (2 x 5) com quatro repetições. A irrigação e a adubação foram realizadas de acordo com as recomendações técnicas da cultura. Foi feita a mensuração das variáveis de crescimento e trocas gasosas no final do experimento. Foi feita também a análise de carboidratos nos ramos e nas raízes. Condutividade elétrica do solo, teores de cloreto, sódio e carbono orgânico na folha também foram analisados. As plantas submetidas às maiores temperaturas transpiraram mais, em função da maior abertura estomática, proporcionando maiores taxas fotossintéticas. O Cl e Na apresentaram maior acúmulo nos tecidos fotossintetizantes (principalmente nos ramos) em relação ao sistema radicular. A quantidade de cloreto nos ramos foi maior nas temperaturas mais amenas, já para o sódio, esse íon foi acumulado mais no ambiente de 30,4 °C. A toxidez do cloreto e do sódio aplicado via água de irrigação reduziu o crescimento das plantas, sendo observados sintomas de amarelecimento e queimas das pontas das folhas nos maiores níveis de salinidade. Em geral, o crescimento da planta até os 21 DAT foi reduzido com a interação da salinidade e da temperatura, com um decréscimo de aproximadamente 40% de área foliar na salinidade de 3,0 dS m⁻¹. O teor de carboidratos foi maior nos ramos, seguido pelas folhas e pelas raízes. Os carboidratos dos ramos apresentaram maiores teores nas maiores temperaturas (30,7 °C). No geral, as altas temperaturas provocaram uma diminuição do carbono orgânico do solo e no CO acumulado nas folhas. A melhor interação para o crescimento do meloeiro na fase vegetativa (até os 21 DAT) foi observada no ambiente protegido com menor temperatura (30,4 °C) e salinidades abaixo de 1,5 ds m⁻¹.

Palavras-chave: Estresse térmico. Toxidez de sais. Trocas gasosas

ABSTRACT

The increase in temperature, together with the salinity of irrigation water can cause serious problems in the management of the melon crop in the northeastern semi-arid region. Thus, the objective was to study the initial growth response of melon plants to the increase of air temperature by applying different levels of salts in the water. The experiment was conducted in a greenhouse and mini-greenhouses at Embrapa Tropical Agroindustry with yellow melon plants (Goldex cv.). The treatments of average temperatures used were 30.4 °C and 30.7 °C (maximum of 47.8 °C and 52.7 °C, respectively). The

saline treatments consisted of different electrical conductivities (CEa) of 0.8; 1.5; 3.0; 4.5 and 6.0 dS m⁻¹. The experiment was conducted during the months of March and April of 2016 with a duration of 21 days after transplanting. The experimental design was subdivided (2 x 5) plots with four replications. Irrigation and fertilization were performed according to the crop technical recommendations. The variables of growth and gas exchange were measured at the end of the experiment. Carbohydrates were analyzed in the branches and roots. Electrical conductivity of the soil, chloride, sodium and organic carbon contents in the leaf were also analyzed. The plants submitted to higher temperatures transpired more, due to the greater stomatal opening, providing higher photosynthetic rates. The Cl and Na presented greater accumulation in the photosynthetic tissues (mainly in the branches) in relation to the root system. The amount of chloride in the branches was higher at the milder temperatures, whereas sodium was accumulated more in the environment of 30.4 °C. Chloride and sodium toxicity applied via irrigation water reduced plant growth, with yellowing symptoms and burning of leaf tips at higher salinity levels. In general, plant growth up to 21 DAT was reduced with the interaction of salinity and temperature, with a decrease of approximately 40% leaf area in the salinity of 3.0 dS m⁻¹. The carbohydrate content was higher in the branches, followed by the leaves and the roots. The carbohydrates of the branches presented higher contents at the higher temperatures (30.7 °C). In general, the high temperatures caused a decrease of the organic carbon of the soil and the CO₂ accumulated in the leaves. The best interaction for the growth of the melon in the vegetative phase (up to 21 DAT) was observed in the protected environment with lower temperature (30.4 °C) and salinities below 1.5 ds m⁻¹.

Keywords: High temperatures. Salt toxicity. Gas exchange

INTRODUÇÃO

O clima exerce influência significativa na produção e qualidade do melão. Dentre os fatores climáticos que afetam diretamente o meloeiro, a temperatura parece ser a que influencia mais no desenvolvimento da cultura (FIGUEIRÊDO, GONDIM; ARAGÃO, 2017). Ainda segundo esses autores, para o crescimento vegetativo, temperaturas abaixo de 12 °C e acima de 40 °C prejudicam o desenvolvimento vegetal. As altas temperaturas promovem alta respiração, prejudicando o desenvolvimento normal da planta (CRISÓSTOMO et al., 2002).

Como as mudanças climáticas estão relacionadas ao aumento de temperatura, escassez hídrica e desertificação, essas mudanças também ocasionarão maior salinização de solos e águas utilizadas para irrigação. Em relação à salinização do solo e da água, se sabe que a produção de várias culturas é severamente reduzida devido essa problemática. Dos 1,5 bilhões de hectares cultivados, cerca de 5% ou 77 milhões de hectares são afetados pela salinização (MUNNS; TESTER, 2008). A salinidade promove alterações nas propriedades químicas e físicas do solo, afetando a interação eletroquímica entre os sais e a argila. O aumento das concentrações de sais e sódio trocável, em longo

prazo, pode levar a desertificação (agravando ainda mais os efeitos das mudanças climáticas nas plantas), sendo que a implicação prática da salinidade sobre o solo é a perda da fertilidade e a susceptibilidade à erosão, além da contaminação do lençol freático e das reservas hídricas subterrâneas (SCHOSSLER *et al.*, 2012). Assim, é fundamental se estudar e entender as mudanças que as plantas sofrerão quando esse fator de estresse for combinado com os cenários propostos para o futuro em função das mudanças climáticas, já que as mudanças climáticas podem aumentar a desertificação do solo e conseqüentemente a salinidade da água e do solo.

Especificamente no meloeiro, muitos pesquisadores já obtiveram respostas à salinidade, podendo citar: diminuição do crescimento inicial, massa seca, trocas gasosas, produtividade e acúmulo de Na^+ e Cl^- nos órgãos das plantas (ARAÚJO *et al.*, 2016; BARROS, 2015). Araújo *et al.* (2016), estudando o crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água, viram que o aumento da salinidade da água de irrigação inibiu o crescimento e acúmulo de massa seca das cultivares de meloeiro, até 30 dias após a semeadura (DAS).

Gurgel *et al.* (2007), constataram que até 21 dias após a semeadura a água salina ($2,41 \text{ dS m}^{-1}$) proporcionou maior crescimento da cv. Goldex quando comparada com a água de baixa salinidade ($0,52 \text{ dS m}^{-1}$). Além disso, a partir do intervalo entre 29 e 35 dias após semeadura (DAS), os valores de crescimento relativo foram maiores quando se irrigou o meloeiro com água de $2,41 \text{ dS m}^{-1}$, mostrando a tolerância dessa cultura à salinidade.

Frente às mudanças climáticas, alterações no sistema de produção convencional de melão serão de extrema importância para que ela continue sendo sustentável. Dentre essas alterações, segundo Figueirêdo, Gondim; Aragão (2017) deve ser priorizado o uso de: i) mulching com plástico branco e opaco, que permita reduzir a temperatura do solo e do ar próximo às plantas; ii) adubação verde (incorporada ou não), pois melhora as características químicas e físicas dos solos, reduz a temperatura, promove menor perda de água no solo e contribui para a mitigação da emissão de gases de efeito estufa; iii) irrigação por gotejamento com fertirrigação, que é mais eficiente no uso da água e fertilização do solo.

Com isso, objetivou-se estudar as respostas no crescimento inicial de plantas de meloeiro ao efeito combinado do aumento da temperatura do ar com a aplicação de diferentes concentrações de sais na água.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e em mini-telados na Embrapa Agroindústria Tropical (3° 45' S, 38° 34' O), em Fortaleza, CE.

Preparo das mudas

O plantio das sementes do meloeiro (melão Amarelo – variedade Goldex) foi feito similar ao do experimento com temperaturas x lâminas de irrigação, com diferença no substrato, que aqui constou apenas de solo dentro dos vasos, para reduzir a condutividade elétrica do solo saturado (CEs).

Caracterização dos tratamentos

No ambiente de fora do telado (FT) foi colocado um mini-telado, com a cumeeira aberta para proporcionar uma temperatura mais elevada e minimizar o efeito do vento nas plantas. Já dentro do telado (DT), foi colocado também um mini-telado, com a cumeeira fechada, para elevar a temperatura.

Os tratamentos de salinidade consistiram da aplicação da irrigação, via gotejador, das soluções salinas com condutividades elétricas (CEa) de 0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹ para as plantas de meloeiro. As soluções salinas foram preparadas pela adição de NaCl.

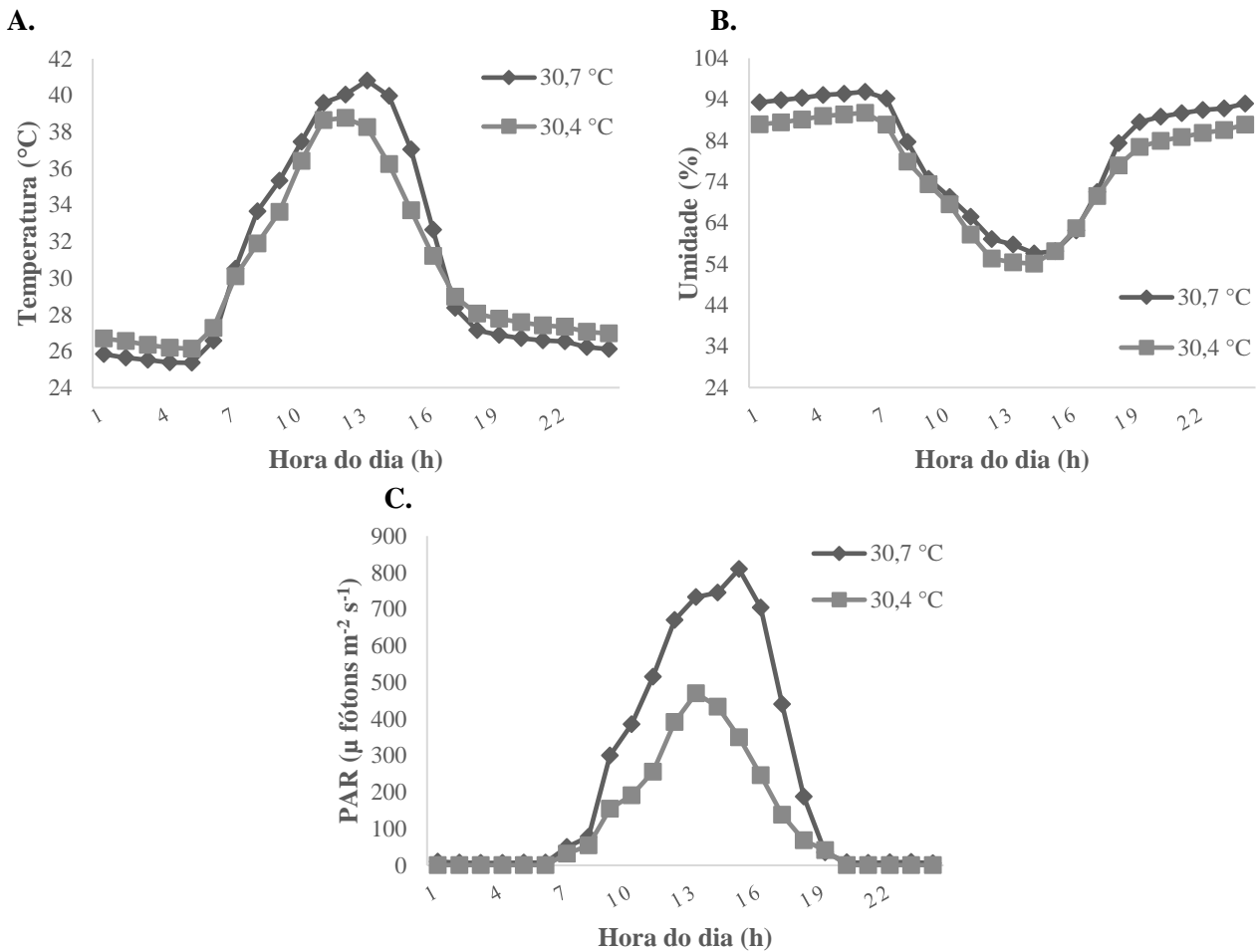
Já em relação a temperatura, as estruturas utilizadas proporcionaram médias de 30,4 °C (DT) e 30,7 °C (FT), alcançando máximas de 47,8 °C e 52,7 °C, respectivamente (Figura 4.1 A).

Essas temperaturas foram mensuradas entre os meses de março e abril de 2016, em que a normal climatológica (1961-1990) é de 26,4 °C e 26,2 °C para os meses de março e abril, respectivamente.

Os valores de umidade relativa do ar e de radiação solar podem ser vistos nas Figuras 4.1 B e 4.1 C, respectivamente.

O delineamento experimental foi o de parcelas subdivididas (2 x 5) com quatro repetições, em que cada repetição equivaliu a uma amostra. O tempo de experimento foi de 21 dias após o transplântio.

Figura 4.1 – Dados médios de temperatura (A), umidade relativa (B) e radiação solar (C) para as temperaturas estudadas. Fortaleza, mar/abr, 2016.



Manejo da irrigação

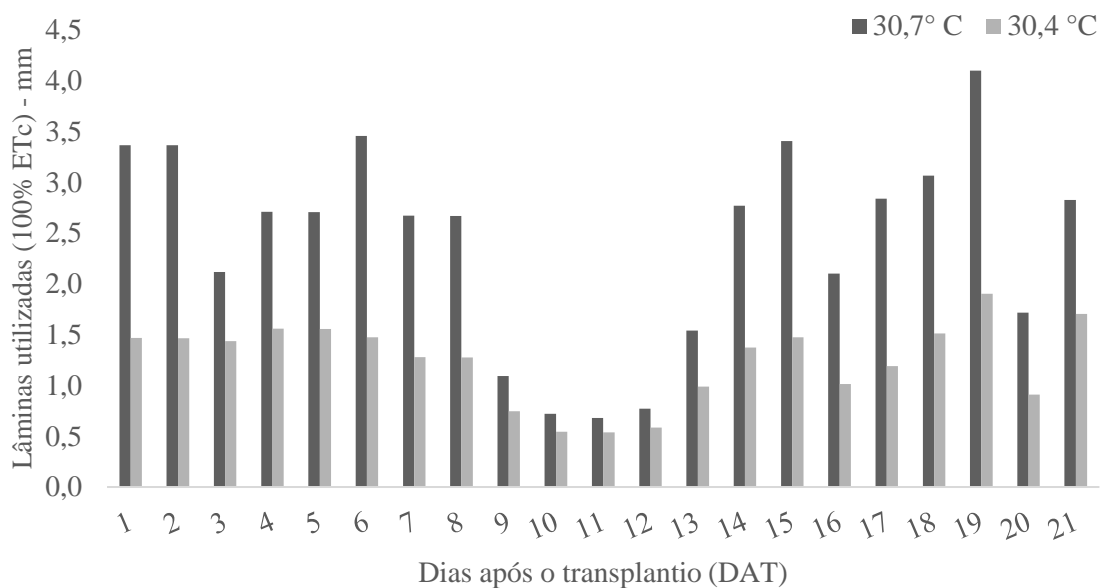
No dia do transplântio o solo foi saturado com água das respectivas salinidades, para deixá-lo na capacidade de campo. Os dados de temperatura e umidade foram mensurados pelo sensor, de hora em hora, pelo Data Logger HT-500. Já os dados de radiação foram obtidos pelo aparelho LI-1400 Data Logger (LICOR), utilizando dois sensores por ambiente ou temperatura para se obter a média de radiação de cada ambiente estudado a cada hora do dia.

A evapotranspiração da cultura (ETc) foi obtida pelo método de Penman Montheith (SMITH, 1991), utilizando uma planilha específica para medir a ETc no melão em ambiente

protegido com um vaso de 5,6 L. A evapotranspiração de referência (ET_r – mm) foi mensurada a partir dos dados de temperatura máxima e mínima (°C), umidade média relativa do ar (%) e radiação solar (MJ m⁻² d⁻¹) (Figura 4.1).

As lâminas de irrigação podem ser vistas na Figura 4.2, referentes às temperaturas de 30,4 °C e 30,7 °C. Foram utilizadas para a temperatura de 30,4 °C a lâmina de 26 mm (100% da ET_c). Já para o ambiente com maior temperatura (30,7 °C), aplicou-se aproximadamente 51 mm. Com isso, percebe-se que a diferença dos níveis de irrigação de um ambiente para outro foi de 49%.

Figura 4.2 – Manejo da irrigação realizado em escala diária pelo método de Penman Montheit, utilizando uma planilha específica para medir 100 % da ET_c no melão em ambiente protegido nos dois tratamentos.



A velocidade do vento e a precipitação dentro do ambiente protegido não foram levadas em consideração. Com esses valores inseridos na planilha foi encontrado o valor aplicado em cada vaso por dia (considerou-se que cada vaso ocupava uma área de 0,09 m²) e o tempo de irrigação, considerando que a eficiência do sistema de irrigação foi de 95%, já que era um sistema novo e por gotejamento, em que a vazão do aspersor utilizada foi de 2,2 L s⁻¹.

O sistema de irrigação foi composto pelos mesmos equipamentos do experimento anterior (temperaturas x lâminas) e a irrigação foi feita diariamente.

Variáveis analisadas

- Crescimento: foram avaliados ao final do experimento (21 DAT) o número de folhas (NF), o comprimento do ramo principal (CRP) com o auxílio de uma trena, o diâmetro do caule da

planta (DC) utilizando um paquímetro digital, a área foliar (AF), quantificada com um integrador de área foliar (LI-3100C, LI-COR) e as massas seca dos ramos (MSRam), das folhas (MSF) da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) por meio de uma balança analítica, após a secagem dos órgãos das plantas. Para tanto, os mesmos foram acondicionados em um freezer a -80 °C e colocados para secar em um liofilizador.

- Trocas gasosas (fotossíntese, condutância estomática e transpiração das plantas): foram avaliadas com o auxílio de um analisador de gás no infravermelho (IRGA LCpro, ADC, Hoddesdon, UK). As medições ocorreram entre 08:00 e 11:00 h nas folhas mais desenvolvidas, ao final do experimento (21 DAT).

- Condutividade elétrica do solo: quantificada a cada 7 dias com o auxílio de um medidor direto (WET sensor).

- Teores de sódio e cloreto: foram mensurados nas folhas, ramos e raízes. O extrato foi obtido a partir da maceração em almofariz de material vegetal proveniente de folhas liofilizadas. Após, foi homogeneizado 1,0 g do material vegetal seco em 50 mL de água desionizada (passada através de filtros miliporos - mili-Q). Em seguida, essa mistura foi submetida à agitação por duas horas, seguido de filtração em papel de filtro do tipo lento.

O teor de sódio foi determinado no extrato por fotometria de chama (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Antes de proceder à leitura da amostra, o fotômetro de chama (DM-62, Digimed) foi calibrado com água desionizada e soluções padrões. Quando a leitura ultrapassou o limite de detecção do aparelho, procedeu-se às diluições necessárias.

Para a determinação do cloreto, utilizou-se uma alíquota de 0,1 mL do extrato, completado para 3,0 mL com água desionizada. Em seguida, adicionaram-se 0,5 mL de mistura de $\text{Hg}(\text{SCN})_2$ 13,2 mM, em metanol, e de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 20,2% (4 + 1). A mistura foi agitada vigorosamente e, após repouso por 15 min, foram efetuadas as leituras de absorbância a 460 nm no espectrofotômetro (BioMate 3, Thermo Scientific) (GAINES *et al.*, 1984). A curva de calibração foi preparada utilizando-se NaCl como padrão.

- Carboidratos solúveis: o extrato para análise de carboidratos solúveis totais foi o mesmo utilizado para quantificar os íons cloreto e sódio. Do extrato foi coletado em torno de 30 µL, 10 µL e 100 µL de cada amostra de folhas, ramos e raízes, respectivamente. A metodologia utilizada foi a de Dubois *et al* (1956), que utiliza fenol a 5% e ácido sulfúrico nas suas reações. As leituras das amostras foram realizadas em espectrofotômetro, utilizando 490 nm de absorbância. A partir da equação de

regressão linear obtida pela curva padrão foi mensurada a concentração de carboidratos solúveis de cada amostra.

- Carbono orgânico total do solo e da folha: foram mensurados a partir da secagem dos materiais em estufa de circulação forçada de ar, a 70 °C. Após, as amostras foram maceradas e passadas em uma peneira com malhas de 2 mm de abertura utilizando um dosador de 1,0 cm³.

O material vegetal (folhas) macerado foi pesado (10 a 90 mg) em balança analítica de alta precisão. As amostras foram acondicionadas e seladas dentro do aparelho que mensura o carbono orgânico total (COT) da marca Shimadzu, sendo, em seguida, incineradas em temperatura aproximada de 900 °C, em um recipiente de quartzo de combustão (“barquinho”), sendo utilizado como carreador o gás O₂. Após a combustão, toda a matéria orgânica foi convertida em CO₂ e um sensor infravermelho detectou a quantidade de dióxido de carbono (CO₂) gerado pela combustão. A quantidade de CO₂ liberada foi medida por espectroscopia de absorção no infravermelho e transformada em carbono total (PRIBYL, 2010).

Já para o carbono orgânico do solo a metodologia usada foi pela marcha analítica de Yeomans; Bremner (1988). Foram realizadas as seguintes adaptações: em tubo de digestão, foi pesado 0,1 g de cada resíduo orgânico. Em seguida, foram adicionados 5 mL de K₂Cr₂O₇ 0,167 mol L⁻¹ e 10 mL de H₂SO₄ concentrado. Posteriormente, as amostras em tubos foram acondicionadas em bloco digestor e digeridas em temperatura de 170 °C, por 30 min; após essa etapa e depois de serem resfriadas, as amostras digeridas foram transferidas para erlenmeyers, onde foram adicionados 5 mL de H₃PO₄, visando facilitar a visualização do ponto de viragem da titulação. Em seguida, foram adicionadas três gotas do indicador difenilamina 1%, sendo as amostras tituladas com sulfato ferroso amoniacal 0,4 mol L⁻¹. Os teores de carbono orgânico (CO) foram determinados utilizando-se os fundamentos e equação matemática descritos em Cantarella; Quaggio; Rajj (2001).

Análises estatísticas

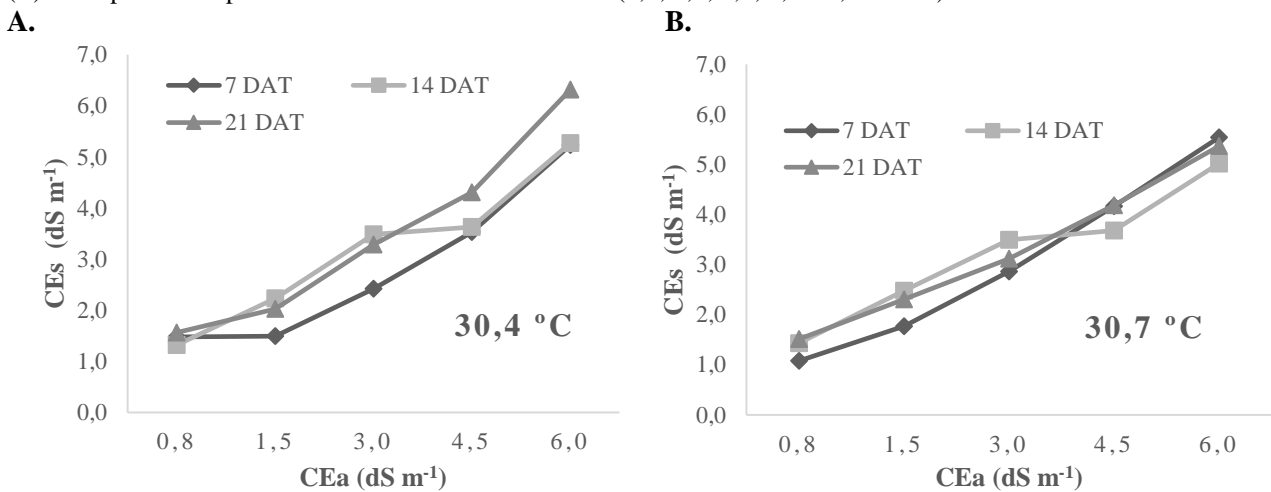
Foi feita a análise de variância (ANOVA) nos dados obtidos. Quando for determinado efeito significativo na ANOVA, os dados de natureza qualitativa foram submetidos ao teste de Tukey, enquanto que os de natureza quantitativa foram submetidos à análise de regressão, com o objetivo de se encontrar a equação que melhor represente a relação entre as variáveis analisadas e os tratamentos aplicados. As análises estatísticas foram executadas com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Condutividade elétrica do solo

A salinidade foi mensurada a cada 7 dias até o final do experimento, sendo observado aumento linear da condutividade elétrica da saturação do solo com o aumento da salinidade aplicada (Figura 4.3). Aos 21 DAT na temperatura de 30,4 °C, se encontrou a maior CE do solo.

Figura 4.3 - Condutividade elétrica da água (CEa) e do solo (CEs) aos 7, 14 e 21 dias após o transplante submetidas à diferentes CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹).



Observou-se que a forma de aplicação da irrigação foi eficiente em manter o nível de salinidade do solo próximo ao aplicado via água de irrigação, reforçando a importância do monitoramento da salinidade do solo em regiões que as águas dos poços artesianos sejam utilizadas para irrigação. É preciso que, juntamente com o monitoramento da salinidade, o produtor ou agricultor faça bons projetos de irrigação e drenagem para evitar um maior acúmulo desses sais nas plantas.

Trocas gasosas

Em relação aos fatores isolados, para todas as trocas gasosas houve significância somente para os tratamentos de temperatura (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 - Análise de variância das variáveis de trocas gasosas: transpiração (E), condutância estomática (gs) e fotossíntese (A) de plantas de meloeiro aos 21 dias após o transplântio submetidas à diferentes CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e temperaturas médias (30,4 e 30,7 °C).

FV	GL	QM (Quadrado médio)		
		E (mmol m ⁻² s ⁻¹)	gs (mol m ⁻² s ⁻¹)	A (mol m ⁻² s ⁻¹)
Temp. (T)	1	20,064 **	0,1562 **	640,160 **
Resíduo (T)	7	0,234	0,0007	1,5083
Regres. Sal. (S)	4	0,4093 ns	0,0006 ns	2,909 ns
T x S	4	0,1698 ns	0,0015 ns	2,136 ns
Resíduo (S)	23	0,1823	0,0007	1,2918
CV (T) (%)		11,72	12,43	6,99
CV (S) (%)		10,33	11,99	6,47

*, **: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo.

Quando se analisa os tratamentos térmicos, se observa que a transpiração foi maior no ambiente mais quente (acréscimo de 41,5%), mostrando que com o tempo, a maior temperatura influenciou mais as plantas do que as altas salinidades (Figura 4.4 A). Também aos 21 DAT, Carvalho (2015), trabalhando com plantas de meloeiro em câmaras de crescimento (30, 34, 38 e 42 °C), observou que quanto mais se aumentava a temperatura do ambiente, maior era a transpiração das plantas, corroborando com os resultados desse experimento.

Segundo Taiz; Zaiger (2013), a transpiração é importante para as plantas pois é um mecanismo responsável por resfriar as folhas quando estas estão submetidas a ambientes com elevadas temperaturas. Aos 21 DAT, a condutância estomática foi bem maior no ambiente mais quente (aumento de 86,7%), provavelmente devido ao fato de que nesse ambiente as plantas receberam mais água, não havendo restrição de água durante todo o experimento.

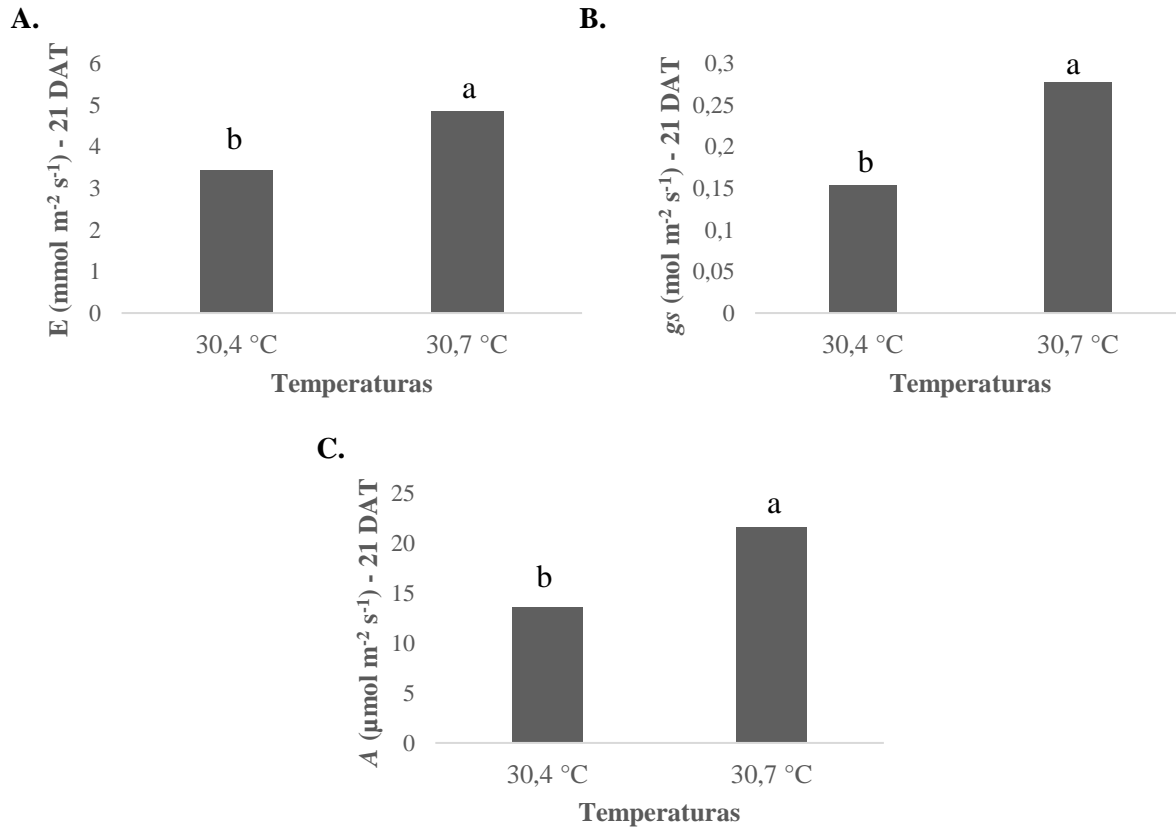
A condutância estomática foi bem maior no ambiente mais quente (aumento de 86,7%), provavelmente devido ao fato de que nesse ambiente as plantas receberam mais água devido à alta transpiração, não havendo falta de água durante todo o experimento (Figura 4.4 B)

Em relação à salinidade, Costa *et al.* (2014), trabalhando com o meloeiro sob estresse salino em casa de vegetação aos 30 DAT, observaram que a transpiração apresentou menores valores nos maiores níveis de salinidade, provavelmente em função da redução do potencial hídrico do solo, resultando em um maior acúmulo de sais e um fechamento parcial dos estômatos, fato não observado nesse trabalho.

Com relação a fotossíntese, sob condições de temperatura elevada, as plantas conseguiram se aclimatar, com as plantas submetidas ao ambiente de maior temperatura apresentando maiores valores de fotossíntese (Figura 4.4 C). Por outro lado, a salinidade não reduziu a taxa fotossintética das plantas. Então, no geral, as plantas submetidas à altas temperaturas transpiraram

mais com uma maior abertura estomática, perdendo assim muito mais água; somado a isso, elas acabaram fotossintetizando mais (58,9%) para tentar se aclimatar ao ambiente de 30,7 °C.

Figura 4.4 - Transpiração (E) (A), condutância estomática (g_s) (B) e fotossíntese (A) (C) de plantas de meloeiro aos 21 dias após o transplante submetidas à diferentes CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e temperaturas médias (30,4 e 30,7 °C).



Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Sousa (2006) relataram que a salinidade pode reduzir a taxa de transpiração por estar associada ao fechamento parcial dos estômatos devido à redução da condutividade hidráulica do sistema radicular, provocada pela salinidade, causando redução no fluxo de água, através das plantas.

Temperaturas elevadas podem afetar diferentes processos metabólicos, incluindo fotossíntese, respiração, relações hídricas, fluidez e estabilidade dos sistemas de membranas, além de modular os níveis de hormônios e de metabólicos primário e secundário (WAHID *et al.*, 2007). Em geral, as plantas exibem diferentes respostas em função da temperatura ambiental em que se encontram.

Crescimento da planta

Para o número de folhas, houve significância para os tratamentos de temperatura, os tratamentos de salinidade e interação entre os fatores (Tabela 4.2).

Tabela 4.2- Análise de variância do número de folhas (NF), comprimento do ramo principal (CRP) e diâmetro do caule (DC) de plantas de meloeiro aos 21 dias após o transplântio submetidas à diferentes CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e temperaturas médias (30,4 e 30,7 °C).

QM (Quadrado médio)				
FV	GL	NF	CRP (cm)	DC (mm)
Temp. (T)	1	52,900 **	19492,23 **	3,170 **
Resíduo (T)	7	1,443	130,24	0,236
Regres. Sal. (S)	4	22,213 **	1108,83 **	1,515 **
T x S	4	4,557 *	137,06 ns	0,394 ns
Resíduo (S)	23	1,544	62,67	0,321
CV (T) (%)		11,02	20,15	8,92
CV (S) (%)		11,4	13,98	10,4

*, **: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo.

Para a variável de crescimento comprimento do ramo principal, foi visto que houve significância para os dois fatores isoladamente. Já para o diâmetro do caule (DC), houve significância para ambos os fatores isoladamente, sem interação entre os fatores (Tabela 4.3).

Houve diferença significativa para todas as médias das temperaturas dentro das salinidades, exceto para a CEa de 0,8 dS m⁻¹ (controle) (Tabela 4.3). As plantas submetidas à temperatura 30,7 °C emitiram menor número de folhas, tendendo a decrescer à medida que se aumenta a salinidade da água e do solo.

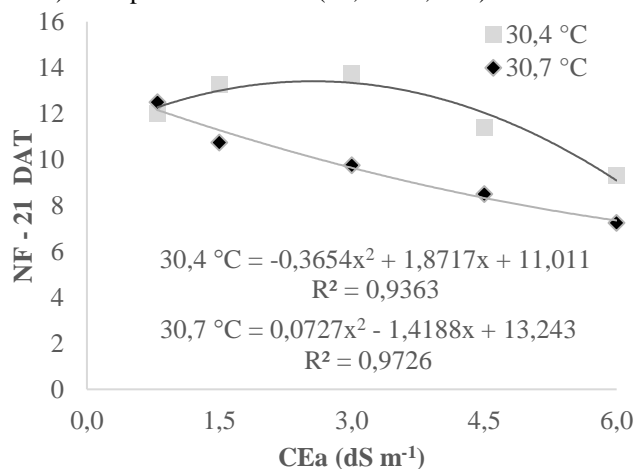
Tabela 4.3 – Desdobramento das médias do número de folhas (NF) de plantas de meloeiro submetidas a diferentes temperaturas (30,4 °C e 30,7 °C) dentro de níveis de CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) aos 21 dias após o transplântio.

	Temperaturas	CEa (dS m ⁻¹)				
		0,8	1,5	3,0	4,5	6,0
NF aos 21	30,4 °C	12,00	13,25 a	13,75 a	11,40 a	9,33 a
DAT	30,7 °C	12,50	10,75 b	9,75 b	8,50 b	7,25 b

Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente na mesma coluna pelo teste de Tukey (p<0,05).

Aos 21 DAT os maiores valores do NF foram vistos na temperatura 30,4°C enquanto no ambiente mais quente os maiores valores dessa variável foram encontrados próximos aos submetidos à água de poço (0,8 dS m⁻¹), evidenciando o maior efeito deletério dos dois fatores combinados (Figura 4.5).

Figura 4.5 – Número de folhas (NF) de plantas de meloeiro aos 21 dias após o transplante (DAT) submetidas à diferentes CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e temperaturas médias (30,4 e 30,7 °C).



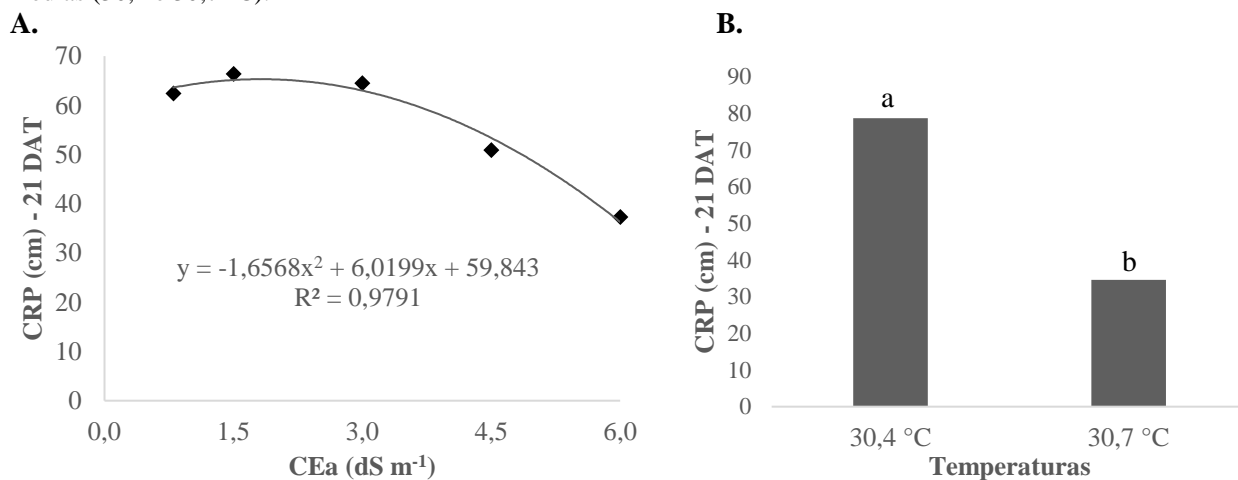
Na temperatura de 30,7 °C a redução da emissão de folhas ocorreu quase que linearmente, enquanto na temperatura de 30,4 °C, o número de folhas só foi reduzido a partir da condutividade de 3,0 dS m⁻¹. Reduções ou inibições no crescimento das plantas, à medida que estas são submetidas à salinidade, são atribuídas ao efeito osmótico, à toxicidade pela absorção excessiva dos íons Na⁺ e Cl⁻ e ao desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção dos nutrientes essenciais (SILVA *et al.*, 2009).

Carvalho (2015), utilizando câmaras de crescimento, verificou que elevadas temperaturas (38 °C e 42 °C) diminuíram o número de folhas de plantas de meloeiro. O autor explica que foi em decorrência da redução no desenvolvimento das gemas axilares e apical.

Bouzo; Küchen (2012), estudando o efeito da temperatura em diferentes cultivares de melão, na Argentina, concluíram que houve diferenças no desenvolvimento das cultivares (número de ramificações e de folhas) em resposta à temperatura, principalmente entre as cultivares precoces Sundew, Honey Max (Honeydew) e DRT (Charentais), e as tardias Fila (Amarelo) e Ruidera (Pele de Sapo).

O efeito da salinidade no comprimento do ramo principal teve comportamento quadrático, em que o ponto máximo foi de 1,8 dS m⁻¹ (Figuras 4.6 A). Já para o fator temperatura, foi observado que o ambiente com temperatura de 30,7 °C proporcionou uma redução no comprimento dos ramos de plantas de meloeiro. O decréscimo foi de 56,1% para as plantas submetidas a temperatura 30,7 °C (Figuras 4.6 B).

Figura 4.6 – Comprimento do ramo principal (CRP) em relação à salinidade (A) e às temperaturas (B) de plantas de meloeiro aos 21 dias após o transplante (DAT) submetidas à diferentes CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e temperaturas médias (30,4 e 30,7 °C).



Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

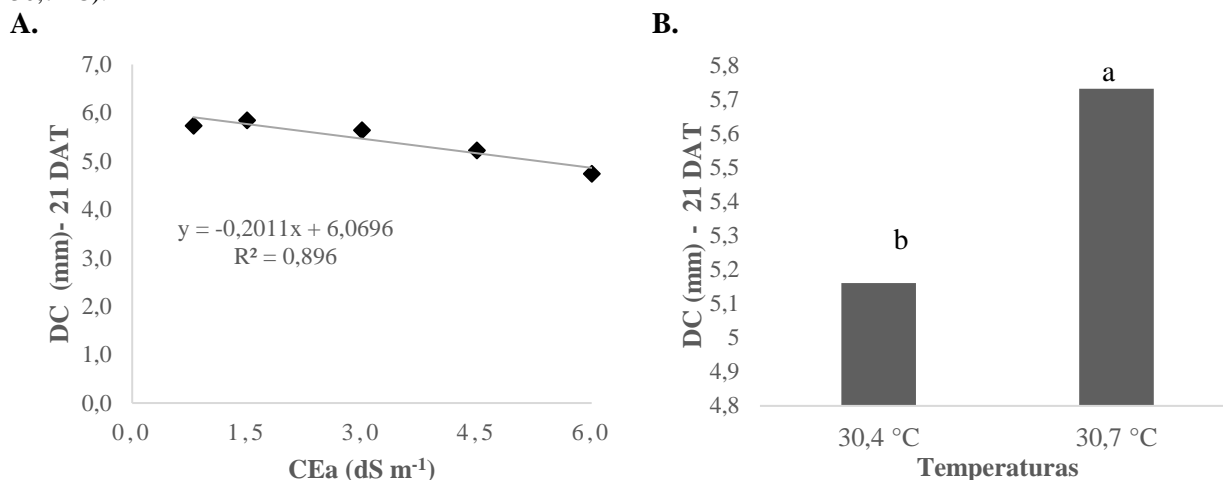
Segundo Larcher (2006), o efeito do calor depende de sua duração, ou seja, ele segue a regra da dose a qual denota que pouco calor por um longo período causa tanta injúria quanto um intenso calor por um curto período. Logo, a influência desses fatores, isoladamente, foi se agravando negativamente a medida que as plantas cresciam, influenciando negativamente na produção de flores e frutos.

Na figura 4.7 A podemos observar que a salinidade interferiu no diâmetro do caule das plantas, havendo uma redução linear com o aumento da salinidade, com uma taxa de 0,2 mm por aumento de unidade de dS m⁻¹. Essa redução também foi vista por Araújo *et al.* (2016), trabalhando com o crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água.

A temperatura também influenciou as plantas no final do experimento, em que o ambiente mais quente com temperatura de 30,7 °C proporcionou os maiores valores de DC, com um acréscimo de 11% em relação à outra temperatura (Figura 4.7 B). Resultados semelhantes foram encontrados por Queiroz *et al.* (2012), que trabalharam com uma espécie do metabolismo fotossintético C3 (algodoeiro), e constataram que o diâmetro do caule foi maior quando as plantas foram submetidas a 41 °C, ao invés de 30 °C.

De acordo com Taiz; Zeiger (2013), a inibição do crescimento ocasionada pela salinidade se deve ao efeito osmótico, pois promove à seca fisiológica, assim como pode ocorrer o efeito tóxico, resultante da concentração de íons no protoplasma.

Figura 4.7 – Diâmetro do caule de plantas (DC) em relação à salinidade (A) e às temperaturas (B) de meloeiro aos 21 dias após o transplântio (DAT) submetidas à diferentes CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e temperaturas médias (30,4 e 30,7 °C).



Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para todas as variáveis de crescimento, mensuradas no final do experimento, foi observado significância dos fatores isoladamente. A interação entre temperatura e salinidade foi significativa apenas para a área foliar (AF) e a massa seca dos ramos (MSRam) (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 - Análise de variância das variáveis área foliar (AF), massa seca das folhas (MSF), dos ramos (MSRam) e das raízes (MSRaiz) de plantas de meloeiro aos 21 dias após o transplântio submetidas à diferentes CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e temperaturas médias (30,4 e 30,7 °C).

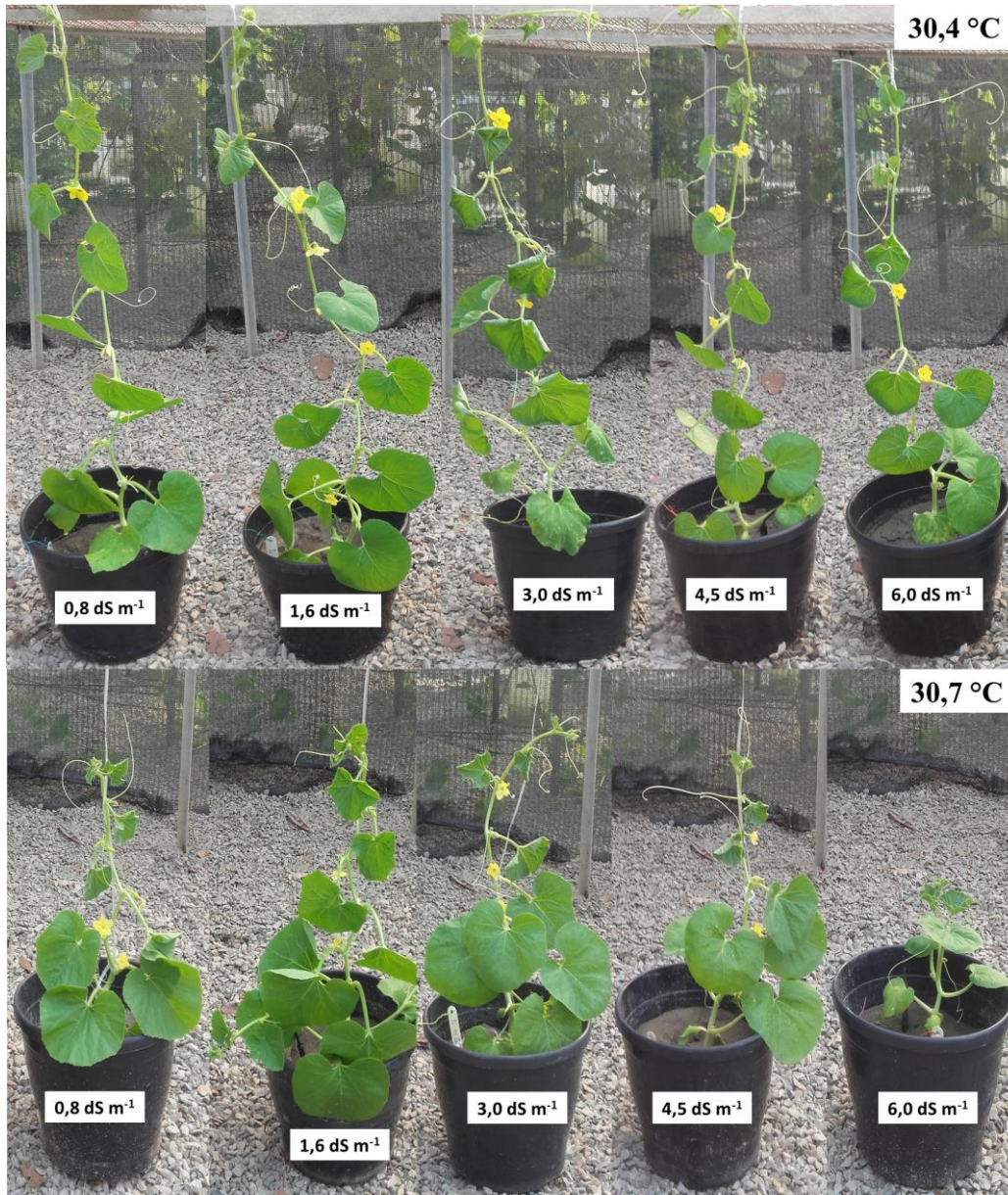
FV	GL	QM (Quadrado médio)			
		AF (cm ²)	MSF (g)	MSRam (g)	MSRaiz (g)
Temp. (T)	1	309248,05 **	0,6917 *	1,3727 **	2,485 *
Resíduo (T)	7	12739,24	0,1006	0,0498	0,2459
Regres. Sal. (S)	4	209089,89 **	2,1123 **	0,7772 **	0,815 *
T x S	4	15563,29 **	0,0972 ns	0,1300 **	0,2802 ns
Resíduo (S)	23	2551,177	0,038	0,0295	0,2263
CV (T) (%)		23,74	20,33	20,85	35,02
CV (S) (%)		10,63	12,5	16,03	33,6

*, **: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo.

No geral, o crescimento das plantas foi diminuído pelas altas salinidades e altas temperaturas, como pode ser visto na Figura 4.8. Essas observações corroboram a informação que o uso de água salina na irrigação, quando não se aplica as técnicas adequadas de manejo, causa problemas nas plantas e no solo, além de afetar os equipamentos de irrigação.

Em relação à planta, a salinidade afeta o crescimento em todos os estádios de desenvolvimento, todavia, a germinação, a emergência e o crescimento inicial são as fases mais afetadas pela salinidade, na maioria das culturas agrícolas (ARAÚJO *et al.*, 2016).

Figura 4.8 - Crescimento de plantas de meloeiro aos 21 dias após o transplântio submetidas à diferentes CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m^{-1}) e temperaturas médias (30,4 e 30,7 $^{\circ}\text{C}$).



Fonte: Autor.

Para minimizar esses efeitos deletérios da salinidade é preciso que se aumente a lâmina de lixiviação e proporcione melhor drenagem desses sais no solo. A mistura de águas salinas (acima de 3,0 dS m^{-1}) e não salinas (abaixo de 1,0 dS m^{-1}) também seria uma saída.

Segundo Guedes Filho *et al.* (2013) e Terceiro Neto *et al.* (2014), o grau de salinidade aumenta à medida que avança o período vegetativo e os efeitos dos sais sobre as plantas podem ser refletidos na diminuição da absorção de água, toxicidade de íons específicos, pela interferência na

absorção de nutrientes essenciais e influência dos sais nos processos fisiológicos, comprometendo o crescimento e o desenvolvimento.

Percebe-se na Tabela 4.5 que nos desdobramentos das médias das variáveis AF e MSRam, os valores foram maiores na temperatura mais amena (30,4 °C), independente do nível de salinidade aplicado. Para a área foliar, houve um decréscimo de 19,3%; 31,7%; 43,1%; 32,9% e 15,0% quando as plantas foram submetidas ao ambiente mais quente (30,7 °C) na salinidade de 0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹, respectivamente.

Tabela 4.5 – Desdobramento das médias das variáveis área foliar (AF) e massa seca dos ramos (MSRam) de plantas de meloeiro submetidas a diferentes temperaturas (30,4 °C e 30,7 °C) dentro de níveis de CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) aos 21 dias após o transplantio.

	Temperaturas	CEa (dS m ⁻¹)				
		0,8	1,5	3,0	4,5	6,0
AF aos 21 DAT	30,4 °C	652,25 a	737,83 a	707,478 a	416,72 a	263,92 a
	30,7 °C	526,65 b	504,11 b	402,32 b	279,58 b	224,46 b
MSRam aos 21 DAT	30,4 °C	1,24 a	1,58 a	1,56 a	1,04 a	0,66 a
	30,7 °C	1,20 b	1,09 b	0,95 b	0,64 b	0,56 b

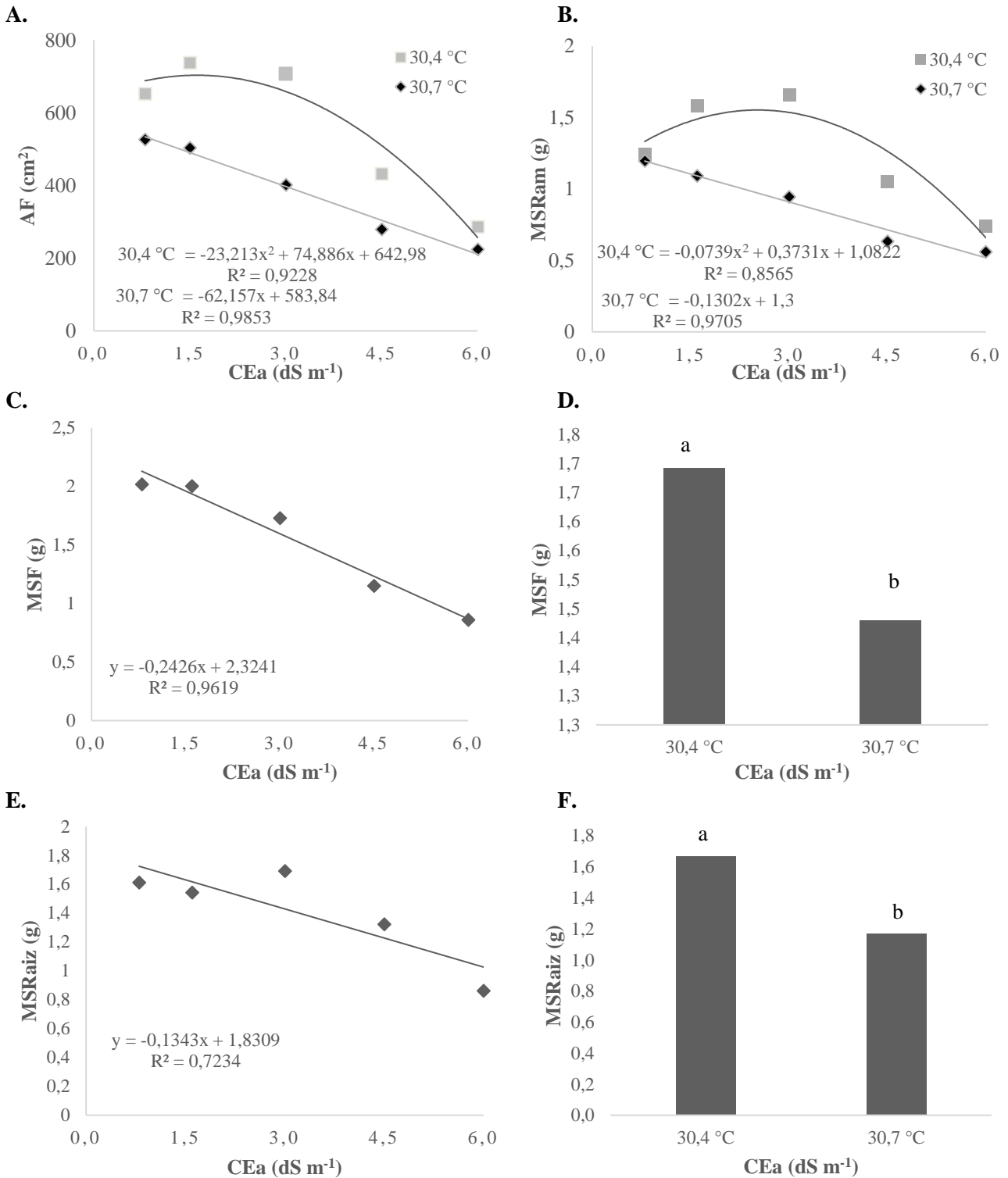
Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente na mesma coluna pelo teste de Tukey (p<0,05).

Já em relação a massa seca dos ramos, esse decréscimo foi de 3,2%; 31,0%; 39,1%, 38,5% e 15,2% para as mesmas salinidades, respectivamente (Tabela 4.5), portanto, as plantas cresceram menos em área foliar e em massa seca de ramos no ambiente com maior temperatura (30,7 °C). Esses valores foram mais discrepantes nas salinidades de 1,5; 3,0 e 4,5 dS m⁻¹, já que na salinidade de 6,0 dS m⁻¹ as plantas cresceram bem menos em ambas as temperaturas, mostrando que essa alta salinidade diminuiu o crescimento das plantas mesmo em ambientes mais amenos.

Para um bom desenvolvimento da cultura do meloeiro, segundo Angelotti; Costa (2010), a faixa de temperatura ideal seria de 25°C a 35°C, até a fase de floração, portanto, essa diminuição do crescimento das plantas com o aumento da salinidade pode ter sido potencializada no tratamento de temperaturas mais elevadas, em que houve máximas de aproximadamente 52,7 °C

Em relação aos efeitos da salinidade, para a área foliar a curva da temperatura de 30,4 °C foi quadrática ($y = -23,213x^2 + 74,886x + 642,98$), em que o maior valor de AF foi observado na CEa de 1,6 dS m⁻¹ (Figura 4.9 A). Já para a maior média de temperatura, essa equação foi linear, em que a cada acréscimo unitário da CEa a AF decresceu 11,6%.

Figura 4.9 – Área foliar (AF) (A), massa seca dos ramos (MSRam) (B), das folhas (MSF) em relação à salinidade (C) e às temperaturas (D), e das raízes (MSRaiz) em relação à salinidade (E) e às temperaturas (F) de plantas de meloeiro aos 21 dias após o transplântio (DAT) submetidas à diferentes CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e temperaturas médias (30,4 e 30,7 °C).



Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

Para a MSRam, a curva da temperatura de 30,4 °C também foi quadrática ($y = -0,0739x^2 + 0,3731x + 1,0822$), em que o ponto máximo foi observado na CEa de 2,5 dS m⁻¹ (Figura 4.9 B). Já para a maior média de temperatura, essa equação foi linear, em que a cada acréscimo unitário da CEa a MSRam decresceu 10,9%.

Logo, percebe-se que para as duas variáveis o decréscimo foi mais intenso na maior temperatura, por isso que as equações foram lineares no ambiente de 30,4 °C e quadráticas no ambiente de 30,7 °C. As MSF e da MSRaiz obtiveram comportamentos lineares negativos com o aumento dos tratamentos salinos.

A cada acréscimo de 1,0 dS⁻¹ de CEa as massas secas das folhas diminuía 11,4% e das raízes 7,8% (Figuras 4.9 C e 4.9 E). Já para as temperaturas, houve um decréscimo de 15,4% e de 29,9% para a MSF e MSRaiz, respectivamente, em plantas cultivadas nas maiores temperaturas (Figuras 4.9 D e 4.9 F).

Segundo Araújo *et al.* (2016), o aumento da salinidade da água de irrigação inibiu o crescimento e acúmulo de massa seca das cultivares de meloeiro, em que águas salinas de até 1,8 dS m⁻¹ são indicadas para irrigação das plantas de melão Gaúcho e águas de até 2,4 dS m⁻¹ podem ser utilizadas para irrigação das cultivares Gaúcho Casca de Carvalho e Halles Best Jumbo durante a fase inicial de crescimento.

Como no experimento das câmaras de CO₂ realizado em Petrolina (Capítulo II), o aumento de temperatura resultou no aumento da transpiração que por sua vez deve ter imposto um menor nível de hidratação dos tecidos foliares prejudicando a capacidade de expansão por turgescência. Ocorreu uma maior taxa respiratória dessas plantas, principalmente durante o período noturno, em função do aumento da temperatura durante o dia, prejudicando assim a formação de reservas e o investimento em acúmulo de massa seca durante toda sua fase de crescimento até os 21 dias após o transplantio.

A redução do crescimento da planta frente às altas temperaturas e salinidade é considerada uma característica adaptativa para a sobrevivência do vegetal, pois permite direcionar assimilados e energia antes utilizados para o desenvolvimento normal, em moléculas protetoras para combater o estresse e/ou manter o crescimento da raiz para a absorção de água e nutrientes, fato que provavelmente ocorreu neste estudo com o meloeiro (CHAVES; MAROCO; PEREIRA, 2003).

O uso de água salina na irrigação tem sido um desafio para produtores rurais e pesquisadores, que constantemente desenvolvem estudos para possibilitar o uso de água de qualidade inferior sem afetar a produtividade das culturas (NASCIMENTO *et al.*, 2015).

Segundo Medeiros *et al.* (2014), o uso da irrigação alternada, em todo o ciclo, com água de CEa de 0,61 dS m⁻¹ por 2 dias, seguido por água com CEa de 4,78 dS m⁻¹, proporcionou uma maior produção de fitomassa de frutos de melão aos 48 dias após a semeadura, reduzindo o uso de água de boa qualidade na irrigação em 33%, podendo ser uma saída para atenuar os malefícios causados pela salinidade da água.

A interação das variáveis temperatura e salinidade, que isoladamente já acarretam prejuízos nas plantas, juntas causaram mais malefícios para o crescimento vegetativo do meloeiro, implicando, futuramente, numa menor produção de flores e frutos e, conseqüentemente, num decréscimo da produção da cultura no cenário de mudanças climáticas, principalmente para o semiárido nordestino, detentor da maior produção e comercialização de frutos de meloeiro no Brasil.

Teores de cloreto e sódio

Os teores de cloreto e sódio foram influenciados pelos níveis de salinidade em todos os órgãos analisados. A temperatura afetou os teores de cloreto nos ramos e raízes e de sódio nas folhas e raízes. Apenas o cloreto nas folhas (CIF) não apresentou interação significativa entre os fatores estudados (Tabela 4.6).

Tabela 4.6 - Análise de variância das variáveis cloreto e sódio na folha (CIF e NaF), nos ramos, (CIRam e NaRam) e nas raízes (CIRaiz e NaRaiz) de plantas de meloeiro aos 21 dias após o transplântio submetidas à diferentes CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e temperaturas médias (30,4 e 30,7 °C).

FV	GL	QM (Quadrado médio)					
		21 DAT (mg g ⁻¹ MS)					
		CIF	CIRam	CIRaiz	NaF	NaRam	NaRaiz
Temp. (T)	1	1,2461 ns	104502,57 **	383,780 **	143,792 *	140,625 ns	177,999 **
Resíduo (T)	7	10,6689	393,1611	10,7559	14,7311	82,0581	2,8217
Regres. Sal. (S)	4	201,769 **	3089,220 **	24,569 *	359,881 **	1954,785 **	77,991 **
T x S	4	6,624 ns	13325,496 **	18,967 *	0,8426 **	72,830 **	31,410 **
Resíduo (S)	23	14,8429	28,9128	6,6789	5,01758	1,0177	0,6988
CV (T) (%)		12,26	15,3	19,22	28,58	24,88	19,65
CV (S) (%)		14,46	4,15	15,14	5,01	2,77	9,78

*, **: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo.

Como houve interação significativa, os desdobramentos das médias das variáveis cloreto nos ramos (CIRam) e nas raízes (CIRaiz), como também das médias do sódio nas folhas (NaF), nos ramos (NaRam) e nas raízes (NaRaiz) poderão ser vistos na Tabela 4.8.

Houve um maior acúmulo de Cl⁻ na ordem de 58,0%; 57,4%; 54,9%; 53,4% e 61,0% nos ramos das plantas submetidas ao ambiente mais ameno (30,4 °C) na salinidade de 0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹, respectivamente (Tabela 4.7).

Em contrapartida, os resultados se inverteram no teor de ClRaiz, em que houve um maior acúmulo desses íons nas plantas submetidas ao ambiente mais quente (30,7 °C), alcançando porcentagens superiores de 33,4%; 22,1%; 41,5% e 31,0% nas salinidades de 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹, respectivamente, não havendo diferença significativa para as temperaturas na CEa de 0,8 dS m⁻¹.

Tabela 4.7 – Desdobramento das médias das variáveis cloreto nos ramos (ClRam) e nas raízes (ClRaiz), como também das médias do sódio nas folhas (NaF), nos ramos (NaRam) e nas raízes (NaRaiz) de plantas de meloeiro submetidas a diferentes temperaturas (30,4 °C e 30,7 °C) dentro de níveis de CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) aos 21 dias após o transplante.

	Temperaturas	CEa (dS m ⁻¹)				
		0,8	1,5	3,0	4,5	6,0
ClRam	30,4 °C	149,51 a	164,00 a	173,94 a	190,91 a	236,82 a
	30,7 °C	62,79 b	69,93 b	78,40 b	88,98 b	92,46 b
ClRaiz	30,4 °C	13,38	12,55 b	14,84 b	14,90 b	13,94 b
	30,7 °C	17,28	18,83 a	19,05 a	25,45 a	20,21 a
NaF	30,4 °C	5,19	6,67 b	10,97 b	15,87 b	20,00 b
	30,7 °C	6,22	11,04 a	14,03 a	20,60 a	24,73 a
NaRam	30,4 °C	16,7	21,44 b	33,23	45,62	54,33
	30,7 °C	15,38	33,78 a	38,16	49,74	58,99
NaRaiz	30,4 °C	4,84 b	4,61 b	6,27 b	7,88 b	8,85 b
	30,7 °C	7,01 a	6,45 a	9,33 a	18,53 a	11,98 a

Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente na mesma coluna pelo teste de Tukey (p<0,05).

As plantas acumularam mais esse íon nos ramos do que nas folhas e nas raízes, poupando assim o órgão mais importante para produção de fotoassimilados, a folha. Esses maiores valores de cloreto nos ramos nas menores temperaturas podem ser explicados pelo fato de que essas plantas transpiraram mais, levando assim mais cloreto para a parte aérea (ramos) juntamente com a água pelo fluxo transpiratório.

A exposição de 21 dias dessa irrigação no solo não foi suficiente para prejudicar a cultura, mostrando assim a importância do estudo da junção desses dois fatores (altas temperaturas e salinidades), previstos no cenário de mudanças climáticas, no manejo da cultura do meloeiro, já que esses estresses são responsáveis por perdas significativas da produção agrícola, em diversas partes do mundo (MUNNS; TESTER, 2008).

Esses estresses afetam severamente importantes aspectos fisiológicos e bioquímicos da maioria das espécies vegetais, particularmente das culturas agrícolas e, por esta razão, são intensamente estudados (WAHID *et al.*, 2007).

O cloreto mostrou maior acumulação nos tecidos fotossintetizantes em relação ao sistema radicular. Esta resposta está em acordo com Munns; Tester (2008) que afirmaram que algumas espécies glicófitas possuem maior afinidade pelo cloreto do que pelo sódio. Além disso, isso pode ser explicado pela característica de ânion livre de Cl^- na planta, o que lhe confere maior mobilidade e transporte em relação ao Na^{2+} (FERNANDES *et al.*, 2002).

Em relação ao sódio, houve um maior acúmulo desse elemento também nos ramos, só que em menor quantidade, comparado com o cloreto. O Na acumulou mais nas folhas submetidas ao ambiente de maiores temperaturas, apresentando acréscimos de 39,6%; 21,8%; 23% e 19,1 nas salinidades de 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m^{-1} , respectivamente, não havendo diferença significativa para as temperaturas na CEa de 0,8 dS m^{-1} (Tabela 4.7). Comportamento semelhante ocorreu nas raízes, em que novamente os valores foram maiores no ambiente com 30,7 °C, apresentando acréscimos de 31%; 28,5%; 32,8%; 57,5% e 26,1% nas CEa de 0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m^{-1} , respectivamente (Tabela 4.7)

Já para os ramos, só houve diferença significativa na salinidade de 1,5 dS m^{-1} , em que as plantas cultivadas no ambiente mais quente obtiveram um aumento de 36,5% de NaRam em relação à outra temperatura estudada.

Segundo Santos; Brito (2016), a presença de íons como cloreto e sódio na água de irrigação, ao atingir altas concentrações na solução do solo, ocasiona absorção excessiva desses íons e faz com que eles se acumulem nos tecidos das plantas em concentrações tóxicas, provocando toxidez que resultam na queda de rendimento e até mesmo em morte das plantas.

O Na^+ aumenta a espessura da dupla camada iônica do solo em que a principal caracterização desse efeito é a expansão da argila quando umedecida e a contração quando seca. Com isso, o excesso desse íon na solução do solo provoca a dispersão da argila gerando uma camada adensada que dificulta o crescimento, respiração, expansão radicular, além da absorção de água e fixação de CO_2 pela planta (SANTOS; BRITO, 2016).

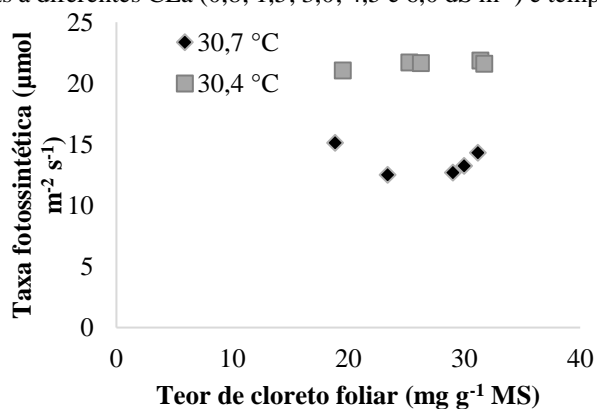
Segundo Guedes filho *et al.*, (2013), em regiões semiáridas onde a evapotranspiração é elevada, em que essas características irão se agravar com o aquecimento global, o acúmulo de sais, especialmente sódio e cloreto, tem afetado o funcionamento da raiz pela redução do potencial osmótico devido a um maior desequilíbrio iônico no solo, o que reduz a absorção de alguns nutrientes minerais, principalmente o cálcio e o potássio

Além dos efeitos negativos na planta e no solo, a salinidade da água traz problemas aos sistemas de irrigação, como corrosão e obstrução, culminando assim, para menor uniformidade de

aplicação de água. A interação entre os íons que promovem a precipitação química por íons contidos na água de irrigação, especialmente os carbonatos de cálcio e/ou de magnésio (ZOCOLER *et al.*, 2015), causa obstrução dos emissores quando utilizados por muito tempo sem manutenção, caso não observado nesse experimento.

A correlação entre o teor de cloreto na folha e a taxa fotossintética foi baixa, mostrando que o acúmulo de cloreto foliar não foi bastante para influenciar a fotossíntese, mesmo nas plantas submetidas às maiores temperaturas (Figura 4.10). É provável que esse íon deva ter sido alocado preferencialmente no citossol e não para o vacúolo, já que as plantas obtiveram uma redução do crescimento com o aumento da salinidade da água.

Figura 4.10 – Correlação entre o teor de cloreto foliar e a taxa fotossintética (A) de plantas de meloeiro aos 21 dias após o transplântio (DAT) submetidas à diferentes CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e temperaturas médias (30,4 e 30,7 °C).

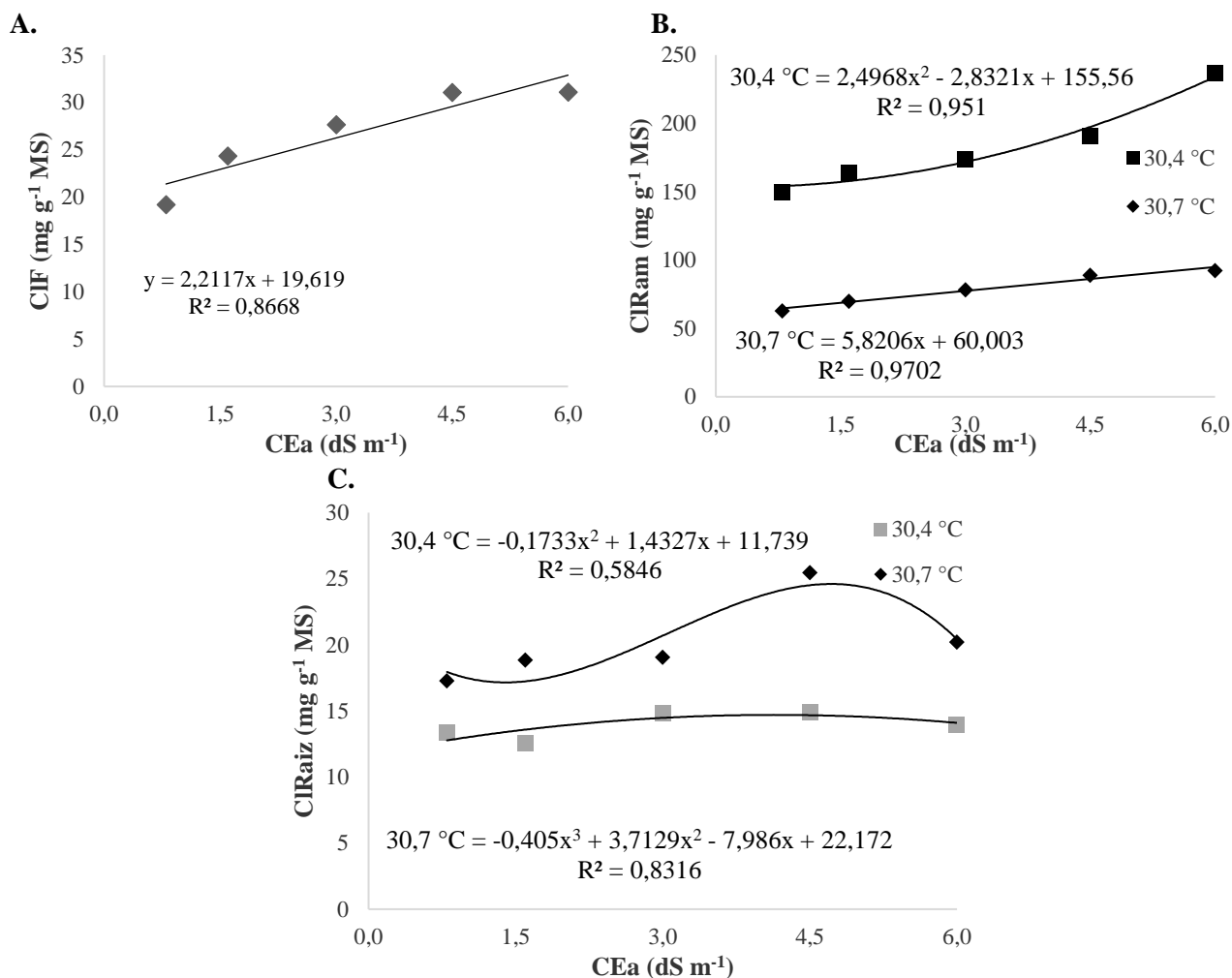


Com relação aos efeitos da salinidade nos teores de cloreto nas folhas (CIF), para cada acréscimo de 1,0 dS m⁻¹ da CEa, houve um aumento de 9,4% ou 2,21 mg g⁻¹ MS do íon (Figura 4.11 A).

Em relação às temperaturas, o teor de cloreto nos ramos (CIRam) foi maior na temperatura mais amena (30,4 °C), com comportamento polinomial quadrático, diferentemente do que ocorreu no ambiente mais quente, em que o cloreto apresentou menor acúmulo nos ramos e comportamento linear (Figura 4.11 B). Já o cloreto das raízes teve comportamento polinomial do 3º grau para a temperatura de 30,7 °C (Figura 4.11 C).

O teor de sódio nos ramos e nas raízes em plantas submetidas a maiores temperaturas tenderam a ter um comportamento quadrático, diminuindo assim seu acúmulo no ponto de maior elevada salinidade, diferentemente do que aconteceu nas folhas e no ambiente de menores temperaturas (equações lineares) (Figura 4.12). Provavelmente na temperatura elevada e no maior nível de sal as plantas procuraram de alguma forma reduzir a absorção do sódio para as folhas.

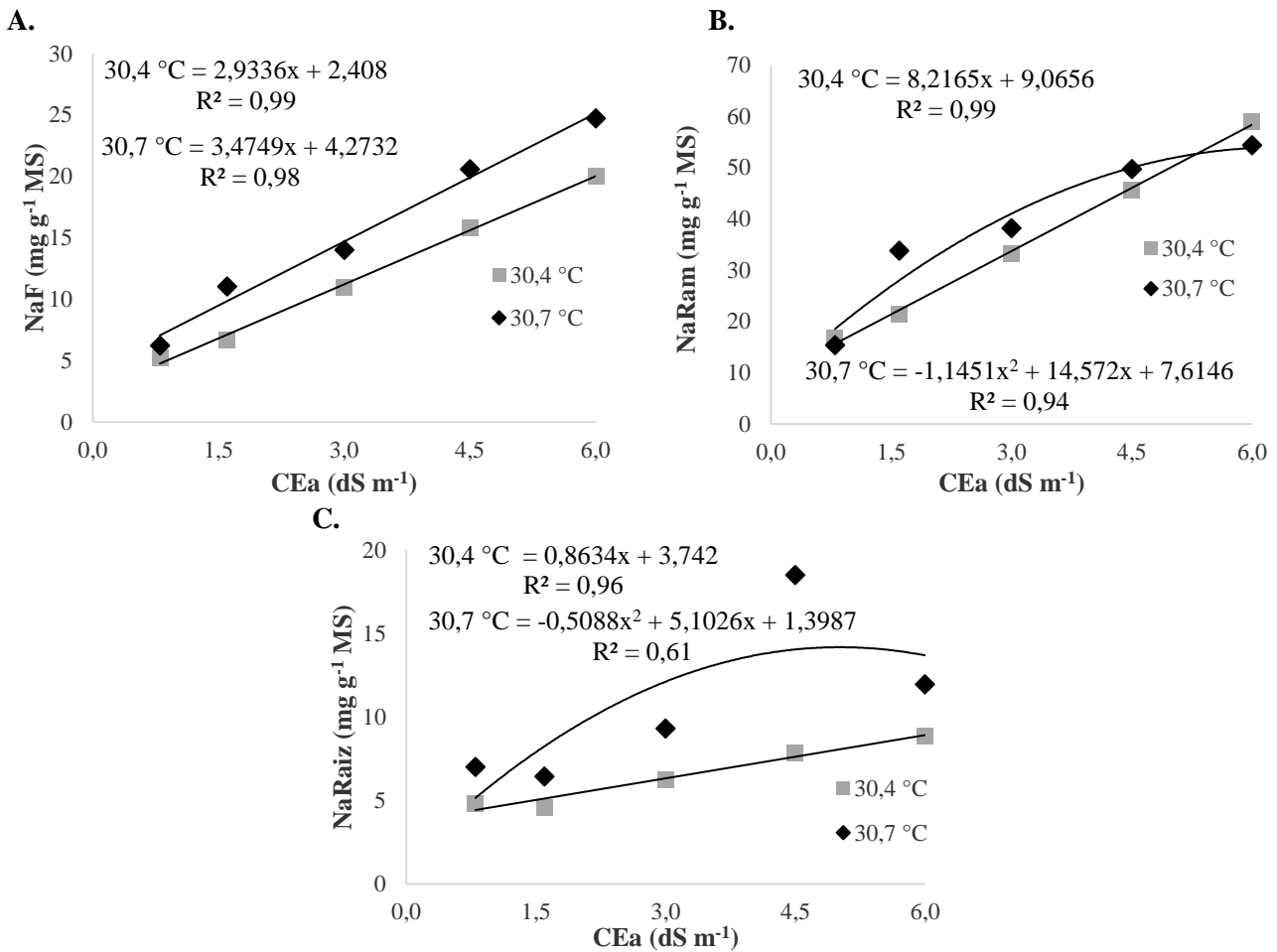
Figura 4.11 – Cloreto na folha (CIF) (A), nos ramos, (CIRam) (B) e nas raízes (CIRaiz) (C) de plantas de meloeiro aos 21 dias após o transplântio (DAT) submetidas à diferentes CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e temperaturas médias (30,4 e 30,7 °C).



Barros (2015), trabalhando com irrigação de plantas de meloeiro amarelo com água salina enriquecida com CO₂, também constatou que a quantidade de cloreto nos ramos foi maior que nas folhas, podendo sugerir que em níveis mais elevados de salinidade o íon cloreto pode ter se deslocado para outros órgãos da planta, como os ramos, para tentar não prejudicar a área fotossinteticamente ativa da folha, principal responsável pela produção de fotoassimilados.

Portanto, a toxidez desses íons reduziu o crescimento das plantas, em que foram observados sintomas de amarelecimento e queimas das pontas das folhas nos maiores níveis de salinidade, sinais bem específicos de toxidez desses íons nos órgãos fotossinteticamente ativos.

Figura 4.12 – Sódio na folha (NaF) (A), nos ramos, (NaRam) (B) e nas raízes (NaRaiz) (C) de plantas de meloeiro aos 21 dias após o transplante (DAT) submetidas à diferentes CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e temperaturas médias (30,4 °C e 30,7 °C).



Teores de carboidratos solúveis totais

Para os carboidratos nos órgãos das plantas ao 21 DAT, observou-se que apenas o teor de carboidratos nos ramos (CarbRam) não apresentou interação significativa entre os fatores estudados, mas separadamente, houve significância tanto para temperatura quanto para salinidade, em todos os órgãos (Tabela 4.8).

Dos vários osmólitos orgânicos, os açúcares contribuem em cerca de 50% ou mais para o potencial osmótico total das glicófitas. Segundo Ashraf; Harris (2004), sob estresses abióticos, os carboidratos, além de prevenir contra a desidratação, são fontes de energia para células ativas sob condições de estresse.

Tabela 4.8 - Análise de variância dos carboidratos nas folhas (CarbF), nos ramos (CarbRam) e nas raízes (CarbRaiz) de plantas de meloeiro aos 21 dias após o transplântio submetidas à diferentes CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e temperaturas médias (30,4 e 30,7 °C).

FV	GL	QM (Quadrado médio)		
		CarbF	CarbRam	CarbRaiz
Temp. (T)	1	726,671 **	2604,673 **	381,8622 **
Resíduo (T)	7	46,6584	179,2423	2,7928
Regres. Sal. (S)	4	134,738 **	2148,926 **	57,359 **
T x S	4	98,2648 *	272,667 ns	92,528 **
Resíduo (S)	23	25,2109	191,2359	12,4031
CV (T) (%)		22,85	12,20	16,34
CV (S) (%)		16,79	12,61	34,43

*, **: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo.

A sacarose corresponde a uma das frações dos carboidratos solúveis totais. Os açúcares redutores em altas concentrações na célula atuam estabilizando algumas estruturas macromoleculares, o que contribui para restabelecer a integridade da membrana plasmática (ORCUTT; NILSEN, 2000).

Quando se desdobraram as variáveis carboidratos nas folhas e nas raízes, foi observado maiores valores nas temperaturas mais amenas (30,4 °C) com porcentagens superiores nas folhas de 56,0; 67,7 e 69,3% para as salinidades de 0,8; 3,0 e 6,0 dS m⁻¹, respectivamente (Tabela 4.9).

Tabela 4.9 – Desdobramento das médias dos teores de carboidratos nos ramos (CarbRam) e nas raízes (CarbRaiz) de plantas de meloeiro submetidas a diferentes temperaturas (30,4 °C e 30,7 °C) dentro de níveis de CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) aos 21 dias após o transplântio.

	Temperaturas	CEa (dS m ⁻¹)				
		0,8	1,5	3,0	4,5	6,0
CarbF	30,4 °C	32,73 a	27,59	43,44 a	33,57	33,43 a
	30,7 °C	18,32 b	30,76	29,42 b	26,50	23,18 b
CarbRaiz	30,4 °C	6,49	5,86	11,29	6,46 b	5,32 b
	30,7 °C	9,77	7,83	11,11	21,82 a	16,08 a

Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente na mesma coluna pelo teste de Tukey (p<0,05).

As maiores quantidades de carboidratos acumuladas nas folhas de meloeiro em menores temperaturas, podem ser convertidos em maior massa seca das folhas. Já para as raízes, só houve diferença significativa nas maiores salinidades. Ao contrário do que ocorreu com as folhas, os açúcares nas raízes foram acumulados em maior quantidade nas temperaturas mais altas. Essa diferença foi de 337,8% e 302,3% para as salinidades de 4,5 e 6,0 dS m⁻¹, respectivamente (Tabela 4.9).

A adaptação das plantas a diferentes temperaturas pode estar relacionada a variações nas concentrações de vários compostos, incluindo-se os carboidratos (LARCHER, 2006), já que,

provavelmente, houve um maior acúmulo de carboidratos nas raízes em plantas submetidas às maiores temperaturas provavelmente devido o maior metabolismo, em função da maior temperatura

Segundo Ashraf (1994), o papel dos açúcares na adaptação de plantas às condições de estresses abióticos é insuficiente para a definição de espécies que apresentam tolerância, em razão das variações inter e intraespecíficas, que são evidentes. No entanto, o aumento desses carboidratos pode ser um indicativo da ocorrência da osmorregulação, em que esse aumento pode ter contribuído para a redução do potencial osmótico foliar (BAJJI; LUTTS; KINET, 2001).

O teor de carboidratos foi bem maior nos ramos, seguido pelas folhas e pelas raízes (Figuras 4.13 A e 4.13 B). Como as plantas estavam com 21 DAT (aproximadamente 29 dias após a semeadura), as mesmas iniciavam a fase de floração (25 a 30 dias após o plantio), por isso que o teor de carboidratos nos ramos obteve os maiores valores, já que as plantas iriam translocar os açúcares desse órgão para a produção de flores e posterior crescimento do fruto.

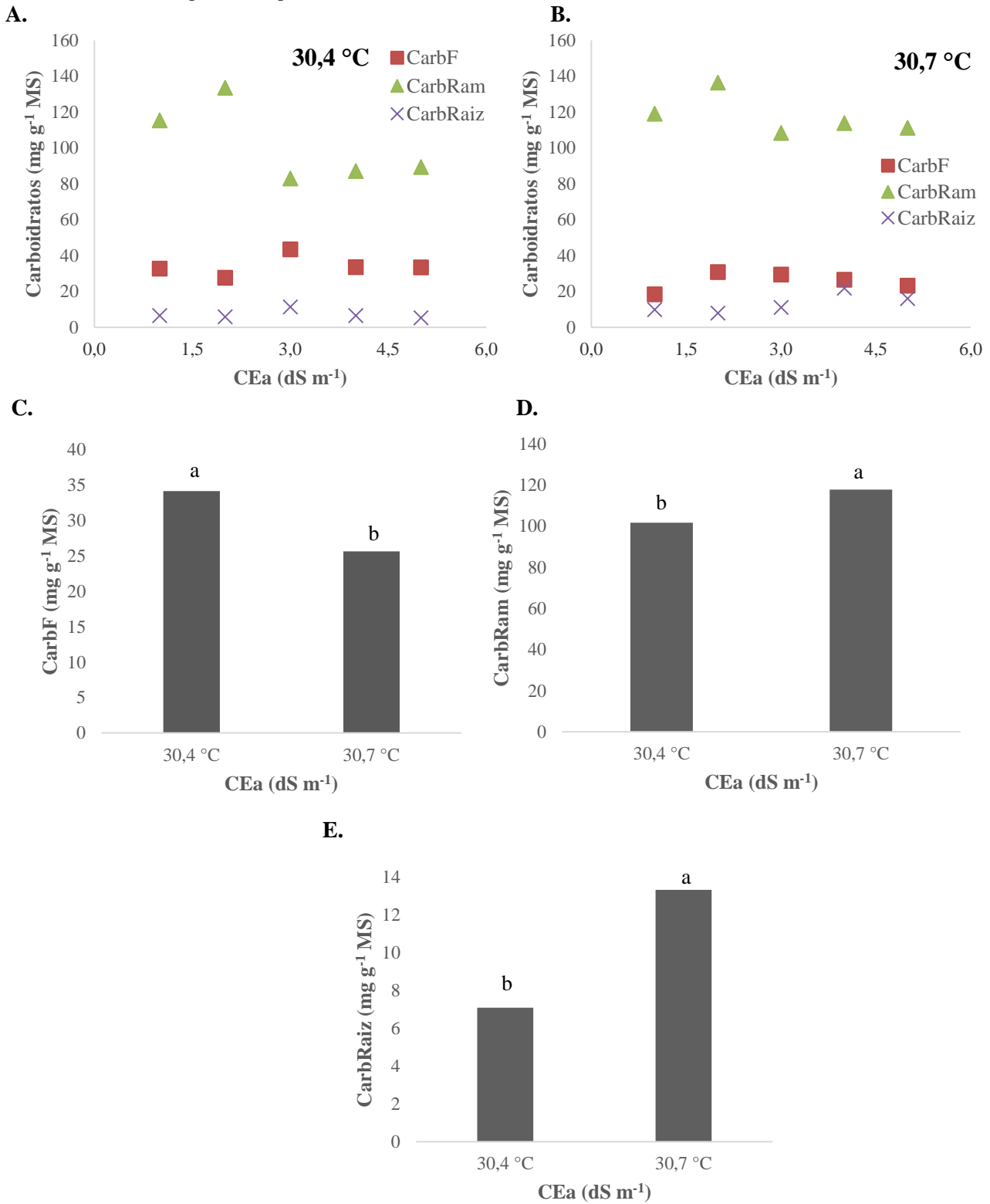
Percebe-se ainda, que em geral, os maiores valores foram encontrados nas menores temperaturas médias (Figuras 4.13 A e 4.13 B). Já para as raízes submetidas a maiores temperaturas, houve um incremento dos carboidratos quando as plantas foram submetidas a solos mais salinos (Figura 4.13 B).

O teor de carboidratos nas folhas diminuiu com o aumento de apenas 0,3 °C na temperatura média (Figura 4.13 C). Com relação aos carboidratos nos ramos, houve um decréscimo dos carboidratos com o incremento da salinidade (Figuras 4.13 A e 4.13 B), como aconteceu no trabalho de Barros (2015). Os valores variaram de 121,9 mg g⁻¹ para o tratamento controle e 95,3 mg g⁻¹ para a salinidade de 6,0 dSm⁻¹.

Vários estudos tentaram ligar o aumento de carboidratos solúveis à tolerância ao estresse à temperatura (RADI; FARGHALY; HAMADA, 2013) e à tolerância ao estresse salino (ASHRAF; TUFAIL, 1995). Ehtaiwesh (2016) indica que a salinidade e o estresse a altas temperaturas individualmente e em combinação aumentaram os compostos de açúcar solúvel, açúcar redutor e açúcar não-redutor em alguns genótipos de trigo, como aconteceu com as raízes do meloeiro.

O acréscimo destas substâncias pode desempenhar um papel importante na regulação osmótica. Algumas plantas são capazes de suportar a salinidade reduzindo o potencial osmótico celular como resultado de um aumento líquido na acumulação inorgânica e de soluto (SABBAGH *et al.*, 2014).

Figura 4.13 – Carboidratos na temperatura de 30,4 °C (A) e carboidratos na temperatura de 30,7 °C (B) em relação à salinidade e, carboidratos nas folhas (C), nos ramos (D) e nas raízes (E) submetidas a duas temperaturas, em plantas de meloeiro aos 21 dias após o transplântio (DAT) submetidas às diferentes CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹).



Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O aumento da salinidade próximo às raízes deve ter induzido um efeito osmótico que reduz a taxa de expansão das folhas. Esses efeitos atuam na redução das concentrações de açúcares (TURAN *et al.*, 2009) que desempenham diversas funções fisiológicas nas plantas, como o crescimento (TAIZ; ZAIGER, 2013) e como fonte de carbono e energia para processos metabólicos. Assim, a salinidade afetou a fotossíntese das plantas, resultando em um menor acúmulo dos carboidratos nos tecidos fotossintetizantes, principalmente dos ramos (Figuras 4.13 A e 4.13 B).

Em relação à temperatura, os carboidratos dos ramos apresentaram maiores teores nas maiores temperaturas (30,7 °C) (Figura 4.13 D), em torno de 86,55% superior em relação ao ambiente mais ameno, diferença bem elevada, mostrando que as plantas tentaram se aclimatar ao ambiente mais quente. O mesmo comportamento foi visto nas raízes, em que o aumento de 0,3 °C proporcionou um acréscimo de 53,4% no teor de carboidratos (Figura 4.13 E). Sunoj *et al.* (2016), estudando o milho, constataram que uma diminuição da amplitude de temperatura diurna aumentou a taxa de respiração noturna foliar, resultando em menor teor de carboidratos e diminuição no acúmulo de biomassa total.

Segundo Kerepesi; Galiba (2000), as alterações nos teores de carboidratos podem ser de grande importância para a adaptação das plantas submetidas à salinidade, devido à sua relação direta com alguns processos fisiológicos, como a fotossíntese, a translocação e a respiração.

Carbono orgânico do solo e da folha

A análise de variância do carbono orgânico no solo mostra que houve efeito significativo para ambos os fatores isoladamente e interação significativa para os dois fatores estudados. Também houve interação entre os fatores para o CO na folha (Tabela 4.10).

Para o teor de carbono nas folhas, apenas no tratamento de salinidade mais elevado houve diferença significativa entre as temperaturas, com maior valor no tratamento com temperaturas médias de 30,7 °C (Tabela 4.11).

Já para o carbono orgânico no solo, o resultado foi inverso, em que o ambiente mais quente, para a maioria dos tratamentos salinos, causou perda de CO no solo (Tabela 4.11). Em relação à condutividade elétrica da água de irrigação, o comportamento do gráfico foi polinomial cúbico com oscilações, não apresentando comportamento definido, para ambas as temperaturas.

Tabela 4.10 - Análise de variância das variáveis carbono orgânico na folha (COF) e no solo (COS) de plantas de meloeiro aos 21 dias após o transplântio submetidas à diferentes CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) e temperaturas médias (30,4 e 30,7 °C).

FV	GL	QM (Quadrado médio)	
		g Kg ⁻¹ MS	
		C.O folha	C.O solo
Temp. (T)	1	5,2490 ns	0,0570 **
Resíduo (T)	7	1,6248	0,0016
Sal. (S)	4	2,7912 ns	0,0079 *
T x S	4	3,6484 *	0,0070 *
Resíduo (S)	23	1,1676	0,0021
CV (T) (%)		3,25	21,47
CV (S) (%)		2,76	24,55

*, **: significativo a 5 e 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo.

Tabela 4.11 – Desdobramento das médias das variáveis carbono orgânico na folha (COF) e no solo (COS) de plantas de meloeiro submetidas a diferentes temperaturas (30,4 °C e 30,7 °C) dentro de níveis de CEa (0,8; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 dS m⁻¹) aos 21 dias após o transplântio.

Temperaturas	CEa (dS m ⁻¹)					
	0,8	1,5	3,0	4,5	6,0	
C. O. folha	30,4 °C	39,17	38,6	38,07	39,8	38,10 b
	30,7 °C	40,76	38,85	38,93	38,68	40,56 a
C. O. solo	30,4 °C	0,27 a	0,20 a	0,19	0,25 a	0,21 a
	30,7 °C	0,14 b	0,07 b	0,19	0,17 b	0,19 b

Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente na mesma coluna pelo teste de Tukey (p<0,05).

Embora o carbono orgânico não seja um nutriente para a planta, baixos valores podem afetar a produtividade em razão de seu efeito na estrutura; na disponibilidade de água para as plantas, e no seu poder de tamponamento frente a presença de compostos muitas vezes tóxicos às plantas (GOMES; FILIZOLA, 2006).

A elevação da temperatura leva a níveis maiores de mineralização e à diminuição do carbono orgânico no solo, pois a matéria orgânica decompõe-se mais rapidamente a temperaturas elevadas, por isso que os solos dos climas quentes contêm menos matéria orgânica que os solos dos climas mais frios, como aconteceu neste experimento com o meloeiro. Por sua vez, com as mudanças climáticas, uma concentração crescente de gás carbônico atmosférico pode aumentar a fotossíntese das plantas, elevando, conseqüentemente, o sequestro de carbono (FAO; ITPS, 2015).

Segundo Souza et al. (2011), estudando *Atriplex nummularia lindl.* sob estresse hídrico em solo salino sódico, constataram que não houve alteração no valor de carbono orgânico total do solo com o cultivo da planta no solo salino (CEes = 42,56 dS m⁻¹) sob diferentes lâminas de irrigação, chegando a alcançar valores médios de 11,0 g Kg⁻¹ de COT. Já Setia et al. (2013), indicaram, por

meio de modelagens, que solos salinos perderam carbono orgânico no passado e continuará perdendo no futuro e que essa perda pode ser superior ao estimado por modelos que não consideraram a mudança de salinidade. Assim, os modelos atuais provavelmente terão que superestimar as ações de COS em solos salinos e subestimar a liberação da taxa de CO₂ pelo sistema planta-solo.

CONCLUSÕES

O aumento de 0,3 °C de temperatura média proporcionou uma maior transpiração das plantas, em função da maior abertura estomática, proporcionando maiores taxas fotossintéticas.

O Cl e Na apresentaram maior acúmulo nos tecidos fotossintetizantes (principalmente nos ramos) em relação ao sistema radicular com esse órgão acumulando mais cloreto na temperatura média de 30,4 °C e mais sódio na temperatura média de 30,7 °C.

A toxidez do cloreto e do sódio aplicado via água de irrigação reduziu o crescimento das plantas, sendo observados sintomas de amarelecimento e queimas das pontas das folhas nos maiores níveis de salinidade.

O crescimento da planta até os 21 DAT foi reduzido com a interação da salinidade e temperatura, com decréscimo de aproximadamente 40% de área foliar na salinidade de 3,0 dS m⁻¹.

O teor de carboidratos foi maior nos ramos, seguido pelas folhas e pelas raízes. Os carboidratos dos ramos apresentaram maiores teores nas maiores temperaturas (30,7 °C).

No geral, o acréscimo de 0,3 °C provocou uma diminuição do carbono orgânico do solo e no CO acumulado nas folhas, diminuindo assim a quantidade de matéria orgânica gerada.

A melhor interação para o crescimento do meloeiro em ambiente protegido até os 21 DAT foi observada com a menor temperatura (30,4 °C) e salinidade abaixo de 1,5 ds m⁻¹.

REFERÊNCIAS

- ANGELOTTI, F.; COSTA, N. D. Sistema de produção do melão. Petrolina: Embrapa Semiárido (**Documentos**, 5), 2010.
- ARAÚJO, E. B. G.; SÁ, F. V. S.; OLIVEIRA, F. A.; SOUTO, L.S.; PAIVA, E.P.; SILVA, M.K.N.; MESQUITA, E. F.; BRITO, M.E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 2, p. 462-471, 2016.
- ASHRAF, M. Salt tolerance of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.) at three stages, In: **Journal Appl. Biology**, v. 124, n. 1, p. 153-164, 1994.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, n. 1, p. 3-16, 2004.
- ASHRAF, M.; TUFAIL, M. Variation in salinity tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Journal of Agronomy and Soil Science**, v. 174, n. 1, p. 351-362, 1995.
- BAJJI, M.; LUTTS, S.; KINET, J. M. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. **Plant Science**, v. 160, n. 1, p. 669-681, 2001.
- BARROS, J. R. **Irrigação de plantas de meloeiro amarelo com água salina enriquecida com CO₂**. 2015. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.
- BOUZO, C. A.; KÜCHEN, M. G. Effect of temperature on melon development rate. **Agronomy Research**, v. 10, n. 1–2, p.283–294, 2012.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. V. Determinação da matéria orgânica, In: RAIJ, B. V. *et al.* (Ed.). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: IAC, 2001. p. 262-269.
- CARVALHO, C. A. C. de. **Impacto do estresse térmico e de CO₂ no crescimento inicial e na fisiologia do meloeiro**. 2015. 140f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.
- CHAVES, M. M., MAROCO, J. P., PEREIRA, J. S. Understanding plant response to drought: from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, v. 30, n. 1, p. 239–264, 2003.
- COSTA, L. O.; BEZERRA, M. A.; GONDIM, G. M. C.; ARAÚJO, L. F. Desenvolvimento de plantas de meloeiro submetidas ao estresse salino sob diferentes níveis de potássio, fósforo e nitrogênio. In: II Inovagri International Meeting, 2014, Fortaleza. INOVAGRI International Meeting, 2014.
- CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, A. A. dos; RAIJ, B. V.; FARIA, C. M. B. DE; SILVA, D. J. da; FERNANDES, F. A. M.; SANTOS, F. J. de S.; CRISÓSTOMO, J. R.; FREITAS, J. DE A. D. de; HOLANDA, J. S. de; CARDOSO, J. W.; COSTA, N. D. 2002. **Adubação, irrigação, híbridos e**

práticas culturais para o meloeiro no Nordeste. Fortaleza-CE: Embrapa-CNPAT (Circular Técnica).

EHTAIWESH, A. F. A. **Effects of salinity and high temperature stress on winter wheat genotypes.** 2016. 294f. Tese (Doutorado em Filosofia) - Kansas State University, Manhattan, Kansas.

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G. de; CURI, N.; PINTO, J. E. B. P.; GUIMARÃES, P de T. G. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n.11, p. 1613-1619, 2002.

FERREIRA, D. N. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

FIGUEIRÊDO, M. C. B. de; GONDIM, R. S.; ARAGÃO, F. A. S. de (Org.). 2017. **Produção de melão e mudanças climáticas: sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica.** 1ed. Brasília: Embrapa, 302p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO); INTERGOVERNMENTAL TECHNICAL PANEL ON SOILS (ITPS). 2015. **Status of the World's Soil Resources**, Rome, 608p.

GAINES, T.P.; PARKER, M. B.; GASCHO, G.J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. **Agronomy Journal**, v. 76, n. 1, p.371-374, 1984.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. Embrapa Meio Ambiente, v. 1, n. 1, p. 1-8, 2006.

GUEDES FILHO, D. H.; SANTOS, J. B.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, L. F.; FARIAS, H. L. Biometria do girassol em função da salinidade da água de irrigação e da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 5, p. 277 - 289, 2013.

GURGEL, M. T.; UYEDA, C. A.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T. de; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. V. da. Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 3–10, 2010.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: Rima Artes e Textos, 2006. 550p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações. Piracicaba, **Potafos**, 1997. 308p.

MEDEIROS, J. F.; TERCEIRO NETO, C. P. C.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; SOUZA, M. S. M.; SOUZA, R.O. Management strategies of saline water on morphometric characteristics of melon cultivars. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 4, p. 649-659, 2014.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008.

NASCIMENTO, I. B.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, S. S. V.; LIMA, B. L. C.; SILVA, J. L. A. Desenvolvimento inicial da cultura do pimentão influenciado pela salinidade da água de irrigação em dois tipos de solos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 1, p. 37-43, 2015.

ORCUTT, D. M.; NILSEN, E. T. The physiology of plants under stress-soil and biotic factors. New York: **John Wiley and Sons**, 2000.

PRIBYL, D. W. A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. **Geoderma**, v. 156, n. 1, p. 75-83, 2010.

QUEIROZ, N. L.; ROCHA, M. S.; ROCHA, M. S.; BELTRÃO, N. E. M. Análise de crescimento não destrutiva em seis linhagens de algodoeiro herbáceo. **In:** Congresso Brasileiro de Mamona, 5; Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 2 e I Fórum Capixaba de Pinhão Manso, 2012, Guarapari. Desafios e Oportunidades: Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2012. p. 110.

RADI, A. A.; FARGHALY, F. A.; HAMADA, A. M. Physiological and biochemical responses of salt-tolerant and salt-sensitive wheat and bean cultivars to salinity. **Journal of Biology and Earth Science**, v. 3, n. 1, p. 72-88, 2013.

SANTOS, M. R. dos; BRITO, C. F. B. Irrigação com água salina, opção agrícola consciente. **Revista Agrotecnologia**, v. 7, n. 1, p. 33-41, 2016.

SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PIAUILINO, A. C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15; p. 1563-1578, 2012.

SETIA, R.; GOTTSCHALK, P.; SMITH, P.; MARSCHNER, P.; BALDOCK, J.; SETIA, D.; SMITH, J. Soil salinity decreases global soil organic carbon stocks. **Science of the Total Environment**, v. 1, n. 465, p. 267-272, 2013.

SILVA, E. N.; SILVEIRA, J. A. G.; RODRIGUES, C. R. F.; DUTRA, A. T. B.; ARAGÃO, R. M. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão manso sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, p. 240-246, 2009.

SOUSA, R. A. 2006. 87f. **Efeitos da salinidade e da composição iônica da água de irrigação sobre o desenvolvimento de plantas de feijão-de-corda cv. Pitiúba**. Dissertação de Mestrado, UFC, Fortaleza-CE.

SOUZA, E. R.; FREIRE, M. B. G. dos S.; NASCIMENTO, C. W. A. do; MONTENEGRO, A. A. de A.; FREIRE, F. J.; MELO, H. F. de. Fitoextração de sais pela *Atriplex nummularia* Lindl. sob estresse hídrico em solo salino sódico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 477-483, 2011.

SUNOJ, J. V. S., SHROYER, K. J.; JAGADISH, S. V. K.; PRASAD, P. V. V. Diurnal temperature amplitude alters physiological and growth response of maize (*Zea mays* L.) during the vegetative stage. **Environmental and Experimental Botany**, v. 130, n. 1, p. 113-121, 2016.

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

TERCEIRO NETO, C. P. C.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; SILVA, M. V. T.; LIMA, K. S. Crescimento do meloeiro 'Pele de Sapo' irrigado com água salobra com diferentes estratégias de manejo. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 87 – 100, 2014.

TURAN, M. A., ELKARIM, A. H. A., TABAN, N., TABAN, S. Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations on maize plant. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 4, p. 893-897, 2009.

WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Heat tolerance in plants: An overview. **Environmental and Experimental Botany**, v. 61, n. 1, p. 199-223. 2007.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, v. 19, n. 1, p. 1467-1476, 1988.

ZOCOLER, J. L.; RIBEIRO, P.H.P.; SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento com aplicação de água salina. **Irriga, Edição Especial, 20 anos Irriga + 50 anos FCA**, p. 234-247, 2015.

6 CONCLUSÕES

Em relação aos resultados dos experimentos de Petrolina, em câmaras de crescimento com baixa radiação, as trocas gasosas não foram alteradas com o aumento da temperatura e o crescimento inicial do meloeiro se mostrou moderadamente tolerante às altas temperaturas.

O incremento de CO₂ nas CTAs, aliado ao aumento da temperatura provocado pelo plástico, provocou um decréscimo no crescimento das plantas. A elevação da concentração de CO₂ proporcionou um aumento nas taxas transpiratórias e fotossintéticas das plantas de meloeiro. Além disso, em condições de 550 ppm de CO₂ e temperaturas médias acima de 40 °C, as plantas foram afetadas negativamente quanto ao seu crescimento.

Já em relação à interação entre fatores ambientais, as lâminas de 80 a 90% da ETc (59 a 66,5 mm) com a média de temperatura de 31,4 °C foi a que possibilitou maior crescimento das plantas na fase vegetativa (até os 28 DAT). Para o experimento com salinidade, a melhor interação para o crescimento do meloeiro na fase vegetativa (até os 21 DAT) foi observada no ambiente protegido com menor temperatura (30,4 °C) e salinidade abaixo de 1,5 ds m⁻¹.

Em síntese, percebe-se que a salinidade afetou mais as plantas do meloeiro, quando se compara aos danos causados pela disponibilidade hídrica. Em relação à temperatura média do ambiente, as plantas foram moderadamente tolerantes quando houve aumento de 0,8 °C, aliado a uma redução de até 20% da disponibilidade hídrica.

Por sua vez, quando se aplicou a salinidade, um aumento de apenas 0,3 °C foi mais deletério, causando menor crescimento e por conseguinte menor produção de frutos.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. 19. ed. Informa Economics FNP. 2014.
- AINSWORTH, E. A.; ROGERS, A. The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising [CO₂]: mechanisms and environmental interactions. **Plant, Cell and Environment**, v. 1, n. 30, p. 258–270, 2007.
- ANGELOTTI, F.; COSTA, N. D. Sistema de produção do melão. Petrolina: Embrapa Semiárido (**Documentos**, 5), 2010.
- ARAÚJO, E. B. G.; SÁ, F. V. S.; OLIVEIRA, F. A.; SOUTO, L.S.; PAIVA, E.P.; SILVA, M.K.N.; MESQUITA, E. F.; BRITO, M.E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 2, p. 462-471, 2016.
- ARENQUE, B.C.; GRANDIS, A.; POCIUS, O.; SOUZA, A.P. DE; BUCKERIDGE, M. S. Responses of *Senna reticulata*, a legume tree from the Amazonian floodplains, to elevated atmospheric CO₂ concentration and waterlogging. **Trees**, v. 28, p. 1021-1034. 2014.
- ASHRAF, M. Salt tolerance of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.) at three stages, In: **Journal Appl. Biology**, v. 124, n. 1, p. 153-164, 1994.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v. 166, n. 1, p. 3-16, 2004.
- ASHRAF, M.; TUFAIL, M. Variation in salinity tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Journal of Agronomy and Soil Science**, v. 174, n. 1, p. 351-362, 1995.
- ASSMANN, S. M. Signal transduction in guard cells. **Annual Review of Cell Biology**, v.1, n. 9, p. 345–375, 1993.
- BAJJI, M.; LUTTS, S.; KINET, J. M. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. **Plant Science**, v. 160, n. 1, p. 669-681, 2001.
- BARBOSA, L. G.; SANTOS, R. M.; PINHEIRO, G. S.; ANGELOTTI, F.; AIDAR, S. T.; SANTOS, C. A. F. Comportamento Fisiológico de Feijão Caupi sob Diferentes Concentrações de CO₂. **III Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro**, Juazeiro, BA, Brasil. 2011.
- BARROS, F. C.; GHINI, R. Monitoramento da temperatura e da concentração de dióxido de carbono em estufas de topo aberto. **II Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC**, Campinas, SP, Brasil. 2008.

BARROS, J. R. **Irrigação de plantas de meloeiro amarelo com água salina enriquecida com CO₂**. 2015. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

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

BIAIS, B.; ALLWOOD, J. W.; DEBORDE, C.; XU, Y.; MAUCOURT, M.; BEAUVOIT, B.; DUNN, W.B.; JACOB, D.; GOODACRE, R.; ROLIN, D. ¹H-NMR, GC-EITOF-MS and data set correlation for fruit metabolomics, application to spatial metabolite analysis in melon. **Analytical Chemistry** v. 81, p. 2884–2894. 2009.

BISHOP, K. A.; LEAKEY, A.D.B.; AINSWORTH, E.A. How seasonal temperature or water inputs affect the relative response of C3 crops to elevated [CO₂]: a global analysis of open top chamber and free air CO₂ enrichment studies. **Food and Energy Security**, v. 3, n. 1, p. 33-45, 2014.

BOUZO, C. A.; KÜCHEN, M. G. Effect of temperature on melon development rate. **Agronomy Research**, v. 10, n. 1–2, p.283–294, 2012.

BREARLEY, J.; VENIS, M. A.; BLATT, M. R. The effect of elevated CO₂ concentrations on K⁺ and anion channels of *Vicia faba* L. guard cells. **Planta**, v. 1, n. 203, p. 145–154, 1997.

CALVET, A. S. F.; BEZERRA, M. A.; FARIAS, F. C.; ARAÚJO, L. F. de; LIMA, R. E.; SIQUEIRA, K. M. M. Visitantes florais de *Cucumis melo* L. (Cucurbitaceae), em Pacajus-CE. **In: ENCONTRO DE ZOOLOGIA DO NORDESTE**, 18., 2013, Maceió. Do oceano ao sertão: livro de resumos e programa oficial. Maceió: Universidade Federal de Alagoas: Sociedade Nordestina de Zoologia, 2013. p. 251.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. V. Determinação da matéria orgânica, **In: RAIJ, B. V. et al.** (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. p. 262-269.

CARVALHO, C. A. C. de. **Impacto do estresse térmico e de CO₂ no crescimento inicial e na fisiologia do meloeiro**. 2015. 140f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v.103, n. 1, p.551-560, 2009.

CHAVES, M.M., MAROCO, J.P., PEREIRA, J.S. Understanding plant response to drought: from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, v. 30, p. 239–264, 2003.

COELHO, E. F. **Curso de bananicultura irrigada**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010 (Série Documentos, 176).

COSTA, L. O.; BEZERRA, M. A.; GONDIM, G. M. C.; ARAÚJO, L. F. Desenvolvimento de plantas de meloeiro submetidas ao estresse salino sob diferentes níveis de potássio, fósforo e

nitrogênio. **In:** II Inovagri International Meeting, 2014, Fortaleza. INOVAGRI International Meeting, 2014.

CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, A. A. dos; RAIJ, B. V.; FARIA, C. M. B. DE; SILVA, D. J. da; FERNANDES, F. A. M.; SANTOS, F. J. de S.; CRISÓSTOMO, J. R.; FREITAS, J. DE A. D. de; HOLANDA, J. S. de; CARDOSO, J. W.; COSTA, N. D. 2002. **Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro no Nordeste.** Fortaleza-CE: Embrapa-CNPAT (Circular Técnica).

DIAS, M. A.; LOPES, J. C.; GUIMARÃES, G. A. M.; SOUZA NETO, J. D. de; BERNARDES, C. de O. Carrot seed germination in different conditions of salinity and temperature. **Idesia**, v. 33, n. 1, p. 41-46, 2015.

DIAS, V. L. N. **Fitodisponibilidade de metais, caracterização nutricional, constituição química, avaliação da atividade antioxidante e antibacteriana do óleo essencial extraído das folhas da *Cinnamomum zeylanicum* Breyn.** 2009. 88 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2009.

EDGAR, B. A. How flies get their size: genetics meet physiology. **Nature Reviews Genetics**, n. 1, v. 7, p.907-916. 2006.

EHTAIWESH, A. F. A. **Effects of salinity and high temperature stress on winter wheat genotypes.** 2016. 294f. Tese (Doutorado em Filosofia) - Kansas State University, Manhattan, Kansas.

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G. de; CURI, N.; PINTO, J. E. B. P.; GUIMARÃES, P de T. G. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n.11, p. 1613-1619, 2002.

FERREIRA, D. N. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, J. A. da S. **Monitoramento da deficiência hídrica no meloeiro com termometria infravermelha.** 1995. 79f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1995.

FIGUEIRÊDO, M. C. B. de; GONDIM, R. S.; ARAGÃO, F. A. S. de (Org.). 2017. **Produção de melão e mudanças climáticas: sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica.** 1ed. Brasília: Embrapa, 302p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO); INTERGOVERNMENTAL TECHNICAL PANEL ON SOILS (ITPS). 2015. **Status of the World's Soil Resources**, Rome, 608p.

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

- HANSTEIN, S. M.; FELLE, H. H. CO₂-triggered chloride release from guard cells in intact fava bean leaves. Kinetics of the onset of stomatal closure. **Plant Physiology**, v. 1, n. 130, p. 940–950, 2002.
- HIJMANS, R. J. The Effect of climate change on global potato production. **American Journal of Potato Research**, n. 1, v. 80, p. 271-280, 2003.
- GAINES, T.P.; PARKER, M. B.; GASCHO, G.J. Automated determination of chlorides in soil and plant tissue by sodium nitrate. **Agronomy Journal**, v. 76, n. 1, p.371-374, 1984.
- GAUPELS, F.; KURUTHUKULANGARAKOOLA, G. T.; DURNER, J. Upstream and downstream signals of nitric oxide in pathogen defence. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 14, n. 1, p. 707-714, 2011.
- GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. *Embrapa Meio Ambiente*, v. 1, n. 1, p. 1-8, 2006.
- GRANDIS, A. **Respostas fotossintéticas e de crescimento da espécie amazônica *Senna reticulata* sob elevada concentração de CO₂**. 2010. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Fisiologia e Bioquímica de Plantas) Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.
- GUEDES FILHO, D. H.; SANTOS, J. B.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, L. F.; FARIAS, H. L. Biometria do girassol em função da salinidade da água de irrigação e da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 5, p. 277 - 289, 2013.
- GURGEL, M. T.; UYEDA, C. A.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T. de; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. V. da. Crescimento de meloeiro sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 3–10, 2010.
- JALEEL, C. A.; GOPI, R.; SANKAR, B.; GOMATHINAYAGAM, M.; PANNEERSELVAM, R. Differential responses in water use efficiency in two varieties of *Catharantus roseus* under drought stress. **Comptes Rendus Biologie**, v. 331, n. 1, p. 42-47, 2008.
- JONES, M. H.; CURTIS, P. S. 2000. **Bibliography on CO₂ effects on vegetation and ecosystems: 1990-1999 literature**. ORNL/CDIAC-129.
- KAMIYA, E.; TAMURA, S. Physiological studies on growing seedling of muskmelon. **Bulletin Shizuoka Prefecture Agr. Exp. Stn.** v. 7, n. 1, p. 32-44, 1962.
- KORNER, C. Responses of humid tropical trees to rising CO₂. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 40, p. 61–79, 2009.
- KURUKULASURIYA, P.; ROSENTHAL, S. 2003. **Climate change and agriculture: A review of impacts and adaptations**. Paper No. 91 in Climate Change Series, Agriculture and Rural Development Department and Environment Department, World Bank, Washington, DC.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 531p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2006. 550p.

LIMA, R. E. M.; FARIAS, L. F. L.; ARAÚJO, L. F.; BEZERRA, M. A. Produção de híbridos cantaloupes irrigados com água salinas. **In: XXIV Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 2016, São Luís. Fruteira Nativas e Sustentabilidade, 2016.

LOBELL, D. B.; BURKE, M. B. Why are agricultural impacts of climate change so uncertain? The importance of temperature relative to precipitation. **Environmental Research Letters**, v. 3, n. 3, p. 1748-9318, 2008.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C. de; PORTO FILHO, F. de Q.; GUEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. de. Teores foliares de nutrientes em meloeir es de nutrientes em meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades irrigado com águas de diferentes salinidades. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. Suplemento, p. 292-295, 2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações. Piracicaba, **Potafos**, 1997. 308p.

MEDEIROS, J. F.; TERCEIRO NETO, C. P. C.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; SOUZA, M. S. M.; SOUZA, R.O. Management strategies of saline water on morphometric characteristics of melon cultivars. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 4, p. 649-659, 2014.

MELO, J. M. M. de; MARINHO, L. B.; VARGENS, F. N.; SOUSA FILHO, J. R. de; DEON, M. D.; MELO, A. M. Y. de. Crescimento de meloeiro submetido ao estresse hídrico com e sem micorrização no Vale do Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 2, p. 1261-1270, 2017.

MILTHORPE, F. L.; MOORBY, J. Some aspects of overall growth and its modification. **In: MILTHORPE, F. L.; MOORBY, J. An introduction to crop physiology**. London: Cambridge University Press, 1974. p. 152.

MONTEIRO, S. B.; SOUSA, A de P. Efeito da irrigação por gotejamento no crescimento do meloeiro cultivado em estufa. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHA AGRÍCOLA**, 27; 1998, Poços de Caldas. **Anais...Poços de Caldas: Universidade Federal de Lavras/Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola**, 1998. p. 40-42.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008.

NASCIMENTO, I. B.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, S. S. V.; LIMA, B. L. C.; SILVA, J. L. A. Desenvolvimento inicial da cultura do pimentão influenciado pela salinidade da água de irrigação em dois tipos de solos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 1, p. 37-43, 2015.

ORCUTT, D. M; NILSEN, E. T. The physiology of plants under stress-soil and biotic factors. New York: **John Wiley and Sons**, 2000.

- PÁDUA, J. G. de. **Cultivo protegido de melão rendilhado, em duas épocas de plantio**. 2001. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
- PASSIOURA, J. B. Water in the soil-plant-atmosphere continuum. In: Lange, O. L.; Nobel, P. S.; Os-Mond, C. B.; Ziegler, H. (Ed.). *Physiological plant ecology II: water relations and carbon assimilation*. **Encyclopedia of Plant Physiology**, v. 12B, n. 1, p. 5-33, 1982.
- PIRES, M. M. M. L.; SANTOS, H. A.; SANTOS, D. F.; VASCONCELOS, A. S.; ARAGÃO, C. A. Produção do meloeiro submetido a diferentes manejos de água com o uso de manta de tecido não tecido. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 304-310, 2013.
- POORTER, H.; REMKES, C.; LAMBERS, H. Carbon and Nitrogen Economy of 24 Wild Species Differing in Relative Growth Rate. **Plant Physiology**, v. 94, p. 621-627, 1990.
- PORTER, J. R.; GAWITH, M. Temperatures and the growth and development of wheat: a review. **European Journal of Agronomy**, v. 10, n. 1, p. 23-36, 1999.
- POVH, J. A. **Efeitos de reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas de *Salvia officinalis* L. e na produção de óleo essencial**. 2004. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- PRIBYL, D. W. A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. **Geoderma**, v. 156, n. 1, p. 75-83, 2010.
- QUEIROZ, N. L.; ROCHA, M. S.; ROCHA, M. S.; BELTRÃO, N. E. M. Análise de crescimento não destrutiva em seis linhagens de algodoeiro herbáceo. **In: Congresso Brasileiro de Mamona, 5; Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, 2 e I Fórum Capixaba de Pinhão Manso, 2012, Guarapari. Desafios e Oportunidades: Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2012. p. 110.**
- RADI, A. A.; FARGHALY, F. A.; HAMADA, A. M. Physiological and biochemical responses of salt-tolerant and salt-sensitive wheat and bean cultivars to salinity. **Journal of Biology and Earth Science**, v. 3, n. 1, p. 72-88, 2013.
- RASCHKE, K.; SHABAHANG M.; WOLF, R. The slow and the quick anion conductance in whole guard cells: their voltage dependent alternation, and the modulation of their activities by abscisic acid and CO₂. **Planta**, v. 1, n. 217, p. 639–650, 2003.
- RINNE, K. T.; SAURER, M.; STREIT, K.; SIEGWOLF, R. T. W. Evaluation of a Liquid Chromatography Method for Compound-Specific δ¹³C Analysis of Plant Carbohydrates in Alkaline Media. **Rapid Communications in Mass Spectrometry** **26**, v. 1, n. 18, p. 2173–85, 2012.
- RUIZ-VERA, U., SIEBERS, M., GRAY, S., DRAG, D., ROSENTHAL, D., KIMBALL, B., ORT, D., BERNACCHI, C. Global warming can negate the expected CO₂ stimulation in photosynthesis and productivity for soybean grown in the Midwestern United States. **Plant Physiology**, v. 162, p. 410–423, 2013.
- SANTOS, M. R. dos; BRITO, C. F. B. Irrigação com água salina, opção agrícola consciente. **Revista Agrotecnologia**, v. 7, n. 1, p. 33-41, 2016.

- SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PIAUILINO, A. C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15; p. 1563-1578, 2012.
- SCARPARE FILHO, J. A.; MORAES, A. L.; RODRIGUES, A.; SCARPARE, F. V. Rendimento de uva 'Niágara rosada' submetida à redução de área foliar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 778-785, 2010.
- SETIA, R.; GOTTSCHALK, P.; SMITH, P.; MARSCHNER, P.; BALDOCK, J.; SETIA, D.; SMITH, J. Soil salinity decreases global soil organic carbon stocks. **Science of the Total Environment**, v. 1, n. 465, p. 267-272, 2013.
- SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JUNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 1, p.7-13, 2010.
- SILVA, E. N.; SILVEIRA, J. A. G.; RODRIGUES, C. R. F.; DUTRA, A. T. B.; ARAGÃO, R. M. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão manso sob diferentes níveis de salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, p. 240-246, 2009.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.
- SOUZA, E. R.; FREIRE, M. B. G. dos S.; NASCIMENTO, C. W. A. do; MONTENEGRO, A. A. de A.; FREIRE, F. J.; MELO, H. F. de. Fitoextração de sais pela *Atriplex nummularia lindl.* sob estresse hídrico em solo salino sódico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 477-483, 2011.
- SOUSA, R. A. 2006. 87f. **Efeitos da salinidade e da composição iônica da água de irrigação sobre o desenvolvimento de plantas de feijão-de-corda** cv. Pitiúba. Dissertação de Mestrado, UFC, Fortaleza-CE.
- STARCK, Z.; WAZYNSKA, Z.; KUCEWICZ, O. Comparative effects of heat stress on photosynthesis and chloroplast ultrastructure in tomato plants with source-sink modulated by growth regulators. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 15, p. 125-133, 1993.
- SUASSUNA, J. F.; MELO, A. S. de; COSTA, F. S.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, R. S.; SOUSA, M. S. da S. Eficiência fotoquímica e produtividade de frutos de meloeiro cultivado sob diferentes lâminas de irrigação. **Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1251-1262, 2011.
- SUNOJ, J. V. S., SHROYER, K. J.; JAGADISH, S.V. K.; PRASAD, P.V.V. Diurnal temperature amplitude alters physiological and growth response of maize (*Zea mays* L.) during the vegetative stage. **Environmental and Experimental Botany**, v. 130, n. 1, p. 113-121, 2016.
- SUZUKI, E.; MASUDA, S. Studies on muskmelon (*Cucumis melo* L. var. *reliculatus* Naud.). V. The fluctuation of sugar content in Earl's Favourite. **Bull. Fac. Ed. Sizuoka Univ.**, v. 12, n. 1, p. 205-213, 1961.

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

TANAKA, A.; FUJITA, K. Growth, photosynthesis and yield componentes in relation to grain yield of the field bean. **Journal Fac. Agriculture Hokkaido**, v. 59, n. 2, p. 145-238, 1979.

TERCEIRO NETO, C. P. C.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; SILVA, M. V. T.; LIMA, K. S. Crescimento do meloeiro ‘Pele de Sapo’ irrigado com água salobra com diferentes estratégias de manejo. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 87 – 100, 2014.

TURAN, M. A., ELKARIM, A. H. A., TABAN, N., TABAN, S. Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations on maize plant. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 4, p. 893-897, 2009.

WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Heat tolerance in plants: An overview. **Environmental and Experimental Botany**, v. 61, n. 1, p. 199-223. 2007.

WEBB, A. A. R.; MCAINSH, M. R.; MANSFIELD, T. A; HETHERINGTON, A. M. Carbon dioxide induces increases in guard cell cytosolic free calcium. **Plant Journal**, v. 1, n. 9, p. 297–304, 1996.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, v. 19, n. 1, p. 1467-1476, 1988.

ZOCOLER, J. L.; RIBEIRO, P.H.P.; SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento com aplicação de água salina. **Irriga, Edição Especial, 20 anos Irriga + 50 anos FCA**, p. 234-247, 2015.