



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

TALYANA KADJA DE MELO

**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE MELOEIRO E MELANCIEIRA EM
CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

MOSSORÓ

2019

TALYANA KADJA DE MELO

**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE MELOEIRO E MELANCIEIRA EM
CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Doutorado em Manejo de Solo e Água do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Manejo de Solo e Água.

Linha de pesquisa: Manejo do solo e da água no ambiente agrícola.

Orientador: Prof. Dr. José Espínola Sobrinho

Co-orientador: Prof. Dr. José Francismar de Medeiros

MOSSORÓ

2019

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Mc MELO, TALYANA KADJA DE.
COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE MELOEIRO E
MELANCIEIRA EM CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO / TALYANA KADJA DE MELO. -
2019.
60 f. : il.

Orientador: JOSÉ ESPÍNOLA SOBRINHO.
Coorientador: JOSÉ FRANCISMAR DE MEDEIROS.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Manejo de Solo e Água, 2019.

1. Cucumis melo. 2. Citrullus lanatus. 3.
Temperatura. 4. Umidade relativa. 5. fenologia.
I. SOBRINHO, JOSÉ ESPÍNOLA, orient. II. MEDEIROS,
JOSÉ FRANCISMAR DE, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

TALYANA KADJA DE MELO

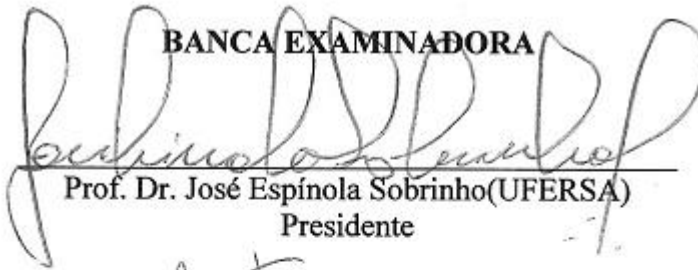
**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE MELOEIRO E MELANCIEIRA EM
CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**


Tese apresentada ao Doutorado em Manejo de Solo e Água do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Manejo de Solo e Água.


Linha de pesquisa: Manejo do solo e da água no ambiente agrícola.

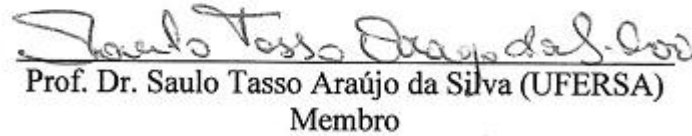
Defendida em: 28 / 06 / 2019.

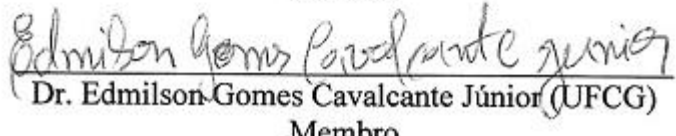
BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. José Espínola Sobrinho (UFERSA)
Presidente


Prof. Dr. José Erancismar de Medeiros (UFERSA)
Membro


Prof. Dr. Vladimir Batista Figueiredo (UFERSA)
Membro


Prof. Dr. Saulo Tasso Araújo da Silva (UFERSA)
Membro


Dr. Edmilson Gomes Cavalcante Júnior (UFCG)
Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus acima de tudo, pela força durante a jornada.

Agradeço ao meu orientador: José Espínola Sobrinho, pelas colaborações e pela confiança que me foi dada.

Agradeço ao meu co-orientador: José Francismar de Medeiros, por toda ajuda e colaboração na realização do trabalho.

Agradeço a Universidade Federal Rural do Semi-árido, pela estrutura e oportunidade em cursar uma pós-graduação de qualidade.

Agradeço a todo corpo docente do programa de pós-graduação em Manejo de Solo e Água pelo comprometimento com a função que lhes são incumbida.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Agradeço aos meus familiares: mãe, irmãos e esposo, pela colaboração, para que eu pudesse concluir esse trabalho.

Agradeço aos amigos Emanoela (Manu) e Vanies, pela amizade e companheirismo durante o curso.

Agradeço a Banca Examinadora por aceitar participar da avaliação do trabalho.

Agradeço a todos que direta e indiretamente contribuíram para conclusão desse trabalho.

Desconfie do destino e acredite em você.
Gaste mais horas realizando que sonhando,
fazendo que planejando, vivendo que
esperando, porque, embora quem quase morre
esteja vivo, quem quase vive já morreu.

Sarah Westphal

RESUMO

A fenologia e a demanda hídrica das culturas podem ser alteradas pelas mudanças climáticas, afetando a produtividade das principais culturas agrícolas. Com isso, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os impactos futuristas das mudanças climáticas (temperatura e umidade relativa do ar) sobre o desenvolvimento e a evapotranspiração de variedades de meloeiro e melancia, cultivadas no semiárido brasileiro. Os dados foram obtidos de experimentos conduzidos na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, no município de Mossoró, RN, Brasil. Para o meloeiro: o primeiro experimento foi realizado de dezembro de 2006 a fevereiro de 2007, avaliando o meloeiro (*Cucumis melo* L.) tipo Honey Dew híbrido “County”. No segundo experimento, realizado de outubro a dezembro de 2008, utilizou-se o melão tipo Gália híbrido “Néctar”. Para a melancia: o primeiro experimento foi realizado de fevereiro a abril de 2006, avaliando a melancia (*Citrullus lanatus*) cultivar “Mickylee”. No segundo experimento, realizado de setembro a novembro de 2009, utilizou-se a melancia cultivar “Quetzali”. Foram avaliados dois cenários de emissões baseados no relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): um otimista denominado B2 e um pessimista denominado A2. Para o meloeiro verificou-se que as mudanças climáticas provocarão redução no ciclo de desenvolvimento da cultura de 15,49 e 25,35% para o híbrido “County” e de 9,84 e 18,03% para o híbrido “Néctar”, considerando os cenários otimista e pessimista, respectivamente. O híbrido “County” foi mais sensível às mudanças climáticas nas fases intermediária e final, sendo mais susceptível, portanto, a perdas de produção. As mudanças climáticas aumentarão o coeficiente de cultura do meloeiro, incrementando a evapotranspiração diária, porém com a redução do ciclo haverá redução da evapotranspiração total. Para melancia verificou-se que as mudanças climáticas provocarão redução no ciclo vegetativo da cultura de 14,10 e 26,92% para a cultivar “Mickylee” e de 7,9 e 11,11% para a cultivar “Quetzali”, nos cenários otimista e pessimista, respectivamente. A cultivar “Mickylee” é mais sensível às mudanças climáticas nas fases de crescimento, intermediária e final, sendo mais susceptível, portanto, a perdas de produção. As mudanças climáticas futuras aumentarão o Kc da melancia, nas condições em que o presente estudo foi realizado, incrementando a evapotranspiração diária, e aumento da evapotranspiração total, principalmente da cultivar “Mickylee”. As mudanças na temperatura e na umidade relativa do ar ficarão fora dos limites tolerados pelas culturas, acarretando alterações nos tratamentos culturais, como sombreamento, controle de pragas e doenças e no manejo da irrigação.

Palavras-chave: *Cucumis melo*. *Citrullus lanatus*. Temperatura. Umidade relativa. Fenologia

ABSTRACT

The phenology and crop water demand can be altered by climate change, affecting the productivity of major agricultural crops. The objective of this work was to evaluate the futuristic impacts of climate changes (temperature and relative humidity) on the development and evapotranspiration of melon and watermelon varieties cultivated in the Brazilian semi-arid region. The data were obtained from experiments conducted at the Rafael Fernandes Experimental Farm, in the municipality of Mossoró, RN, Brazil. For melon the first experiment was carried out from November 2006 to February 2007, evaluating melon (*Cucumis melo* L.) type Honey Dew, hybrid cultivar "County". In the second experiment, carried out from October to December of 2008, the melon type Gália hybrid "Néctar" was used. For watermelon the first experiment was carried out from February to April 2006, evaluating the watermelon (*Citrullus lanatus*) cultivar "Mickylee". In the second experiment, carried out from September to November 2009, the melancholy cultivar "Quetzali" was used. Two emission scenarios based on the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) report were evaluated: a optimist named B2 and an pessimist named A2. In the melon it was verified that the climatic changes will cause reduction of on culture development cycle of 15,49 and 25,35% for the hybrid "County" and of 9,84 and 18,03% for the "Nectar" hybrid, considering the optimistic and pessimistic scenarios, respectively. The hybrid "County" was more sensitive to climatic changes in the stages intermediate and final, being more susceptible, therefore, to production losses. The climatic changes will increase the coefficient of culture of the melon, increasing the daily evapotranspiration, but with the reduction of the cycle there will be a reduction of the total evapotranspiration. In the watermelon it was verified that the climatic changes will cause reduction in the culture cycle of 14,10 and 26,92% for the cultivar "Mickylee" and of 7,9 and 11,11% for the cultivar "Quetzali", in the optimistic and pessimistic scenarios, respectively. The cultivar "Mickylee" is more susceptible to climatic changes in the stages growth, intermediate and final, being more susceptible, therefore, to production losses. Future climate changes will increase Kc of the melancholy, under the conditions in which the present study was carried out, increasing daily evapotranspiration, and increasing total evapotranspiration, mainly of the cultivar "Mickylee". The changes in temperature and humidity of the air will be outside the limits tolerated by cultures, causing alterations in the cultural dealings, like shading, control of pests and diseases and in the management of the irrigation.

Keywords: *Cucumis melo*. *Citrullus lanatus*. Temperature. Relative humidity. Phenology

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados meteorológicos durante o período de cultivo do meloeiro tipo Honey Dew híbrido “County” (A e B) e tipo Gália híbrido “Néctar” (C e D).....22

Figura 2. Dados meteorológicos durante o período de cultivo da melancia cultivar “Mickylee” (A e B) e cultivar “Quetzali” (C e D).....23

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Valores médios das temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) média (T_{med}), máxima (T_{max}) e mínima (T_{min}) durante os períodos de cultivos do meloeiro (cultivares Honey Dew e Gália), em cenários de mudanças climáticas, em Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte..... 27
- Tabela 2. Valores médios das umidades relativa (%) média (U_{med}), máxima (U_{max}) e mínima (U_{min}), durante período de cultivo do meloeiro (cultivares Honey Dew e Gália), em cenários de mudanças climáticas, em Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte..... 28
- Tabela 3. Graus-dia acumulados por fase (GDA) e duração média das fases fenológicas de variedades de meloeiro em cenários de mudanças climáticas, no município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte..... 28
- Tabela 4. Coeficiente de cultura (K_c) médio por fase fenológica de cultivares de meloeiro (Tipo Honey Dew híbrido ‘County’ e Tipo Gália híbrido ‘Néctar’) em cenários de mudanças climáticas, no município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte.....30
- Tabela 5. Evapotranspiração da cultura (ET_c) média por fase fenológica de cultivares de meloeiro (Tipo Honey Dew híbrido ‘County’ e Tipo Gália híbrido ‘Néctar’) em cenários de mudanças climáticas, no município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte.....31
- Tabela 6. Valores médios das temperaturas do ar ($^{\circ}\text{C}$) média (T_{med}), máxima (T_{max}) e mínima (T_{min}), durante período de cultivo da melancia (cultivares MickyLee e Quetzali) em cenários de mudanças climáticas em Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte..... 33
- Tabela 7. Valores médios das umidades relativa do ar (%) média (U_{med}), máxima (U_{max}) e mínima (U_{min}), durante o período de cultivo da melancia (cultivares MickyLee e Quetzali) em cenários de mudanças climáticas em Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte.....34
- Tabela 8. Graus-dia acumulados por fase (GDA) e duração média das fases fenológicas de cultivares de melancia em cenários de mudanças climáticas, no município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte.....34
- Tabela 9. Coeficiente de cultivo (K_c) de cultivares de melancia em cenários de mudanças climáticas, no município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte..... 36
- Tabela 10. Evapotranspiração da cultura (ET_c) de cultivares de melancia em cenários de mudanças climáticas, no município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte.....37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1	Cenários de mudanças climáticas.....	3
2.2	Impacto das Mudanças climáticas na região Nordeste do Brasil	5
2.3	Efeito da mudanças climáticas na fisiologia e produtividade das culturas agrícolas	6
2.4	Aspectos gerais do meloeiro e da melancia.....	8
2.4.1	Cultivo do meloeiro.....	8
2.4.2	Cultivo da melancia	9
2.5	Influência dos fatores climáticos sobre as culturas do melão e melancia.	10
2.5.1	Melão.....	10
2.5.2	Melancia.....	11
2.6	Evapotranspiração e coeficiente de cultura.....	12
2.7	Graus dia (GD).....	14
3	MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1	Meloeiro.....	16
3.2	Melancia	17
3.3	Análises experimentais.....	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1	Meloeiro.....	27
4.2	Melancia	32
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
	REFERÊNCIAS.....	40
	ANEXOS.....	47

1 INTRODUÇÃO

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) e a melancia (*Citrullus lanatus* Schrad) pertencem à família cucurbitácea, e seu centro de origem é a África tropical, e são olerícolas de frutos cultivada em várias regiões do mundo, e em todo o território brasileiro, e principalmente no semiárido nordestino, apresenta grande expressão econômica (Costa et al., 2012; Chaves et al., 2013; Araújo et al., 2016). A predominância do cultivo do meloeiro no Brasil é na região Nordeste, que detém 20.886 ha de área plantada com a cultura, com uma produção de 514.276 t, correspondentes a 89,3 e 95,2% da área plantada e da produção nacional, respectivamente, no ano de 2017 (IBGE, 2018). O cultivo da melancia também destaca-se na região semiárida, todavia, os períodos de seca afetam diretamente a produção da cultura, uma vez que a chuva é a principal fonte de água utilizada por pequenos e médios produtores (Nunes et al., 2017). No entanto, o cultivo irrigado da melancia tem crescido em várias regiões do nordeste; tais como: Rio Grande do Norte e Bahia, sendo utilizado cultivares de menor tamanho, com características, portanto, para exportação.

O principal fator que faz com que a região nordeste do Brasil seja um dos maiores produtores do mundo são as condições climáticas favoráveis, tais como temperatura e umidade relativa do ar, que são consideradas ideias ao cultivo dessas culturas, possibilitando, assim, a obtenção de alta produtividade e qualidade dos frutos.

No semiárido brasileiro, a identificação das alterações no ciclo hidrológico, torna-se relevante devido à intensa variabilidade temporal e espacial das chuvas (Schmidt et al., 2018). Em cenários futuros das condições climáticas, a evapotranspiração é uma das variáveis mais afetadas do ciclo hidrológico, uma vez que mudanças na evapotranspiração, em função de alterações na temperatura e na umidade relativa do ar exercem impactos negativos na duração do ciclo vegetativo e na produtividade das culturas (Cavalcante Júnio et al., 2018).

A produtividade de uma espécie ou cultivar podem ser influenciadas diretamente pelas condições edafoclimáticas, as quais foram submetidas (Carmo et al., 2015). Essa variabilidade de respostas, dentro da mesma variedade ou genótipo, quando cultivados em diferentes sistemas de produção (condições edafoclimáticas), está relacionada ao fator ambiente juntamente com o componente genético, atuando sobre respostas fisiológicas e morfológicas da planta (Dalastra et al., 2015).

Ao assumir que as mudanças climáticas influenciam diretamente no cenário econômico da região Nordeste, permite inferir que a produção dos principais gêneros agrícolas cultivados, sofrerão impactos significativos potencializados por eventos climáticos extremos nos estados dessa região, a exemplo de longos períodos de seca, aumento na

temperatura e redução na umidade relativa do ar (Araújo et al., 2014). Assim, o uso de modelos para simulação em computadores, das respostas futuristas das principais culturas agrícolas, possibilita o planejamento e tomada de decisões de manejo no setor agrícola, a longo prazo, com economia de tempo, trabalho e quantidade de recursos (Silva et al., 2012).

Com isso, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os impactos futuristas das mudanças climáticas (temperatura e umidade relativa do ar) sobre o desenvolvimento e a evapotranspiração de duas cultivares de meloeiro e duas cultivares de melancia, em cultivo irrigado no semiárido brasileiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cenários de mudanças climáticas

No final do século XX e início do século XXI, mais precisamente a partir da década de noventa, os debates sobre papel das emissões de gases do efeito estufa pelo homem ganharam espaço. O efeito estufa é um fenômeno natural proveniente da acumulação de gases na atmosfera do nosso planeta. Os gases atmosféricos são responsáveis por manter o calor na terra, e devido a eles é possível que se desenvolvessem todas as formas de vida conhecidas. Ao longo desse cenário, mudanças climáticas têm ocorrido em diversos períodos da história do nosso planeta, sendo assim um fato histórico (França & Gurgel, 2018).

A intensificação do efeito estufa, ou seja, a acumulação excessiva de gases na atmosfera ocasiona um bloqueio a saída de radiação e provoca aumento da temperatura global, com consequências divergentes nas distintas regiões do mundo. Ao longo dos anos estudos apontam que a atividade humana é a principal responsável pela intensificação do efeito estufa na atmosfera, confirmado pela evolução 0,5 °C ao longo dos últimos 100 anos da temperatura da superfície do globo terrestre, coincidindo com o período do início da revolução industrial (França & Gurgel, 2018). Além de que, evidências científicas recentes apontam que em função do aumento do efeito estufa haverá intensificação da variabilidade climática associada a eventos El Niño/La Niña, que prevê aumento do nível médio do mar, com consequências para os ecossistemas e populações humanas nas áreas costeiras e nas áreas ribeirinhas (Nobre, 2001).

O crescimento econômico e populacional têm aumentado desde a era pré-industrial, as emissões antropogênicas de Gases de Efeito Estufa (GEE), e atualmente são maiores que nunca, partindo da concentração de CO₂ de 280 ppm (partes por milhão) em 1750 para uma concentração de 400 ppm no ano de 2013, e de um incremento de 0,85°C na temperatura combinada das superfícies terrestres e oceânicas de 1880 a 2012 (IPCC, 2013). De acordo com Machado Filho et al. (2016), a continuidade dessa tendência, implica em mais aquecimento e as mudanças de longo prazo em todos os componentes do sistema climático, com risco de impactos graves, generalizados e irreversíveis para as pessoas e os ecossistemas. Ainda segundo os autores, para reduzir os riscos da mudança global do clima, é necessário reduzir emissões de GEE, com medidas de adaptação.

O Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) lançou em 2007 o seu Quarto Relatório de Avaliação (AR4), uma técnica para apresentar os cenários de mudanças climáticas, conhecido como Relatório Especial sobre Cenários de Emissões (SRES). De

acordo com o SRES são considerados cenários diferentes para o aumento das concentrações de GEE e aerossóis, baseando em premissas sociais, econômicas, crescimento populacional e mudanças tecnológicas ao longo do tempo (Machado Filho et al., 2016). Os quatro principais cenários da SRES são: “A1 – um crescimento econômico rápido e globalizado, com pico de crescimento da população em meados do século; A2 – crescimento econômico regionalmente focado, com elevado crescimento da população; B1 – mesma população que o A1, com mais melhorias tecnológicas; e B2 – foco em soluções locais, menor crescimento econômico, com o aumento da população” (IPCC, 2014; Machado Filho et al., 2016).

De acordo com Justino et al. (2013) e Marengo (2014), entre todos os cenários projetados pelo relatório SRES, os casos B2 e A2 são os mais preocupantes, com cenários de extrema emissão de GEE, projeções de concentração de CO₂ atmosférico de 550 e 770 ppm até o final do século, e incrementos médios na temperatura do ar de 3 e 5 °C, respectivamente (Souza et al., 2018).

Na Europa os impactos das mudanças climáticas na produção agrícola, são rigorosamente associados à demanda e à disponibilidade de fontes de água, como o aumento da demanda por água em todas as regiões em virtude da elevada evapotranspiração das culturas em resposta ao aumento da temperatura (Iglesias et al., 2012; Mizuni & Lopes, 2015). Nas demais regiões do mundo, as projeções semelhantes às esperadas para a Europa, com perspectivas de grandes impactos no setor agropecuário por ser o maior consumidor de água em todo o planeta, uma vez que a irrigação e a indústria respondem por 90% do consumo de água no mundo (Somerville & Briscoe, 2001; Mizuni & Lopes, 2015).

As projeções climáticas para o Brasil, indicam pequenos aumentos na temperatura do ar à superfície durante o Século XX, em compatibilidade com aquecimento global ocorrente, todavia, não há indicação clara de mudança nas precipitações pluviométricas, havendo apenas variabilidade climática nas escalas interanual e interdecadal, relacionada a variações nas interações dos oceanos tropicais com a atmosfera, como o fenômeno de aquecimento (El Niño) e resfriamento (La Niña) das águas do Oceano Pacífico Equatorial (Nobre, 2001).

A avaliação e projeções sobre o impacto social e econômico do tempo meteorológico e do clima sobre a agricultura, ao longo dos anos, são importantes a nível regional, estadual e nacional (Streck & Alberto, 2006). Entretanto, esses dados são de difícil experimentação, e sofrem limitação de equipamentos, mão-de-obra e de recursos financeiros (Andresen et al., 2001). Assim, o uso de modelos matemáticos que simplificam as interações que existem em agroecossistemas, sejam eles mecanísticos de elevada complexidade e número de coeficientes e/ou empíricos simples, são adotados para o estudo do impacto de mudanças nos elementos

meteorológicos e no clima sobre agroecossistemas (Monteith & Scott, 1982; Stapper & Harris, 1989; Streck & Alberto, 2006).

Em uma avaliação generalizada das simulações e projeções matemáticas da mudanças climáticas na produção agrícola Tao & Zhang (2011), apontam que os efeito das mudanças climáticas na produção agrícola variam de acordo com o cenário de emissão de gases de efeito estufa, do período analisado, do clima atual e das práticas de manejo adotadas de região para região. De acordo com Mizuni & Lopes (2015), essas informações de caráter regional são importantes para auxiliar agricultores e tomadores de decisões quanto às medidas de adaptação e mitigação, para que a produção agrícola não seja afetada negativamente, e possa atender a demanda futurista de alimentos, como também vislumbrar o aumento no preço dos alimentos previstos para o futuro próximo (Calzadilla et al., 2013).

O impacto das mudanças climáticas sobre à segurança alimentar representam importantes desafios para a população mundial e envolvem diretamente o setor agrícola (KASTNER *et al.*, 2012; NELSON *et al.*, 2014). O *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2014), aponta que os impactos negativos das mudanças climáticas sobre a produção agropecuária já estão sendo observados em diferentes regiões do planeta, como a redução da produtividade das culturas, uma vez que a demanda por alimento tende ao crescimento de 2% nas próximas décadas, sobretudo nos países em desenvolvimento, devido à expectativa de crescimento populacional e melhoria nas condições econômicas de diversos países (Schembergue et al., 2017). Entretanto, a busca por aumentar a produção de alimentos torna esse cenário preocupante, uma vez que o crescimento do setor agrícola contribui para intensificar a liberação de gases causadores de efeito estufa (GEE's) (BEDDINGTON *et al.*, 2012).

2.2 Impacto das Mudanças climáticas na região Nordeste do Brasil

Os estudos das mudanças climáticas no Brasil estão focados nas vulnerabilidades climáticas e em estratégias de adaptação à mudanças no clima, porém ainda são preliminares os estudo sobre os potenciais impactos da mudança do clima na produção agrícola do país. Embora a agricultura seja uma das principais fontes de emissão de gases de efeito estufa, essa atividade é altamente vulnerável à mudança do clima, como o aumento da temperatura global e a crescente variabilidade dos padrões de precipitação (Machado Filho et al., 2016).

A fim de ampliar os estudos dos impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura brasileira, a partir do IPCC-AR5, o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas para fins de estudos científicos das consequências das mudanças climáticas no Brasil, elaborou o Primeiro

Relatório de Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas (PBMC, 2014). Esse relatório prevê no período de 2041-2070 para região Nordeste do Brasil, onde predomina o bioma Caatinga, aumentos graduais nas temperatura de 1,5° a 2,5°C e diminuição entre 25% e 35% nos padrões de chuva.

O bioma da Caatinga é o que mais têm sofrido com as mudanças climáticas, pois as consequências das mudanças do clima parecem já confirmar as previsões do IPCC (Schmidt et al., 2018). O bioma Caatinga já apresenta 15% de sua cobertura ameaçada de desertificação em decorrência do uso inadequado de solo, baixo índice pluviométrico e elevado índice de aridez (Leal et al., 2005; Silva & França, 2018).

Atualmente 1.135 municípios presentes em nove estados do Nordeste fazem parte do Bioma Caatinga (BRASIL, 2005). Dentre os estados do Nordeste, o Rio Grande do Norte possui a maior área dimensional de semiaridez, com cerca de 93,4% de seu território afetado pela desertificação, que tem origem ecológica e antrópicas, como a variabilidade climática, a degradação do solo e da cobertura vegetal, o manejo inadequado do solo e queimadas (INSA, 2013).

Apesar do crescimento da economia brasileira estar ligado ao desempenho do agronegócio, principalmente no que diz respeito a produção de diversos gêneros agrícolas nas distintas regiões brasileiras, e, por esse mesmo motivo, nota-se que seu desenvolvimento é díspar entre as unidades da federação. Nesse contexto, o Nordeste do País é bastante dependente dos resultados advindos da atividade agrícola, fato esse muito potencializado pela produção agrícola familiar (Araújo et al., 2014). No entanto, o aumento na temperatura média do ar nas próximas décadas, traz alto risco a agricultura de sequeiro no semiárido brasileiro, sendo necessário a identificação de áreas que apresentam maior aptidão agrícola e menores riscos climáticos, como também estudos genéticos para a adaptação da cultura às novas condições climáticas (Campos et al., 2010; Silva et al., 2012).

2.3 Efeito da mudanças climáticas na fisiologia, evapotranspiração e produtividade das culturas agrícolas

Uma avaliação holística dos últimos anos mostra cada vez mais evidências das mudanças climáticas, a exemplo do aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera (CO₂), aumento da temperatura do ar, e alterações dos padrões do ciclo hidrológico (IPCC, 2007). Estudos apontam que essas mudanças influenciam diretamente os aspectos

fisiológicos, produtivos, hídricos e a eficiência do uso de água das plantas e, conseqüentemente, na necessidade de água das culturas agrícolas (Bezerra et al., 2015).

O aumento da concentração de CO₂ atmosférico potencializa o crescimento das plantas, pois o CO₂ é o substrato primário para fotossíntese, sendo as plantas com metabolismo C₃ mais beneficiadas pelo aumento de CO₂ atmosférico do que plantas com metabolismo C₄, uma vez que sua taxa fotossintética pode apresentar aumento de 30 a 60% em ambientes com concentrações de 600 a 700 ppm (partes por milhão) de CO₂ em relação à taxa de fotossíntese com 370 ppm de CO₂, ocorrente nos dias atuais (Streck & Alberto, 2006; Taiz et al., 2017). Entretanto, é verificado que altas concentrações de CO₂ induz a diminuição da transpiração, como consequência do fechamento estomático, afetando a taxa evapotranspirométrica das culturas (Bezerra et al., 2015). Além de que, o aumento da concentração de CO₂ quando associado a aumentos na temperatura do ar, poderá promover encurtamento do ciclo de desenvolvimento das culturas, fato que também afeta as taxas evapotranspirométricas (Siqueira et al., 2001; Streck & Alberto, 2006).

Os Graus-dias acumulados (GDA) são responsáveis por determinar a duração das fases fenológicas das culturas, e esses dependem da temperatura média do ar, assim, aumentos na média das temperaturas do ar propiciam diminuição na duração das fases fenológicas. Nessa projeção, a perspectiva é que o aumento da temperatura promova maior número de Graus-dias acumulados (GDA), e conseqüentemente as culturas completem seu ciclo de maneira mais rápida, havendo diminuição da evapotranspiração acumulada da cultura e da necessidade hídrica bruta (Bezerra et al., 2015).

Silva et al. (2012) avaliando os riscos climáticos para o cultivo do algodoeiro herbáceo na região nordeste do Brasil, concluíram que com aquecimento de 1,5 °C na temperatura média do ar, o cultivo do algodoeiro será favorável em regiões com maior oferta hídrica, todavia, em casos de aumento da temperatura média do ar acima de 1,5 °C torna-se fator limitante ao cultivo do algodoeiro na região, mesmo diante do aumento da oferta hídrica.

Bezerra et al. (2015) avaliando a necessidade hídrica bruta para a irrigação da palma forrageira frente aos cenários futuros de mudanças climáticas, B2 e A2, por meio da definição das relações entre as variáveis meteorológicas e o desenvolvimento da cultura, com a sua demanda de água concluíram que no cenário A2 em comparação ao B2, resultou as maiores necessidades de irrigação. Os autores verificaram que o aumento da temperatura do ar reduziu a duração do ciclo da palma forrageira em 12,03% e 17,89% para os cenários B2 e A2, respectivamente. E que o incremento do déficit de pressão de vapor ocasionado pelo aumento da temperatura, em conjunto com a elevação da concentração de dióxido de carbono na atmosfera e a redução do ciclo da cultura, promoveu diminuição da evapotranspiração da

palma forrageira entre 2,44% e 4,67% e entre 2,88% e 4,90% nos cenários B2 e A2, respectivamente.

Em estudo avaliando o desenvolvimento e necessidade hídrica do feijão-caupi sob condições de mudanças climáticas no semiárido brasileiro Cavalcante Junior et al. (2016), constataram que os aumentos da temperatura na região provocarão redução do ciclo de desenvolvimento da cultura de 14 e 23 dias considerando os cenários otimista e pessimista, respectivamente. As temperaturas se manterão muito acima do limite tolerado pela cultura, o que poderá repercutir negativamente no seu desenvolvimento e, em contrapartida, no rendimento. Ocorrerá diminuição na evapotranspiração total de 4,8% considerando-se o cenário mais otimista e de 8,7% no cenário mais pessimista.

Ao avaliar a necessidade hídrica da cultura do milho influenciada pelas mudanças climáticas no semiárido nordestino, Cavalcante Junior et al. (2018) constataram que as mudanças climáticas não aumentaram a demanda total de água da cultura do milho, embora tenham contribuído para a redução do ciclo de desenvolvimento da mesma. Os autores observaram diminuição de 3,0% na evapotranspiração total durante todo o ciclo da cultura, considerando o cenário mais otimista (B2), e de 4,4% no cenário mais pessimista (A2).

2.4 Aspectos gerais do meloeiro e da melanciaira

2.4.1 Cultivo do meloeiro

O meloeiro foi implantado no início da década de 60 no Brasil, com estabelecimento inicial nos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul, porém não se adaptou as condições subtropicais, e devido a sua adaptação as condições edafoclimáticas das regiões tropicais, na década de 80 seu cultivo foi transferido para região do Nordeste brasileiro, onde até os dias atuais predomina a produção da cultura, sendo esta região responsável por 94% da produção brasileira em 2014 (AGRIANUAL, 2015).

O meloeiro é pertencente à família Curcubitaceae, gênero *Cucumis* e espécie *Cucumis melo* L. e seu centro de origem é acreditam que sua origem seja da África (Whitaker & Davis, 1962). É uma planta anual, herbácea, trepadeira ou rasteira, com ramos laterais, podendo atingir até 3,0 m de comprimento, apresenta sistema radicular fasciculado, com crescimento abundante nos primeiros 0,3 m de profundidade do solo, de folhas em geral, grandes, palmadas pentalobadas, possuindo gavinhas nas axilas; e as flores podem ser monóicas, ginóicas, andromonóicas e hermafrodita, com ovário é ínfero, e devido o grão de pólen

apresentar certa viscosidade, necessita-se da abelha como polinizador (ARAÚJO, 1980; JOLY, 1993; PEDROSA, 1997).

Dentre as nove variedades botânicas do melão, atualmente os principais melões produzidos comercialmente pertencem a dois grupos: melões inodoros (*Cucumis melo inodorus* Naud.) e melões aromáticos (*Cucumis melo cantaloupensis* Naud.) (Menezes, et al., 2000). Os melões inodoros apresentam frutos de casca lisa ou levemente enrugada, com coloração amarela, branca ou verde escuro, com longo período pós-colheita e boa resistência ao transporte; os frutos têm cor da polpa variando de branco a verde-claro e geralmente apresentam elevado teor de açúcares. Os melões aromáticos, apresentam casca coberta com rendilhamento corticoso de coloração amarelada a esverdeada, são considerados nobres, possui maior valor nutritivo por ser considerado pouco calórico e boa fonte de sódio, potássio, vitamina C e beta-caroteno, porém apresenta baixa conservação pós-colheitas (COSTA et al., 2000).

É uma espécie exigente em altas temperaturas (entre 25 e 35°C) e se adapta facilmente à vários solos e clima, o que justifica o sucesso da cultura na região Nordeste do Brasil, que apresenta baixa pluviosidade ($< 650 \text{ mm ano}^{-1}$), porém seu cultivo na região detém de altas tecnologias por parte das empresas produtoras (MOURA et al., 2011). Entretanto, dentre os principais fatores que afetam a produtividade da cultura, o teor de água no solo e a concentração de sais solúveis, têm sido considerados como os mais importantes no manejo da irrigação em regiões semi-áridas (Figueiredo, 2008).

2.4.2 Cultivo da melanciaira

A melanciaira (*Citrullus lanatus* Schrad) é originária da África tropical, pertencente à família das cucurbitáceas, tem ciclo que varia de 80 a 110 dias e possui habito de crescimento rasteiro com ramificações que chegam a alcançar três metros de comprimento (CHAVES et al., 2013). A melancia é uma planta herbácea de ciclo anual, com sistema radicular é extenso e superficial predominando nos primeiros 60 cm do solo, o caule é rastejantes anguloso, estriado, pubescente, com gavinhas ramificadas e folhas profundamente lobadas. A espécie é monóica, sendo as flores solitárias, pequenas, de corola amarela, permanecem abertas durante menos de um dia, sendo polinizadas por insetos (ALMEIDA, 2003; SILVA, 2010). De acordo com Filgueira (2000), na região centro-sul, as cultivares atualmente utilizadas podem ser divididas em três grupos ou tipos, segundo o formato dos frutos e a presença de sementes, são eles: Tipo globular –frutos globular ou globular-alongado, com polpa de boa qualidade, com peso de 10 a 13 kg; Tipo alongado –frutos cilíndricos, com peso de 12 a 15 kg; Tipo sem

semente – são híbridos auto-estéreis de frutos tipo globular, com polpa vermelha-viva, com peso de 5 a 8 kg atualmente as produz frutos menores (2 – 4 kg).

O cultivo da melancieira tem expressiva importância no agronegócio brasileiro e, nas diferentes regiões, pode ser conduzida sob condições irrigadas ou de sequeiro, destacando-se como maiores produtores os estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Bahia, Rio Grande do Norte e Tocantins (TAVARES et al., 2018). As principais cultivares existentes no Brasil são de origem americana e japonesa, destacando-se Charleston Gray, Crimson Sweet, Sugar Baby, Jubilee, Fairfax, Flórida Gigante, Omaru Yamato, além de alguns híbridos que estão no mercado, como Crimson Glory, Emperor, Eureka, Rubi AG-8 e Safira AG-124 (Silva, 2010).

No estado do Rio Grande do Norte, mais precisamente no polo agrícola Assú-Mossoró, o cultivo da melancia deixou de ser uma cultura explorada apenas em sequeiro, e passou a ser uma atividade tecnificada, com emprego da irrigação, praticada por pequenos, médios produtores e empresas, destinando-se a produção a grandes mercados tanto no âmbito nacional como internacional (Grangeiro et al., 2005).

2.5 Influência dos fatores climáticos sobre as culturas do melão e melancia

2.5.1 Melão

O clima influencia na adaptabilidade do meloeiro a diferentes regiões. Os fatores climáticos, como a temperatura, a umidade relativa, a precipitação e a radiação solar exercem influência no crescimento, desenvolvimento, qualidade dos frutos e produtividade do melão. O Semiárido brasileiro é uma região caracterizada por altos valores de radiação solar, elevadas temperaturas e pela irregularidade no regime pluviométrico, com concentração de chuvas nos quatro primeiros meses do ano. Assim, no Nordeste brasileiro, as temperaturas elevadas, associadas à alta radiação solar, baixa umidade relativa do ar e os baixos índices de precipitação, distribuídos em uma estação chuvosa bem definida, proporcionam as condições climáticas favoráveis e necessárias ao desenvolvimento do meloeiro, assegurando frutos de ótima qualidade.

O meloeiro é uma planta típica de regiões de clima quente, necessitando, para o seu desenvolvimento e produção, de temperatura acima de 20 °C. A temperatura do ar afeta a maioria dos processos bioquímicos ou fisiológicos das plantas e para cada espécie existe um ótimo de amplitude térmica e temperaturas máximas e mínimas, além das quais a planta não desenvolve satisfatoriamente. É o principal fator climático que afeta a cultura do melão, desde a germinação das sementes até a qualidade final do produto. Em regiões de clima quente e

seco, os frutos apresentam teor de açúcar acima de 10 °Brix, além de sabor agradável, mais aroma e maior consistência, características desejáveis para comercialização, principalmente para o mercado externo. As faixas de temperatura, nos diferentes estádios fenológicos da cultura, são: para a germinação, a temperatura pode variar de 18 °C a 45 °C, situando-se a ideal entre 25 °C e 35 °C; para o desenvolvimento da cultura, a faixa ótima é de 25 °C a 30 °C (abaixo de 12° C, seu crescimento é paralisado); para a floração, a temperatura ótima situa-se entre 20 °C e 23 °C. Temperaturas elevadas, acima de 35 °C estimulam a formação de flores masculinas e acima de 37 °C a 38 °C ocasionam problemas na maturação (EMBRAPA, 2010).

A faixa de umidade relativa do ar ótima para o melão situa-se entre 65% e 75%, valores acima de 75% promovem a formação de frutos de baixa qualidade e propiciam a presença de doenças na cultura. Os melões produzidos nessas condições são pequenos e de sabor inferior, geralmente com baixo teor de açúcares, devido à ocorrência de doenças fúngicas que causam queda de folhas. Por outro lado, valores inferiores a 65%, pode favorecer o surgimento da principal doença fúngica que acomete as cucurbitáceas na região nordeste, que são os Oídios (Brandão Filho & Vasconcelos, 1998).

2.5.2 Melancia

As cucurbitáceas se adaptam bem às zonas quentes e semiáridas, com alta luminosidade e temperaturas do ar entre 18 °C a 30°C, não tolerando temperaturas abaixo de 10 °C. A melhor época para o desenvolvimento da melancia é durante o período seco, pois nos períodos úmidos ela é mais suscetível a doenças. Entre as cucurbitáceas, a melancia é uma das espécies menos tolerantes a baixas temperaturas, principalmente durante a germinação das sementes e emergência, sendo uma cultura tipicamente de clima quente. As cultivares triploides — sem sementes — são mais exigentes em temperatura do ar que as demais, apresentando maiores problemas de germinação. Um clima quente e seco favorece a formação de frutos de melancia com excelentes qualidades organolépticas. Ao contrário, em condições de umidade relativa do ar alta e baixa insolação, os frutos formados são de má qualidade. Além disso, os níveis de temperatura do ar também afetam significativamente o ciclo da melancia.

A temperatura ideal para o desenvolvimento da melancia situa-se entre 25 e 32°C. Tendo seu desenvolvimento vegetativo paralisado em temperatura de 11 °C a 13 °C ou inferiores. Contudo, não permanecendo por muitos dias sob tais condições de temperatura, a planta voltará a crescer. A temperatura do ar ideal para o seu desenvolvimento deve estar em

torno de 25 °C. A temperatura também influencia na incidência de doenças, temperaturas mais amenas favorecem a incidência de doenças como fusariose (*Fusarium oxysporum* f. sp. niveum), cancro das hastes (*Didymella bryoniae*), oídio (*Shaerotheca fuliginea*) e míldio (*Pseudoperonospora cubensis*). Sob temperatura do ar elevada (acima de 35 °C), a formação de flores masculinas é estimulada, afetando, dessa forma, a produtividade da cultura. A associação de altas temperaturas e ventos provoca elevada taxa de transpiração, aumentando a pressão interna dos frutos e ocasionando a ruptura da casca dos frutos nos pontos mais fracos. A produtividade da cultura depende diretamente da eficiência da polinização que, em condição natural, é feita por abelhas. A maior atividade destas ocorre em temperaturas altas — entre 21 °C a 39 °C —, com ótimo entre 28 ° e 30 °C. Assim, de forma indireta, a temperatura também pode afetar a produtividade (EMBRAPA, 2010).

A umidade relativa do ar ótima para a cultura da melancia, de forma geral, situa-se entre 60% e 80%, sendo um fator determinante durante a floração, uma vez que, associada a temperaturas mais amenas, favorece a uma melhor fertilização das flores e um maior número de flores femininas (Rezende et al., 2010). Valores elevados de umidade relativa favorecem a ocorrência de doenças fúngicas, resultam em desfolha precoce das plantas, reduzindo a fotossíntese e afetando diretamente a produtividade e a qualidade dos frutos, que se tornam aguados e com baixo teor de açúcares. A alta umidade relativa do ar, sobretudo quando associadas a temperaturas elevadas, favorecem ao desenvolvimento de várias doenças, como alternaria (*Alternaria cucumerina*), mofo-branco (*Sclerotium rolfsii*) e de alguns distúrbios fisiológicos, como é o caso do rachamento de frutos.

2.6 Evapotranspiração e coeficiente de cultura

O termo evapotranspiração (ET) é empregado para designar o processo de evaporação e transpiração ocorrendo simultaneamente (Rocha et al., 2011). Dessa forma, a evapotranspiração de uma cultura (ET_c) consiste na perda simultânea de água do solo e transpiração das plantas, sendo sua quantificação essencial para estabelecer estratégias de manejo dos recursos hídricos e edáficos de forma racional e sustentável.

Os fatores que afetam as taxas de evapotranspiração dos cultivos agrícolas podem ser enquadrados em três categorias: fatores climáticos, fatores da planta e fatores do solo. Em relação aos elementos climáticos, podem ser citados a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, a radiação solar, o vento e a chuva, como sendo os principais elementos que afetam a taxa de evapotranspiração. De forma geral, para uma região quanto maior a disponibilidade de energia solar, a temperatura do ar e o vento e quanto menor a umidade relativa do ar, maior

deverá ser a taxa de evapotranspiração (Cunha & Escobedo, 2003; Evangelista & Pereira, 2003; Fietz & Fisch, 2009). Assim, a taxa de evapotranspiração está diretamente ligada ao déficit de pressão de vapor (DPV), onde à medida que a temperatura do ar decresce, ocorrem aumento na umidade relativa e queda na evapotranspiração (Medeiros, 2003).

Existem diversos métodos para determinar a E_{Tc} , alguns mais adequados que outros em termos de precisão ou custo, ou para escalas de tempo e espaço. A ET pode ser determinada através de medidas de evaporação de tanques, de técnicas baseadas no balanço de energia à superfície ou o balanço de massa, de equações empíricas de diversos níveis de complexidade, de correlação de vórtices turbulentos ou de métodos combinados.

A utilização de lisímetros de pesagem tem sido classificada como ferramenta padrão em estudos de “perda” de água das culturas. Sendo, segundo Rocha et al. (2003), o método mais exato na determinação da evapotranspiração das culturas. Os lisímetros de pesagem determinam diretamente a evapotranspiração pela variação da massa de um volume de solo vegetado e confinado por paredes impermeáveis durante um intervalo de tempo. Mais recentemente, a variação da massa do lisímetro tem sido medida por células de carga que alteram uma corrente variando sua resistência em função de micro deformação causada pela variação da massa sustentada. Para Silva (1996), a acurácia desses sistemas depende das características da célula de carga e do sistema de armazenamento/processamento de dados. Os lisímetros, quando bem instalados, possibilitam medidas precisas da evapotranspiração, principalmente quando os mesmos são preenchidos corretamente, pois, dessa forma, as camadas de solo no seu interior assemelham-se o máximo possível às camadas de solo da área externa (Silva, 2003).

Dentre as várias definições de evapotranspiração existentes na literatura temos a evapotranspiração de referência (E_{To}) que, segundo Doorenbos & Pruitt (1977), consiste na evapotranspiração de uma extensa superfície vegetada com vegetação rasteira (normalmente gramado), em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo, com altura entre 8 e 15 cm ($IAF \sim 3$), sem restrição hídrica e com ampla área de bordadura para evitar a advecção de calor sensível (H) de áreas adjacentes. A Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem (ICID) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), consideram o método de Penman Monteith como padrão de cálculo da evapotranspiração de referência, a partir de dados meteorológicos (Allen et al., 2006).

Segundo Pereira et al. (2002), uma das formas mais utilizadas no mundo para determinação do consumo de água pelas culturas é por meio da determinação da evapotranspiração da cultura pelo processo que se desenvolve em duas etapas: primeiramente, calcula-se a evapotranspiração de referência (E_{T_o}) a partir de dados meteorológicos e,

posteriormente, multiplica-se o valor de E_{To} por um coeficiente denominado coeficiente de cultura (K_c). O coeficiente de cultura (K_c) é um parâmetro adimensional, que representa a razão entre a E_{Tc} e a E_{To} (Sediyama et al., 1998). Sendo um parâmetro que varia de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura, com o clima e as práticas agrônomicas adotadas. Para a maioria das culturas, o valor de K_c sai de um valor mínimo na fase inicial de desenvolvimento até um valor máximo quando a cultura atinge seu pleno desenvolvimento e decresce a partir do início da maturação (Oliveira, 2003). Segundo Bernardo et al. (2009), quanto maior a demanda evapotranspirativa local e/ou quanto mais sensível for a planta ao déficit de água no solo, maior será o valor do K_c . Uma vez que a E_{To} representa um índice climático da demanda evaporativa, o K_c varia, essencialmente, de acordo com as características da cultura, traduzindo em menor escala a variação dos elementos climáticos, podendo variar com a textura e o teor de água do solo, com a profundidade e densidade radicular e com as características fenológicas da planta. Os dados de K_c apresentados na literatura podem servir de referencial supondo que, na região onde está instalada a cultura, não tenha os dados locais. No entanto, a estimativa de K_c , para as condições reais da área onde está implantada a cultura, é desejável devido às variabilidades climáticas e diferentes práticas agrônomicas adotadas em cada região.

2.7 Graus dia (GD)

A duração de cada estágio vegetativo de uma cultura varia com a espécie e as condições climáticas. Entre estas, a temperatura e as condições hídricas são as mais importantes no desenvolvimento e no estabelecimento das culturas. Em cultivos irrigados, as condições térmicas assumem maior importância, já que as necessidades hídricas são supridas pela irrigação (Mota, 1986).

Independentemente de quão favorável possam ser as condições de radiação solar, a planta não se desenvolve ou se desenvolve a taxas muito reduzidas quando a temperatura cai abaixo de um valor mínimo (Fox Jr. et al., 1992) ou a planta não se desenvolve ou se desenvolve a taxas muito reduzidas quando excede um valor máximo (Volpe, 1992). Entre estes limites, existe um ótimo de temperatura no qual o crescimento se dá com maior rapidez. Estes três valores são conhecidos como temperaturas cardiais. A complexidade fisiológica da planta impede a determinação precisa destas temperaturas. Contudo, é possível encontrar, na literatura, resultados de pesquisas com faixas de valores aproximados da espécie cultivada.

Existem vários métodos que relacionam o grau de desenvolvimento de uma cultura com a temperatura do ar, sendo o mais empregado o das unidades térmicas ou graus-dia. Grau

dia é definido como o acúmulo diário da energia que se situa acima da condição mínima e abaixo da máxima exigida pela planta (Ometto, 1981). A condição mínima ou máxima é definida como temperatura-base e a energia acumulada nesse intervalo de condição (graus-dia ou soma térmica) é a energia necessária para a planta completar determinada fase fenológica ou, mesmo, o seu ciclo total de desenvolvimento.

Existem diferentes metodologias para determinação dos graus dia, dentre elas, a de Ometto (1981), vêm sendo bastante utilizada, neste método a soma térmica apresenta cinco condicionantes, cada uma com determinada equação para cálculo de GD, tendo como dados de entrada: temperatura basal inferior (T_b), temperatura basal superior (T_B), temperatura mínima (T_m) e temperatura máxima (T_M). Segundo Renato et al. (2013) é a mais indicada para as simulações, principalmente em cenários de mudanças climáticas que projetam maiores incrementos da temperatura do ar, pois nesta metodologia utilizam-se as temperaturas basais superior e inferior e considera-se uma penalização maior em dias em que a temperatura máxima ultrapassa a temperatura basal superior.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de coeficientes de cultura (Kc), bem como das variáveis climáticas (temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação global), foram obtidos de experimentos instalados no município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte. A classificação climática do município, de acordo com a classificação de Köppen, é tipo BSh, clima semiárido seco (Alvares et al., 2014). Segundo Carmo Filho & Oliveira (1995), a temperatura média da região é de 27,4°C, precipitação pluviométrica anual muito irregular, com média de 673,9 mm e umidade relativa do ar de 68,9%.

Os cultivos foram conduzidos na Fazenda Experimental Rafael Fernandes pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (latitude: 5° 03' 37" S; longitude: 37° 23' 50" W; e altitude de 72 m), o solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico (EMBRAPA, 1999).

3.1 Meloeiro

O primeiro experimento foi realizado de dezembro de 2006 a fevereiro de 2007, avaliando o meloeiro (*Cucumis melo* L.) tipo Honey Dew, cultivar Orange flesh, híbrido "County", que pertence ao grupo *Cantalupensis*, melões aromáticos (frutos de formato redondo, com casca lisa de coloração creme e polpa laranja-escura com cavidade interna pequena, e peso médio de 1,5 a 1,8 kg). O espaçamento utilizado foi 2,0 x 0,3 metros entre plantas, totalizando 16.667 plantas por hectare, sendo a cultura conduzida sobre o mulch (filme de polietileno preto-branco, sendo a face branca voltada para cima), colocado previamente nos camalhões, os quais foram preparados com gradagem. O ciclo da cultura foi de 71 dias, sendo realizadas colheitas aos 55, 61 e 71 dias após o transplântio. A lâmina total de irrigação durante o ciclo da cultura foi de 205,0 mm (Figueirêdo, 2008).

No segundo experimento, realizado de outubro a dezembro de 2008, utilizou-se o melão tipo Gália híbrido "Néctar", pertencente ao grupo *Cantalupensis*, melões aromáticos (os frutos apresentam formato arredondado, casca bem rendilhada, polpa de coloração verde e peso médio de 0,8 kg a 1,2 kg). Foi utilizado o espaçamento 2,0 x 0,4 m entre plantas, totalizando 12.500 plantas por hectare. A cultura foi conduzida sobre o mulch (filme de polietileno preto-branco, sendo a face branca voltada para cima), colocado previamente nos camalhões, os quais foram preparados com aração e gradagem. O ciclo da cultura foi de 61 dias, contados a partir do transplântio, sendo as colheitas realizadas aos 54 e 61 dias após

transplante. A lâmina total de irrigação foi de 327,4 mm durante todo o período de cultivo (Melo, 2009).

A área foi irrigada por meio de um sistema de irrigação localizada por gotejamento, com uma linha lateral por cada fileira de planta e emissores com vazão de 1,1 e 1,3 L h⁻¹ a uma pressão de 100 kPa, por gotejador, para os experimentos 1 e 2, respectivamente.

A determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c), em suas diferentes fases, foi realizada por meio de lisímetros de pesagem, com dimensões de 1,5 x 1,8 m (área de 2,70 m²) e 0,9 m de profundidade. Cada lisímetro era posicionado sobre uma balança eletrônica de precisão, ligada a um elemento sensível (célula de carga), acoplado a um sistema de aquisição de dados (datalogger: modelo CR23X, da Campbell Scientific) (Anexo I). O esquema detalhado do conjunto lisimétrico instalado na área dos experimentos pode ser visualizado no Anexo II. Antes do transplante da cultura foi feita a calibração dos lisímetros, para posterior conversão da leitura feita pelo datalogger, dada em mili volts (mV), para massa (kg). Para isto, foi realizada a adição unitária e sucessiva, e posterior subtração, de massas-padrão, com peso conhecido, sobre a superfície do lisímetro, efetuando-se simultaneamente as medições com leituras correspondentes no sistema de aquisição de dados, de forma a coletar valores para aferição posterior.

Para determinação da ET_c das culturas, foi utilizada a metodologia recomendada por Silva (2003), sendo assim, todas as leituras do lisímetro foram analisadas diariamente para que ocorrências de chuva, irrigação ou drenagem do volume de solo controlado fossem identificadas e desconsideradas do cálculo da ET_c. Uma vez realizado esse procedimento diário, a massa foi obtida pela conversão do sinal elétrico, utilizando a equação de calibração, e a lâmina evapotranspirada obtida pela relação entre a massa e a área ocupada pelas plantas do lisímetro (1,6 x 2,0 m).

3.2 Melanciaira

O primeiro experimento foi realizado de fevereiro a abril de 2006, avaliando a melanciaira (*Citrullus lanatus* S.) cultivar Mickylee. Essa cultivar tem ciclo em torno de 60 a 80 dias, frutos pequenos (5 a 7 kg) de formato redondo, de casca verde clara com reticulatos verde escuro e poupa avermelhada. O espaçamento utilizado foi 2,0 x 0,4 metros entre fileiras e plantas, respectivamente, totalizando 12.500 plantas por hectare. O ciclo da cultura foi de 78 dias, sendo a colheita realizada aos 78 dias após o transplante. A lâmina total de água aplicada via irrigação durante todo o período de cultivo foi de 94,6 mm (Figueirêdo, 2008).

No segundo experimento, realizado de setembro a novembro de 2009, utilizou-se a melancia cultivar Quetzali, que é uma variedade precoce, com ciclo de 60 a 70 dias, peso variando de 2,5 a 6,0 kg, cor da casca verde com estrias escuras e finas, polpa vermelha e com poucas sementes. Foi utilizado o espaçamento 2,0 x 0,5 m entre fileiras e plantas, respectivamente, totalizando 10.000 plantas por hectare. A cultura foi conduzida sobre o mulch (filme de polietileno preto-branco, sendo a face branca voltada para cima). O ciclo da cultura foi de 63 dias, contados a partir do transplante, sendo a colheita realizada aos 63 dias após transplante (Silva, 2010).

A área foi irrigada por meio de um sistema de irrigação localizada por gotejamento, com uma linha lateral por cada fileira de planta e emissores com vazão de 1,65 e 1,3 L h⁻¹ a uma pressão de 100 kPa, por gotejador, para os experimentos 1 e 2, respectivamente.

A determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c), em suas diferentes fases, foi realizada por meio de lisímetros de pesagem, com dimensões de 1,5 x 1,8 m (área de 2,70 m²) e 0,9 m de profundidade. Cada lisímetro era posicionado sobre uma balança eletrônica de precisão, ligada a um elemento sensível (célula de carga), acoplado a um sistema de aquisição de dados (datalogger: modelo CR23X, da Campbell Scientific) (Anexo I). O esquema detalhado do conjunto lisimétrico instalado na área dos experimentos pode ser visualizado no Anexo II. Antes do transplante da cultura foi feita a calibração dos lisímetros, para posterior conversão da leitura feita pelo datalogger, dada em mili volts (mV), para massa (kg). Para isto, foi realizada a adição unitária e sucessiva, e posterior subtração, de massas-padrão, com peso conhecido, sobre a superfície do lisímetro, efetuando-se simultaneamente as medições com leituras correspondentes no sistema de aquisição de dados, de forma a coletar valores para aferição posterior.

Para determinação da ET_c das culturas, foi utilizada a metodologia recomendada por Silva (2003), sendo assim, todas as leituras do lisímetro foram analisadas diariamente para que ocorrências de chuva, irrigação ou drenagem do volume de solo controlado fossem identificadas e desconsideradas do cálculo da ET_c. Uma vez realizado esse procedimento diário, a massa foi obtida pela conversão do sinal elétrico, utilizando a equação de calibração, e a lâmina evapotranspirada obtida pela relação entre a massa e a área ocupada pelas plantas do lisímetro (1,6 x 2,0 m).

3.3. Análises experimentais

Para efeito do cálculo dos coeficientes de cultura médios, o ciclo da cultura foi dividido em quatro fases fenológicas, definidas de acordo com Allen et al. (2006), da seguinte forma: I)

fase inicial: do plantio até 10% de cobertura do solo; II) fase de crescimento: do final da fase inicial até 80% de cobertura do solo; III) fase intermediária: do estabelecimento da cobertura total do solo até o início da maturação; e IV) fase final: final da fase III até a colheita.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO (ALLEN et al., 2006) (Equação 1). Os dados meteorológicos necessários para a determinação da ET_o (temperaturas médias, máxima e mínimas; umidade relativa do ar máxima e mínima; velocidade do vento e radiação global) foram obtidos de estações meteorológicas automáticas instaladas nas áreas experimentais (Anexo III).

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T_{med} + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

Onde: ET_o - evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹; Δ - declividade da curva de pressão de saturação de vapor, kPa °C⁻¹; γ - Constante psicrométrica, kPa °C⁻¹; Rn - Saldo de radiação, MJ m⁻² dia⁻¹; G - fluxo de calor no solo, MJ m⁻² dia⁻¹; T_{med} - temperatura média do ar diária a 2 m de altura, °C; U₂ - velocidade do vento a 2 metros, m s⁻¹; e_a - pressão atual de vapor, kPa e; e_s - pressão de saturação de vapor, kPa.

A declividade da curva da pressão de vapor (Δ) em função da temperatura no ponto de T_{med} foi definida como:

$$\Delta = \frac{(4098e_s)}{(t + 237,3)^2} \quad (2)$$

A constante psicrométrica (γ) foi calculada, por:

$$\gamma = 0,0016286 \frac{P}{\lambda} \quad (3)$$

onde: P- pressão atmosférica, kPa; λ- calor latente de evaporação, MJ kg⁻¹.

Sendo o calor latente de evaporação (λ) dado pela seguinte equação:

$$\lambda = 2,501 - (2,361 * 10^{-3})T \quad (4)$$

onde: T: temperatura média diária, °C.

A pressão de saturação de vapor foi calculada de acordo com o Boletim da FAO 56 (Allen et al., 2006), pela equação:

$$e_s = \frac{(e_{s \text{ max}} + e_{s \text{ min}})}{2} \quad (5)$$

sendo:

$$e_s = 0,6108 \exp\left(\frac{17,27t}{237,3+t}\right) \quad (6)$$

A pressão atual de vapor (e_a) é dada por:

$$e_a = \left(\frac{e_{s \text{ min}} UR_{\text{max}} + e_{s \text{ max}} UR_{\text{min}}}{2}\right) \quad (7)$$

sendo: UR_{max} - umidade Relativa máxima, decimal; UR_{min} - umidade Relativa mínima, decimal.

O fluxo de calor no solo (G) quase sempre é desprezado por apresentar um valor muito pequeno em relação a R_n na escala diária, o que foi considerado nos trabalhos.

A radiação líquida (R_n) em $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ foi estimada pela equação:

$$R_n = R_{ns} + R_b \quad (8)$$

onde: R_{ns} - saldo de radiação de ondas curtas, $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$; R_b - saldo de radiação de ondas longas, $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

O saldo de radiação de ondas curtas (R_{ns}) e ondas longas (R_b) foram calculados pelas equações 9 e 10, respectivamente.

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s \quad (9)$$

onde: α - albedo da superfície (0,23); R_s - radiação solar global, $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

$$R_b = (0,34 - 0,14\sqrt{ea}) \sigma \left(\frac{T_{\text{max},k}^4 + T_{\text{min},k}^4}{2}\right) \left(1,35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0,35\right) \quad (10)$$

onde: σ - constante de Stefan-Boltzmann, $4,903 \cdot 10^{-9} \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$; T_{max} - temperatura máxima diária absoluta, K; T_{min} - temperatura mínima diária absoluta, K.

Sendo R_{so} a radiação solar em um dia claro, dada pela seguinte equação:

$$R_{so} = (0,75 + 0,00002z)Ra \quad (11)$$

onde: z - altitude local, m; R_a - radiação solar total no topo da atmosfera, $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$.

A radiação solar total no topo da atmosfera (R_a) é expressa através da equação:

$$R_a = 37,586dr(\omega_s \text{sen} \varphi \text{sen} \delta + \cos \varphi \cos \delta \text{sen} \omega) \quad (12)$$

sendo: dr - distancia relativa terra-sol; ω_s - ângulo horário do pôr do sol, rad; φ - latitude local, rad; δ - declinação solar, rad.

A distância relativa terra-sol (dr) é dada por:

$$dr = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right) \quad (13)$$

sendo: J - dia Juliano.

O ângulo horário do por do sol pode ser expresso da forma mostrada na equação:

$$\omega_s = \arccos(-\tan \varphi \tan \delta) \quad (14)$$

A declinação solar (δ) é calculada como apresentada na equação

$$\delta = 0,40938 \text{sen}\left(\frac{2\pi}{365} J - 1,39\right) \quad (15)$$

Observou-se, durante o período de cultivo do melão Honey Dew: híbrido “County”, que as temperaturas médias absolutas variaram de 23,6 a 28,7 ° C, com média de 27,6° C. Já para as temperaturas máximas e mínimas absolutas foram encontrados os valores médios de 33,6° C e 23,4° C, respectivamente. Com relação à umidade relativa do ar, o valor médio foi de 67,2%, e os valores médios da umidade relativa máxima e mínima foram de 84,2% e 40%, respectivamente (Figura 1A). A radiação solar global variou de 8,8 a 26,8 $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$, com média de 20,8 $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ durante o ciclo da cultura. A mesma figura apresenta a variação da velocidade média do vento, que variou de 1,0 a 3,6 m s^{-1} , com média de 2,6 m s^{-1} durante o ciclo da cultura (Figura 1B) (Figueirêdo, 2008). A precipitação pluviométrica total ocorrida durante o período de cultivo foi de 266,41 mm.

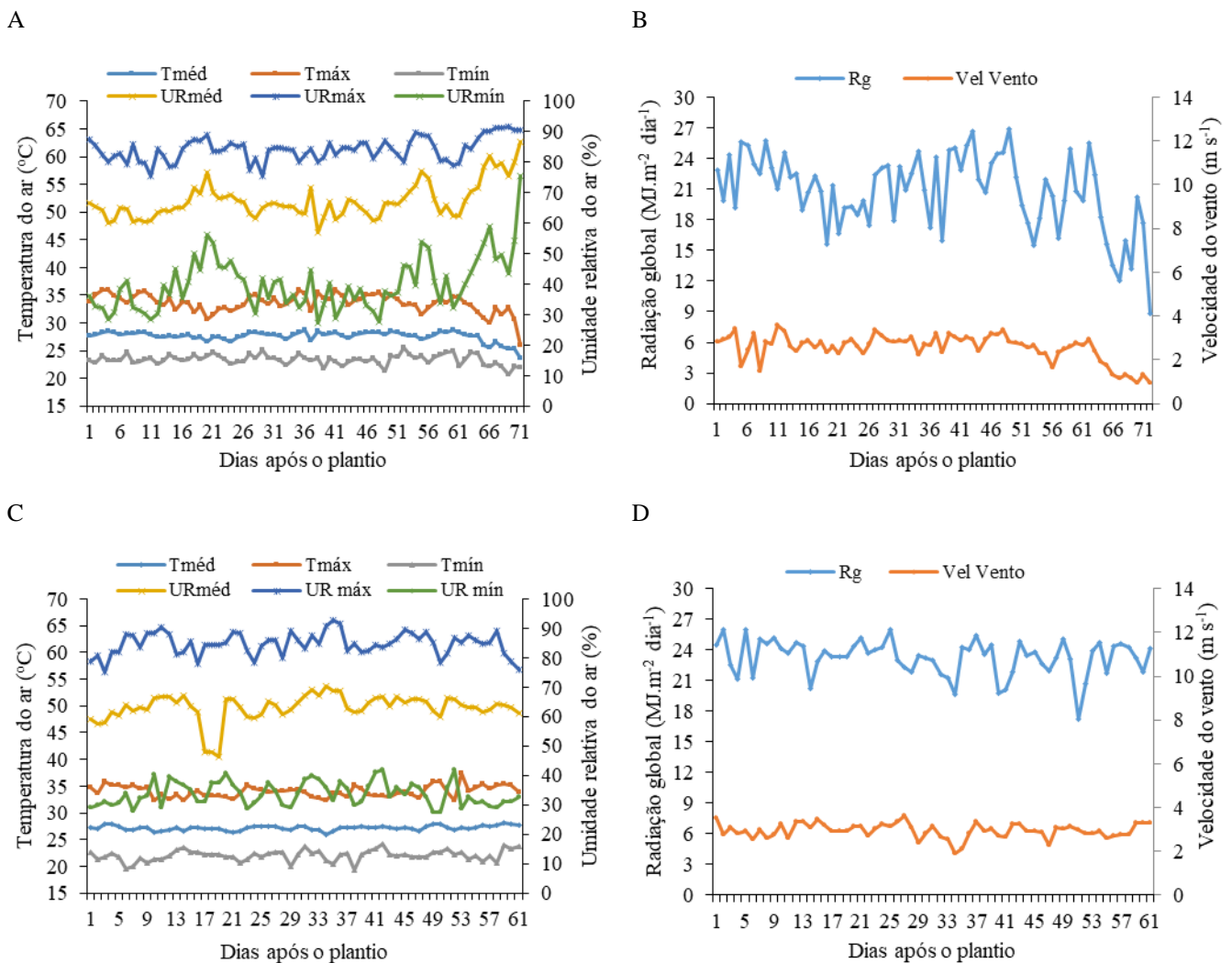


Figura 1. Dados meteorológicos durante o período de cultivo do meloeiro tipo Honey Dew, híbrido “County” (A e B) e tipo Gália híbrido “Néctar” (C e D)

Na Figura 1C, pode-se observar o comportamento da temperatura do ar média, máxima e mínima absoluta ao longo do ciclo do melão tipo Gália: híbrido “Néctar”, com valores médios de 27,2; 37,4 e 19,3°C, respectivamente. Na mesma figura, encontra-se a umidade relativa do ar, que variou de 46,3 e 70,3% entre s valores médios, com média de 63,1%. Já entre os valores máximos e mínimos foram verificados os valores médios de 84,7 e 33,8%, respectivamente. A radiação solar global média variou entre 17,2 e 26,0 MJ m⁻² dia⁻¹, com média, durante o ciclo da cultura, de 23,3 MJ m⁻² dia⁻¹. Em relação à velocidade do vento, ocorreram variações entre os valores médios de 1,93 a 3,6 m s⁻¹ e média de 3,0 m s⁻¹, (Figura 1D) (Melo, 2009). Durante todo ciclo da cultura praticamente não se verificou ocorrência de precipitação, havendo apenas uma pequena chuva aos 34 DAT, onde se mediu um volume de 1,0213 mm.

Observou-se, durante o período de cultivo da melancia “Michylle”, que as temperaturas médias absolutas variaram de 24,8 a 29,5 °C, com média de 27,0°C. Já para as

temperaturas máximas e mínimas absolutas foram encontrados os valores médios de 32,9° C e 23,3° C, respectivamente. Com relação à umidade relativa do ar, houve variação entre 60,8 e 86,7%, com valor médio de 75,9%, e os valores médios da umidade relativa máxima e mínima foram de 90,7% e 47,5%, respectivamente (Figura 2A). Na figura 2B, observa-se a radiação solar global variou de 9,9 a 25,9 MJ m⁻² dia⁻¹, com média de 19,3 MJ m⁻² dia⁻¹ durante o ciclo da cultura. A mesma figura apresenta a variação da velocidade média do vento, que variou de 0,3 a 3,0 m.s⁻¹, com média de 1,5 m.s⁻¹ durante o ciclo da cultura (Figueirêdo, 2008). A precipitação pluviométrica total ocorrida durante o período de cultivo foi de 826,52 mm.

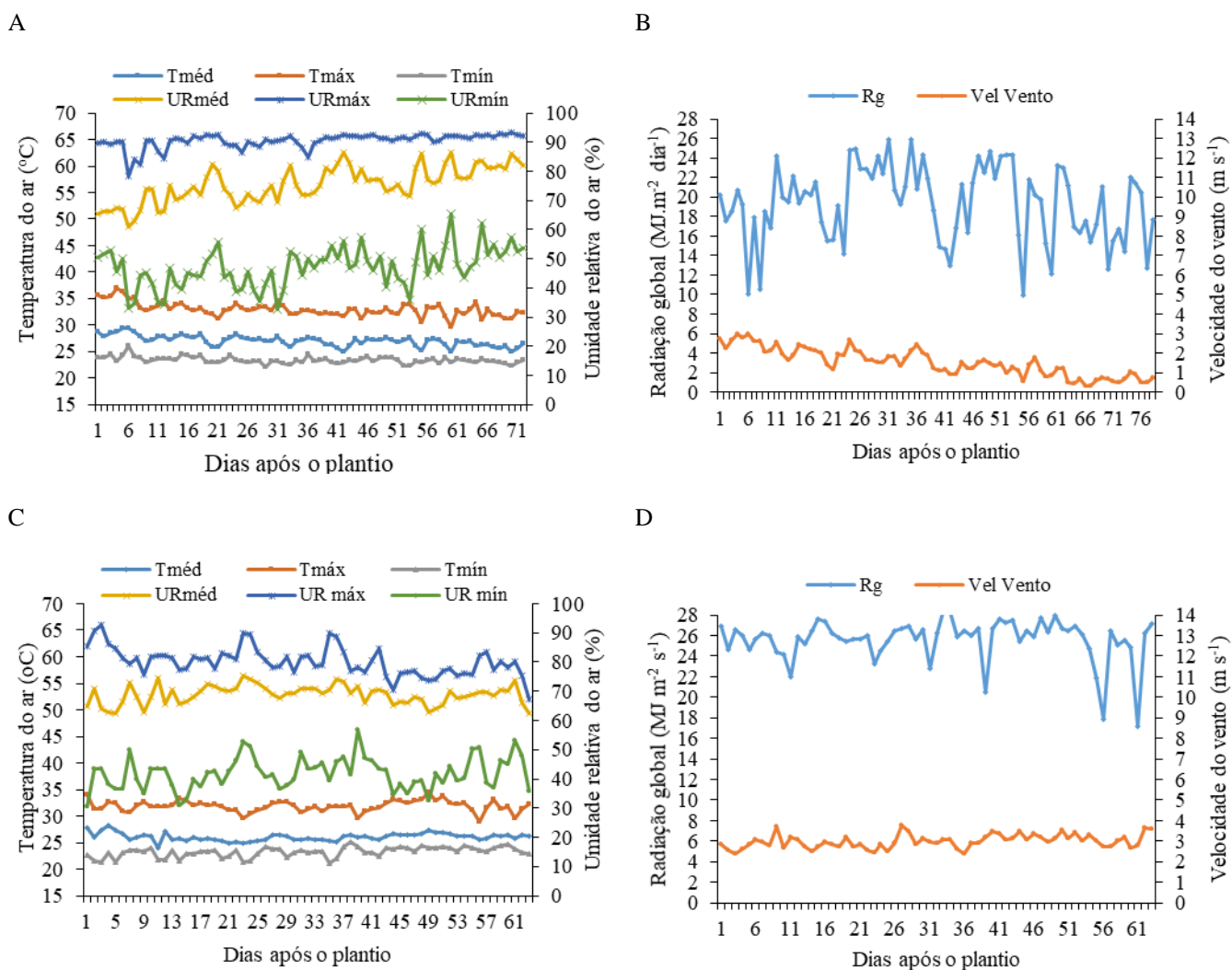


Figura 2. Dados meteorológicos durante o período de cultivo da melanciaira cultivar “Mickylee” (A e B) e cultivar “Quetzali” (C e D)

Durante o ciclo da cultivar “Quetzali”, a temperatura do ar média diária variou de 23,9 a 28,1 °C, com média de 26,1 °C, já os valores médios da temperatura do ar mínimas e máximas foram de 23,2 e 31,9 °C, respectivamente (Figura 2C). Na mesma figura, estão os valores de umidade relativa média, que variou de 62,2 a 75,2%, com valor médio durante o período de 68,8%, e os valores médios da umidade relativa máxima e mínima foram de 80,2% e 41,9%, respectivamente. Na figura 2D encontra-se os valores de radiação solar global, que variou de 17,2 a 28,3 MJ m⁻² dia⁻¹, com média de 25,6 MJ m⁻² dia⁻¹. Na mesma figura observa-se a variação da velocidade média do vento que foi de 3,0 m s⁻¹, com variações entre 2,4 e 3,8 m s⁻¹ ao longo do ciclo da cultivar. Durante o período de cultivo praticamente não ocorreram chuvas, sendo o total precipitado de 0,58 mm, ocorridas aos 53 DAT (0,15 mm) e 61 DAT (0,43 mm) (Silva, 2010).

Para determinação dos graus dias acumulados foi utilizada a metodologia de Ometto (1981), que segundo Renato et al. (2013) é a mais indicada para as simulações, principalmente em cenários de mudanças climáticas que projetam maiores incrementos da temperatura do ar, pois nesta metodologia utilizam-se as temperaturas basais superior e inferior e considera-se uma penalização maior em dias em que a temperatura máxima ultrapassa a temperatura basal superior. Neste método a soma térmica apresenta cinco condicionantes, cada uma com determinada equação para cálculo de GD (Eqs. 16 a 20):

$$1) TB > TM > Tm > Tb$$

$$GD = \frac{TM - Tm}{2} + Tm - Tb \quad (16)$$

$$2) TB > TM > Tb > Tm$$

$$GD = \frac{(TM - Tm)^2}{2(TM - Tm)} \quad (17)$$

$$3) TB > Tb > TM > Tm$$

$$GD = 0 \quad (18)$$

$$4) TM > TB > Tm > Tb$$

$$GD = \frac{2(TM - Tm)(Tm - Tb) + (TM - Tm)^2 - (TM - TB)}{2(TM - Tm)} \quad (19)$$

$$5) TM > TB > Tb > Tm$$

$$GD = \frac{1}{2} \cdot \frac{(TM - Tb)^2 - (TM - TB)^2}{TM - Tm} \quad (20)$$

em que: GD - graus-dia, °C; TM - temperatura máxima do dia, °C; Tm - temperatura mínima do dia, °C; Tb - temperatura basal inferior, °C; e, TB - temperatura basal superior, °C.

A temperatura basal inferior utilizada no modelo para a cultura do melão foi 16°C e a temperatura basal superior de 35°C (PEREIRA et al., 2010). A temperatura basal inferior utilizada no modelo para a cultura da melancia foi 11 °C e a basal superior de 35 °C (Rezende et al., 2006).

Para verificar a influência das mudanças climáticas no consumo hídrico e desenvolvimento da cultura foram simuladas alterações na temperatura e na umidade relativa do ar, previstas para o ano de 2100. Foram avaliados dois cenários de emissões baseados no relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change- IPCC: um pessimista denominado A2 e um otimista denominado B2. O cenário A2 é caracterizado por um mundo que opera de forma independente, nações auto suficientes, aumento crescente da população e do desenvolvimento econômico orientado para a região. O cenário B2 descreve um planeta em que a ênfase é sobre soluções locais para sustentabilidade econômica, social e ambiental. É um mundo com continuação do aumento da população mundial a uma taxa menor do que o cenário A2.

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar usados nas simulações, para os cenários futuros (A2 e B2), foram as saídas (“outputs”) do modelo climatológico PRECIS (Providing Regional Climates for Impact Studies), que é baseado na terceira geração do modelo regional do Hadley Centre (HadRM3). O modelo regional HadRM3 possui resolução horizontal de 50 km com 19 níveis na vertical (da superfície até 30 km na estratosfera) e quatro níveis no solo. A resolução espacial é de 0,44x0,44° (latitude x longitude), o que corresponde a uma grade aproximada de 50x50 km. Maiores detalhes acerca do sistema PRECIS podem ser obtidos em Jones et al. (2004).

Os Kc's determinados nos experimentos foram comparados com os Kc's obtidos nos cenários de mudanças climáticas avaliados (B2 e A2), em que os coeficientes foram ajustados para as condições de mudanças climáticas. Os ajustes dos coeficientes de cultivo para as condições de mudanças climáticas foram realizados de acordo com a equação proposta por Allen et al. (2006) (Eq. 21):

$$Kc_{\text{atual}} = Kc_{\text{tab}} + [0,04(u_2 - 2) - 0,004(UR_{\text{min}} - 45)] (h/3)^{0,3} \quad (21)$$

em que: Kc_{atual} - coeficiente de cultura nos cenários de mudanças climáticas; Kc_{tab} - coeficiente de cultura obtido nos experimentos e ajustados; u_2 - velocidade média do vento da fase a 2 m de altura, $m\ s^{-1}$; UR_{min} - umidade relativa mínima média durante a fase, %; e h : altura média das plantas na fase, m.

Como o modelo fornece apenas dados de umidade relativa média, foi utilizada uma forma de proporção para determinar a umidade relativa máxima e mínima, ou seja, o mesmo percentual de mudança simulada para a umidade relativa média foi atribuído às umidades máximas e mínimas, a mesma forma utilizada por Cavalcante et. al. (2018). Estes dados foram necessários para as simulações da evapotranspiração de referência e o ajuste do coeficiente de cultura.

No melão os valores de Kc obtidos nos experimentos, para as fases I, II, III e IV, respectivamente, foram de 0,13; 0,65; 1,09 e 0,79 para a híbrido “County” e de 0,08; 0,44; 1,06 e 0,88, para o híbrido “Néctar”. Na melancia os valores de Kc obtidos nos experimentos, para as fases I, II, III e IV, respectivamente, foram de 0,24; 0,74; 1,10 e 0,73 para a cultivar “Mickylee” e de 0,15; 0,90; 1,52 e 0,78, para a cultivar “Quetzali”.

De posse dos Kc 's obtidos nos experimentos, devidamente ajustados, e com as novas ET_o decorrentes dos cenários (B2 e A2), foi gerada uma nova ET_c e realizada a comparação da necessidade hídrica da cultura, nas condições climáticas atuais, com as necessidades hídricas para os dois cenários avaliados (B2 e A2).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Meloeiro

Os cenários otimista (B2) e pessimista (A2) resultaram em incrementos da temperatura do ar, respectivamente, na ordem 2,50 e 4,5 °C na temperatura média, 2,80 e 5,40 °C na temperatura máxima e 2,3 e 3,60 °C nas temperaturas mínimas, para o ano de 2100, valores estes referentes a média das duas cultivares de melão, durante o período de cultivo de cada uma das cultivares (Tabela 1).

A temperatura basal inferior e superior da cultura do meloeiro é de 16 e 35 °C, respectivamente, faixa de temperatura satisfatória para o seu desenvolvimento (Pereira et al., 2010). Sendo assim, os aumentos abruptos na temperatura do ar verificados nos cenários B2 e A2, principalmente nas temperaturas máximas no A2, onde efeitos oriundos dos cenários de aumento de temperatura média do ar são mais intensos, as mudanças climáticas podem interferir no crescimento e no desenvolvimento das culturas, afetando a fenologia, o alongamento dos internós, a expansão foliar, a produção e a partição de assimilados em diferentes partes da planta, bem como desencadear o aborto de flores exercendo impactos diretos na produção (Silva et al., 2012). As altas temperaturas, acima de 35 °C estimulam a formação de flores masculinas, e acima de 37 °C a 38 °C, ocasionam problemas na maturação (EMBRAPA, 2010).

Tabela 1. Valores médios das temperaturas (°C) média (Tmed), máxima (Tmax) e mínima (Tmin) durante os períodos de cultivos do meloeiro (cultivares Honey Dew e Gália), em cenários de mudanças climáticas, em Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte

Período	Cenários de Mudanças Climáticas								
	Atual			B2			A2		
	Tmed	Tmax	Tmin	Tmed	Tmax	Tmin	Tmed	Tmax	Tmin
1	27,6	33,6	23,4	30,5	36,4	26,2	32,9	40,0	27,6
2	27,2	34,0	22,0	29,2	36,8	23,7	30,9	38,4	25,0
Média	27,4	33,8	22,7	29,9	36,6	25,0	31,9	39,2	26,3

1 = Dezembro/2006 a fevereiro/2007: melão Tipo Honey Dew híbrido “County”; 2 = Outubro a dezembro/2008: melão Tipo Gália híbrido “Néctar”; Atual: Cenário climático atual; B2 = Cenário climático otimista para o ano de 2100; A2 = Cenário climático pessimista para o ano de 2100

A umidade relativa do ar nos cenários otimista (B2) e pessimista (A2) resultaram em valores menores que a situação climática atual, sendo constatadas reduções de 3,20 e 6,0% nas umidades relativas médias, máximas e mínimas, respectivamente, para o ano de 2100, valores estes referentes à média das duas cultivares, durante seus respectivos períodos de

cultivo (Tabela 2). Segundo Brandão Filho & Vasconcelos (1998) a umidade relativa ideal para o cultivo do meloeiro situa-se entre 65 e 75%, ao observar os valores obtidos nos cenários de mudanças climáticas analisados, verifica-se entre os valores médios, que a umidade relativa do ar ficará abaixo do ideal para a cultura, principalmente no cenário A2, essa condição, associada às altas temperaturas, observadas principalmente no cenário A2, aumentam o risco de danos à cultura do meloeiro, pois favorece o estabelecimento da principal doença fúngica que acomete as cucurbitáceas na região nordeste do Brasil, que são os oídios, que têm o desenvolvimento favorecido em condições de baixa umidade e altas temperaturas do ar (Pasqua et al., 2015). Essa doença pode acarretar na redução do rendimento da cultura, devido à diminuição do tamanho ou número de frutos, ou ainda, em razão do período produtivo da planta.

Tabela 2. Valores médios das umidades relativa (%) média (Umed), máxima (Umax) e mínima (Umin), durante período de cultivo do meloeiro (cultivares Honey Dew e Gália), em cenários de mudanças climáticas, em Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte

Período	Cenários de Mudanças Climáticas								
	Atual			B2			A2		
	Umed	Umax	Umin	Umed	Umax	Umin	Umed	Umax	Umin
1	67,2	84,2	40,1	62,9	79,9	35,7	58,9	75,9	31,8
2	63,1	84,7	33,8	61,1	82,7	31,7	59,4	81,0	30,1
Média	65,2	84,5	37,0	62,0	81,3	33,7	59,2	78,5	31,0

1 = Dezembro/2006 a fevereiro/2007: melão Tipo Honey Dew híbrido “County”; 2 = Outubro a dezembro/2008: melão Tipo Gália híbrido “Néctar”; Atual: Cenário climático atual; B2 = Cenário climático otimista para o ano de 2100; A2 = Cenário climático pessimista para o ano de 2100

Os graus dias totais para que os meloeiros atingissem a maturação fisiológica foram de 876,4 °C para o híbrido “County” obtidos aos 71 dias e 724,6 para o híbrido “Néctar” obtidos aos 61 dias, para o cenário climático atual (Tabela 3).

Tabela 3. Graus-dia acumulados por fase (GDA) e duração média das fases fenológicas de cultivares de meloeiro em cenários de mudanças climáticas, no município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte

Cultivares de melão	Meloeiro Tipo Honey Dew: Híbrido “County”				Meloeiro Tipo Gália: Híbrido “Néctar”			
	GDA (°C)	Duração do ciclo (dias)			GDA (°C)	Duração do ciclo (dias)		
		Atual	B2	A2		Atual	B2	A2
I - Inicial	227,7	18	17	14	199,7	17	16	14
II - Crescimento	173,1	14	12	12	258,0	22	19	18
III - Intermediária	264,0	21	17	15	181,4	15	14	13
IV - Final	211,6	18	14	12	85,5	7	6	5
Total	876,4	71	60	53	724,6	61	55	50

Atual: Cenário climático atual; B2 = Cenário climático otimista para o ano de 2100; A2 = Cenário climático pessimista para o ano de 2100

Com relação ao período de cultivo do meloeiro híbrido “County”, com o aumento da temperatura verificado para o cenário otimista (B2) houve redução de 11 dias (15,49%) no ciclo da cultura, sendo de 1 dia na fase inicial, 2 dias na fase de crescimento, 4 dias na fase intermediária e 4 dias na fase final. Para o cenário pessimista (A2), foi observada uma redução ainda maior no ciclo da cultura, que foi de 18 dias (25,35%), sendo de 4 dias na fase inicial, 2 dias na fase de crescimento, 6 dias na fase intermediária e 6 dias na fase final (Tabela 3).

Já para o período de cultivo do meloeiro híbrido “Néctar”, com o aumento da temperatura verificado para o cenário otimista (B2) houve redução de 6 dias (9,84%) no ciclo da cultura, sendo de 1 dia na fase inicial, 3 dias na fase de crescimento, 1 dia na fase intermediária e 1 dia na fase final. Para o cenário pessimista (A2), foi observada uma maior redução no ciclo da cultura, que foi de 11 dias (18,03%), sendo de 3 dias na fase inicial, 4 dias na fase de crescimento, 2 dias na fase intermediária e 2 dias na fase final (Tabela 3).

Observando-se, assim, maiores reduções no ciclo do meloeiro híbrido “County”, com redução de 18 dias (25,35%) no cenário pessimista (A2), cerca de 63,63% maior que a redução no híbrido “Néctar”, o que pode ser relacionado ao ciclo mais extenso do híbrido “County”, devido o período de cultivo do híbrido “County” ter ocorrido durante o período chuvoso do ano (Tabela 3). É verificado ainda que as maiores reduções no ciclo do híbrido “County” ocorrem nas fases intermediária e final, ambas com reduções de duração de 28,57 e 33,33%, respectivamente. Para o híbrido “Néctar”, as maiores reduções foram na fase inicial e crescimento, com reduções de 17,55 e 18,18%, respectivamente. As maiores reduções nas fases intermediária e final, observadas no híbrido “County” podem apresentar mais risco a produção e qualidade dos frutos da cultura, sendo esta cultivar mais sensível ao cenário das mudanças climáticas futuras.

Para Justino et al. (2013) essa redução é devido às projeções futuras para o clima na região apresentarem temperaturas mais elevadas, em torno de 3 a 5 °C, para cenários otimistas (B2) e de 4 a 8 °C para cenários pessimistas (A2). De acordo com Bezerra et al. (2015) o ciclo produtivo das plantas depende dos Graus-dias acumulados, assim, com o aumento da temperatura do ar, as mesmas completam seu ciclo de maneira mais rápida. Isso é devido ao incremento da temperatura do ar aumentar a velocidade dos processos metabólicos das plantas (Liu & Tao, 2013). Avaliando os impactos das mudanças climáticas na cultura da soja, Souza et al. (2018) constataram que a variação na redução nos dias do ciclo da cultura da soja em cenários futuros (A2 e B2) sem adição de CO₂ nos anos de 2070 e 2100 foi de 8 a 18%, respectivamente, em relação às condições atuais, enquanto que em cenários futuros (A2 e B2)

com incremento de CO₂ nos anos de 2070 e 2100 variou de 8 a 21%. Na palma forrageira Bezerra et al. (2015), também verificaram que o aumento da temperatura do ar em função dos cenários futuros de mudanças climáticas reduziu a duração do ciclo da palma forrageira, em 12,03% e 17,89% para os cenários B2 e A2, respectivamente.

Os coeficientes de cultura (Kc) dos híbridos de meloeiro, foram alterados, neste trabalho, em função das mudanças climáticas simuladas na temperatura e umidade relativa do ar. Para o híbrido “County” houve redução nos Kc’s da fase inicial (-0,01 e -0,02) e de crescimento (-0,07 e -0,07), enquanto houve aumento nos Kc’s da fase intermediária (+0,03 e +0,01) e final (+0,11 e +0,07) para os cenários B2 e A2, respectivamente, em relação ao cenário atual. O mesmo comportamento foi verificado para o híbrido “Néctar”, ou seja, redução na fase inicial (-0,01 e -0,02) e de crescimento (-0,04 e -0,05), e incrementos nos Kc’s da fase intermediária (+0,01 e +0,01) e final (+0,03 e +0,06) para os cenários B2 e A2, respectivamente, em relação ao cenário atual (Tabela 4).

Tabela 4. Coeficiente de cultura (Kc) médio por fase fenológica de cultivares de meloeiro (Tipo Honey Dew híbrido ‘County’ e Tipo Gália híbrido “Néctar”) em cenários de mudanças climáticas, no município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte

Cultivares de melão	Meloeiro Tipo Honey Dew: Híbrido “County”			Meloeiro Tipo Gália: Híbrido “Néctar”		
	Kc			Kc		
	Atual	B2	A2	Atual	B2	A2
I - Inicial	0,13	0,12	0,11	0,08	0,07	0,06
II - Crescimento	0,65	0,58	0,58	0,44	0,40	0,39
III - Intermediária	1,09	1,12	1,10	1,06	1,07	1,07
IV - Final	0,79	0,90	0,86	0,88	0,91	0,94

Atual: Cenário climático atual; B2 = Cenário climático otimista para o ano de 2100; A2 = Cenário climático pessimista para o ano de 2100

As alterações nos Kc’s das diferentes fases fenológicas da cultura ocorrem em função da demanda evapotranspirométrica local e da sensibilidade da cultura ao déficit de água no solo (Bernardo et al., 2009). Essas indicações apontam que os híbridos “County” e “Néctar” são sensíveis as alterações na temperatura e umidade relativa do ar em todas as fases de desenvolvimento nos cenários otimista (B2) e pessimista (A2) (Tabela 4). Nos dois híbridos avaliados, as fases de crescimento e final são as mais sensíveis as mudanças climáticas, sofrendo as maiores alterações no Kc da cultura. Vale salientar, que, as alterações nos Kc’s foram maiores no híbrido “County”.

Na evapotranspiração da cultura (ETc) do meloeiro híbrido “County”, houve reduções durante todo o ciclo da cultura foi da ordem de 13,66% e 18,29% nos cenários B2 e A2,

respectivamente. Para o híbrido “Néctar” as reduções foram de 3,4% e 4,96% nos cenários B2 e A2, respectivamente, em relação ao cenário climático atual (Tabela 5). De acordo com Bezerra et al. (2015), o incremento do déficit de pressão de vapor ocasionado pelo aumento da temperatura e redução da umidade relativa do ar, bem como aumento da [CO₂], em conjunto com a redução do ciclo da cultura, promoverá uma redução da necessidade hídrica das culturas. Assim, as maiores reduções na ETc do híbrido “County” corroboram com as maiores variações no ciclo e no coeficiente de cultura deste híbrido, em relação ao híbrido “Néctar” (Tabelas 3 e 4).

Tabela 5. Evapotranspiração da cultura (ETc) média por fase fenológica de cultivares de meloeiro (Tipo Honey Dew híbrido ‘County’ e Tipo Gália híbrido “Néctar”) em cenários de mudanças climáticas, no município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte

Cultivares de melão	Meloeiro Tipo Honey Dew: Híbrido “County”			Meloeiro Tipo Gália: Híbrido “Néctar”		
	ETc (mm)			ETc(mm)		
	Atual	B2	A2	Atual	B2	A2
I - Inicial	14,36	12,86	10,83	7,49	8,10	6,58
II - Crescimento	54,86	40,31	41,77	57,30	50,43	49,97
III - Intermediária	149,09	122,84	103,87	97,06	100,46	101,34
IV - Final	71,39	74,11	71,14	42,59	38,48	36,39
Total	289,70	250,12	236,70	204,44	197,47	194,29
Média Diária	4,08	4,17	4,47	3,35	3,59	3,89

Atual: Cenário climático atual; B2 = Cenário climático otimista para o ano de 2100; A2 = Cenário climático pessimista para o ano de 2100

No entanto, a ETc média diária das duas cultivares foi incrementada nos dois cenários climáticos avaliados, em relação ao cenário climático atual, em 2,2% e 9,55% para o híbrido “County” e em 7,16% e 16,12% para o híbrido “Néctar”, nos cenários otimista e pessimista, respectivamente. Verifica-se, portanto, que os maiores incrementos diário ocorreram para o híbrido “Néctar” em relação ao híbrido “County”, o que pode ser explicado pela maior redução na duração do ciclo do híbrido “County”, o que fez com que, apesar do maior incremento na ETc total, a ETc média diária sofresse um menor incremento em relação ao verificado para o híbrido “Néctar”. Foram verificados maiores incrementos no cenário A2, para ambas as cultivares, o que ocorre em virtude do maior aumento na temperatura do ar e maior redução de umidade relativa do ar neste cenário, o que aumenta a demanda do ar por vapor d’água, incrementando, assim, a ETc diária.

A evapotranspiração da cultura (ETc) do meloeiro Híbrido “County” nos cenários otimista (B2) e pessimista (A2) foram reduzidas, respectivamente, em 1,50 mm e 3,53 mm na fase inicial, em 14,55 mm e 13,09 mm na fase de crescimento, e 26,25 mm e 45,22 mm na

fase intermediária, respectivamente, em relação ao cenário atual. Entretanto, a ETc foi ampliada em 2,72 mm na fase final nos cenários otimista (B2), e reduzida em e 0,25 mm no cenário pessimista (A2), respectivamente, em relação ao cenário atual (Tabela 5).

No meloeiro Híbrido “Néctar” no cenário otimista (B2), a evapotranspiração da cultura foi ampliada nas fases inicial (0,61 mm) e intermediária (3,40 mm), todavia foi reduzida na fase de crescimento (6,87 mm) e final (4,11 mm). No cenário pessimista (A2), a evapotranspiração da cultura foi ampliada apenas na fase intermediária (4,28 mm), e foi reduzida nas fases inicial (0,91 mm), de crescimento (7,33 mm) e final (6,20 mm) (Tabela 5).

Esse fato está relacionado, aos prováveis aumentos da temperatura e redução da umidade relativa do ar que interferirão no tamanho dos ciclos das variedades de meloeiro (Tabelas 1, 2 e 3). As alterações na ETc foram notórias no Híbrido “County”, que apresenta ciclo relativamente maior (10 dias ou 16,39%) que o híbrido “Néctar”, em ambos os cenários (B2 e A2), mostrando, assim, que a variedade de maior ciclo sofreu maiores alterações na fenologia e nas trocas gasosas em relação a de menor ciclo.

As alterações na demanda hídrica da cultura do meloeiro são indicativas da necessidade de adaptação do manejo da irrigação da cultura para os cenários futuros, visando suprir a maior demanda diária de água para a planta, uma vez que com o ciclo reduzido, o período para recuperação do déficit hídrico é menor, podendo ocasionar maiores riscos a produção. Esse fato, também foi observado por Moura et al. (2015), os quais também verificaram a necessidade de modificação do manejo da cultura da manga, que melhor se adequem aos cenários de baixa disponibilidade hídrica e aumento da temperatura, visando tornar possível obter produção satisfatória. Essas alterações poderão implicar, ainda, na necessidade de mudanças no dimensionamento de projetos de irrigação, tais como vazão do poço que poderá acarretar na necessidade de mudança de bomba, e até alteração do tamanho da área plantada para adequação ao projeto já existente, visando atender ao maior requerimento diário de água pelas plantas, resultando, dessa forma, em maior custo de produção, e até mesmo em uma menor produção, no caso da opção de diminuição de área plantada.

4.2 Melanciaira

Os cenários otimista (B2) e pessimista (A2) resultaram em incrementos da temperatura do ar, respectivamente, na ordem 3,0 e 5,2 °C para a temperatura média, 3,9 e 6,8 °C para temperatura máxima e 2,1 e 3,8 °C para temperatura mínima, para o ano de 2100, valores

estes referentes a média das duas cultivares de melancia, durante o período de cultivo de cada uma das cultivares (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios das temperaturas do ar (°C) média (Tmed), máxima (Tmax) e mínima (Tmin), durante período de cultivo da melancieira (cultivares Mickylee e Quetzali) em cenários de mudanças climáticas em Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte

Período	Cenários de Mudanças Climáticas								
	Atual			B2			A2		
	Tmed	Tmax	Tmin	Tmed	Tmax	Tmin	Tmed	Tmax	Tmin
1	27,0	32,9	23,3	30,9	38,0	26,0	34,5	42,9	28,4
2	26,1	31,9	23,2	28,2	34,6	24,8	29,1	35,5	25,7
Média	26,6	32,4	23,3	29,6	36,3	25,4	31,8	39,2	27,1

1 = Fevereiro a Abril/2006 (Cultivar Mickylee) ; 2 = Setembro a Novembro/2009 (Cultivar Quetzali); Atual: Cenário climático atual; B2: Cenário climático otimista para o ano de 2100; A2: Cenário climático pessimista para o ano de 2100

A temperatura basal inferior e superior da cultura da melancieira é de 11 e 35 °C, respectivamente, faixa de temperatura satisfatória para o seu desenvolvimento (Rezende et al., 2006). Em razão disto, os aumentos abruptos na temperatura máxima do ar dos cenários B2 e A2, nas quais as temperaturas máximas atingem níveis acima da temperatura basal superior, podem interferir no crescimento e no desenvolvimento das cultivares de melancia, afetando a fenologia, o alongamento dos internós, a expansão foliar, a produção e a partição de assimilados em diferentes partes da planta, bem como desencadear o aborto de flores exercendo, assim, impactos diretos na produção (Silva et al., 2012). Sob temperatura do ar elevada, acima de 35 °C, a formação de flores masculinas é estimulada, e a associação de altas temperaturas e ventos provoca elevada taxa de transpiração, aumento a pressão interna dos frutos ocasionando a ruptura da casca dos frutos nos pontos mais fracos, afetando, dessa forma, a produtividade e a qualidade dos frutos (EMBRAPA, 2010).

A umidade relativa do ar nos cenários otimista (B2) e pessimista (A2) resultaram em valores menores que a situação climática atual, sendo constatado reduções de 4,8 e 8,3% nas umidades relativas médias, máximas e mínimas, respectivamente, para o ano de 2100, valores estes referentes a média das duas cultivares, durante seus respectivos períodos de cultivo (Tabela 7). Segundo Rezende et al. (2010) a faixa de umidade relativa do ar ideal para o cultivo da melancia situa-se entre 60 e 80%, portanto, com uma faixa maior que a cultura do melão (65 a 75%), assim, apesar das reduções verificadas durante os dois períodos de cultivo, verificou-se, que a umidade relativa do ar ficará dentro do limite tolerado pela cultura, ao se analisar os valores médios e máximos para cada período.

Tabela 7. Valores médios das umidades relativa do ar (%) média (Umed), máxima (Umax) e mínima (Umin), durante o período de cultivo da melancia (cultivares Mickylee e Quetzali) em cenários de mudanças climáticas em Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte

Período	Cenários de Mudanças Climáticas								
	Atual			B2			A2		
	Umed	Umax	Umin	Umed	Umax	Umin	Umed	Umax	Umin
1	75,9	90,7	47,5	68,5	83,3	40,0	62,4	77,2	34,0
2	68,8	80,2	41,9	66,7	78,0	39,8	65,7	77,1	38,8
Média	72,4	85,5	44,7	67,6	80,7	39,9	64,1	77,2	36,4

1 = Fevereiro a Abril/2006 (Cultivar Mickylee) ; 2 = Setembro a Novembro/2009 (Cultivar Quetzali); Atual: Cenário climático atual; B2: Cenário climático otimista para o ano de 2100; A2: Cenário climático pessimista para o ano de 2100

Os graus dias para que as melancias atingissem a maturação fisiológica foram de 1328,1 °C para a cultivar “Mickylee” obtidos aos 78 dias e 1043,4 para a cultivar “Quetzali” obtidos aos 63 dias, para o cenário climático atual (Tabela 8).

Tabela 8. Graus-dia acumulados por fase (GDA) e duração média das fases fenológicas de cultivares de melancia em cenários de mudanças climáticas, no município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte

Cultivares de melancia	GDA	Cultivar “Mickylee”			GDA	Cultivar “Quetzali”		
		Duração do ciclo (dias)	Duração do ciclo (dias)	Duração do ciclo (dias)		Duração do ciclo (dias)	Duração do ciclo (dias)	
								Atual
Fases	(°C)				(°C)			
I - Inicial	301,6	17	15	13	262,0	16	15	15
II - Crescimento	306,5	18	16	14	260,5	16	14	14
III - Intermediária	389,3	23	19	16	338,2	20	19	18
IV - Final	330,7	20	17	14	182,7	11	10	9
Total	1328,1	78	67	57	1043,4	63	58	56

Atual: Cenário climático atual; B2: Cenário climático otimista para o ano de 2100; A2: Cenário climático pessimista para o ano de 2100

Para a cultivar “Mickylee”, para o cenário otimista (B2), foi observada uma redução no ciclo da cultura de 11 dias (14,10%), em relação ao cenário climático atual, sendo de 2 dias na fase inicial, 2 dias na fase de crescimento, 4 dias na fase intermediária e 3 dias na fase final. Com o aumento da temperatura do ar, para o cenário pessimista (A2) houve redução de 21 dias (26,92%) no ciclo da cultura, sendo de 4 dias na fase inicial, 4 dias na fase de crescimento, 7 dias na fase intermediária e 6 dias na fase final (Tabela 8).

Já para a cultivar “Quetzali”, verificou-se que com o aumento da temperatura do ar, para o cenário otimista (B2) houve redução de 5 dias (7,9%) no ciclo da cultura, sendo de 1 dia na fase inicial, 2 dias na fase de crescimento, 1 dia na fase intermediária e 1 dia na fase final. Para o cenário pessimista (A2), foi observada uma redução maior no ciclo da cultura,

que foi de 7 dias (11,11%), sendo de 1 dia na fase inicial, 2 dias na fase de crescimento, 2 dias na fase intermediária e 2 dias na fase final (Tabela 8).

Observando-se, assim, maiores reduções no ciclo da cultivar “Mickylee”, com reduções de 21 dias no cenário pessimista (A2), enquanto a redução na cultivar “Quetzali” foi de 7 dias, em relação ao cenário climático atual, o que pode ser relacionado ao ciclo mais extenso da cultivar “Mickylee” (Tabela 8). É verificado ainda que as maiores reduções no ciclo da cultivar “Mickylee” ocorrem nas fases intermediária e final, com reduções de duração de 7 e 6 dias, respectivamente. Para a cultivar “Quetzali” ocorrem reduções semelhantes nas fases de crescimento, intermediária e final, com reduções de 2 dias em cada fase. As maiores reduções nas fases intermediária e final, observadas na cultivar “Mickylee” podem apresentar mais risco a produção e qualidade dos frutos da cultura, sendo as fases reprodutivas as mais sensíveis ao cenário das mudanças climáticas futuristas.

O incremento da temperatura do ar aumenta a velocidade dos processos metabólicos das plantas (Liu & Tao, 2013). Isso ocorre, devido ao ciclo produtivo das plantas dependerem dos Graus-dias acumulados, os quais são influenciados diretamente pelo aumento da temperatura do ar (Bezerra et al., 2015).

Cavalcante Junior et al. (2018) constataram que a duração do ciclo de plantas de milho sofre redução linear com o aumento médio da temperatura do ar para os dois cenários de mudanças climáticas (B2 e A2). Os autores constataram, que para cada aumento de 1 °C na temperatura média resultou na redução de aproximadamente 4 dias no ciclo da cultura. No presente trabalho, para cada aumento de 1°C na temperatura média houve redução de 3 dias no ciclo da cultivar “Mickylee” e de 2 dias no ciclo da cultivar “Quetzali” em ambos os cenários (Tabelas 6 e 8).

Ao avaliar os impactos das mudanças climáticas na cultura da soja no nordeste do estado do Pará, Souza et al. (2018) constataram encurtamento do ciclo da cultura, em alguns casos foi de 17,6% menor do que a duração do ciclo da soja em condições atuais, para o cenário A2 no ano 2100. Cavalcante Junior et al. (2016) avaliando o desenvolvimento e necessidade hídrica do feijão-caupi sob condições de mudanças climáticas no semiárido brasileiro, também constataram diminuição substancial no tempo para o desenvolvimento do feijão-caupi, com reduções de 14 dias no cenário B2 e 21 dias no cenário A2 para o ano 2100, em relação ao cenário atual. Isso se deve às projeções futuras para o clima na região apresentarem temperaturas mais elevadas, em torno de 3 a 5 °C para o cenário otimista (B2) e de 4 a 8 °C para o cenário pessimista (A2) (Justino et al., 2013).

Ao comparar os valores de Kc obtidos durante o período dos experimentos, verifica-se, que na fase inicial de cultivo o Kc obtido para cultivar “Mickylee” foi bem superior ao da

cultivar “Quetzali”, o que pode ser explicado pela não utilização do much no cultivo da cultivar “Mickylee”, o que favoreceu a uma maior perda de água por evaporação. Nas demais fases fenológicas os Kc’s obtidos para a cultivar “Quetzali” foram superiores aos obtidos para a cultivar “Mickylee”, o que pode ser explicado pelo maior vigor vegetativo da cultivar “Quetzali”. Os coeficientes de cultivos (Kc) das cultivares de melancia foram alterados em função das mudanças climáticas futuras simuladas na temperatura e umidade relativa do ar. Para a cultivar “Mickylee” houve redução apenas nos Kc’s da fase inicial (-0,05 e -0,07) para os cenários B2 e A2, e na fase de crescimento (-0,02) para o cenário A2, em relação ao cenário atual, respectivamente. Houve aumentos nos Kc’s das fases intermediária (+0,03 e +0,06) e final (+0,04 e +0,07) para os cenário B2 e A2, em relação ao cenário atual, respectivamente. Na cultivar “Quetzali”, no cenário B2, houve redução nos Kc’s das fase inicial (-0,01 e -0,01) e de crescimento (-0,13 e -0,12), e incrementos nos Kc’s das fases intermediária (+0,02 e +0,05) e final (+0,07 e +0,09) para os cenário B2 e A2, em relação ao cenário atual, respectivamente (Tabela 9).

As alterações nos Kc’s das diferentes fases fenológicas da cultura, segundo Bernardo et al. (2009), ocorrem em função da demanda evapotranspirativa local e da sensibilidade da cultura ao déficit de água no solo. Essas indicações apontam que as cultivares “Mickylee” e “Quetzali” são sensíveis as variações nos cenários otimista (B2) e pessimista (A2) em todas as fases de seu ciclo reprodutivo. No entanto, no cenário pessimista (A2), a cultivar “Mickylee” sofre maiores alterações nos Kc’s nas fase inicial, intermediária e final, enquanto a “Quetzali” será mais sensível na fase de crescimento.

Tabela 9. Coeficiente de cultivo (Kc) de cultivares de melancia em cenários de mudanças climáticas, no município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte

Cultivares de melancia	Cultivar “Mickylee”			Cultivar “Quetzali”		
	Kc			Kc		
Fases	Atual	B2	A2	Atual	B2	A2
I - Inicial	0,24	0,19	0,17	0,15	0,14	0,14
II - Crescimento	0,74	0,74	0,72	0,90	0,77	0,78
III - Intermediária	1,10	1,13	1,16	1,52	1,54	1,57
IV - Final	0,73	0,77	0,80	0,78	0,85	0,87

Atual: Cenário climático atual; B2: Cenário climático otimista para o ano de 2100; A2: Cenário climático pessimista para o ano de 2100

A evapotranspiração da cultura (ETc) da melancia cultivar “Mickylee” no cenário otimista (B2) foi reduzida na fase inicial (0,63 mm) e intermediária (0,26 mm), e ampliada na fase de crescimento (8,41 mm) e final (10,47 mm), em relação ao cenário atual. A ETc no cenário pessimista (A2) foi reduzida nas fases inicial (3,65 mm), de crescimento (0,86 mm) e

intermediária (0,43 mm), e ampliada na fase final (20,81 mm), em relação ao cenário atual, respectivamente (Tabela 10).

Houve incrementos nas ETc's diária para as duas cultivares analisadas, sendo de 25,08% e 46,67% para a cultivar "Mickylee" e de 7,76% e 12,66% para a cultivar "Quetzali", nos cenários B2 e A2, respectivamente. Verifica-se, portanto, maiores incrementos para a cultivar "Mickylee" em relação a cultivar "Quetzali", o que pode estar relacionado ao maior incremento na ETc total dessa cultivar, enquanto a ETc total da cultivar "Quetzali" foi pouco alterada nos dois cenários avaliados. Sendo verificados maiores incrementos no cenário A2, em virtude do maior incremento na temperatura do ar e maior redução de umidade relativa do ar neste cenário, o que aumenta a demanda evapotranspirativa local.

Tabela 10. Evapotranspiração da cultura (ETc) de cultivares de melancia em cenários de mudanças climáticas, no município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte

Cultivares de melancia	Cultivar "Mickylee"			Cultivar "Quetzali"		
	ETc (mm)			ETc (mm)		
	Atual	B2	A2	Atual	B2	A2
I - Inicial	17,56	16,93	13,91	15,40	14,85	15,10
II - Crescimento	67,07	75,48	66,21	86,38	82,10	85,59
III - Intermediária	110,19	109,93	109,76	196,06	201,39	201,92
IV - Final	51,19	61,66	72,00	50,85	47,50	46,39
Total	246,01	263,99	261,88	348,69	345,85	349,00
Média Diária	3,15	3,94	4,62	5,53	5,96	6,23

Atual: Cenário climático atual; B2: Cenário climático otimista para o ano de 2100; A2: Cenário climático pessimista para o ano de 2100

Na melancia cultivar "Quetzali" nos cenários otimista (B2) e pessimista (A2), foram constatadas reduções na evapotranspiração da cultura nas fases iniciais na ordem de 0,55 mm e 0,30 mm, e na fase de crescimento na ordem de 4,28 mm e 0,79 mm, e na fase final na ordem 3,35 mm e 4,46 mm, em relação ao cenário atual, respectivamente. Entretanto, a ETc foi ampliada em 5,33 mm e 5,86 mm na fase intermediária nos cenários otimista (B2) e pessimista (A2), em relação ao cenário atual, respectivamente (Tabela 10).

A evapotranspiração total da cultura (ETc) da melancia cultivar "Mickylee" foi ampliada em função das mudanças na temperatura e umidade relativa do ar no cenários otimista (B2) e pessimista (A2), na ordem de 7,3% e 6,45%. Na evapotranspiração total da cultura (ETc) da melancia cultivar "Quetzali", houve redução de 0,81% apenas no cenário otimista (B2), e no cenário pessimista (A2) ocorreu incremento de 0,09%, indicando que as variações no Kc's da culturas pouco influenciaram na ETc, quando comparada a cultivar

“Mickylee” (Tabelas 9 e 10), mostrando, assim, que a variedade de maior ciclo sofreu maiores alterações na fenologia e nas trocas gasosas em relação a de menor ciclo.

Ao avaliar os cenários B2 e A2 projetados pelo IPCC no nordeste da Espanha, Savé et al. (2012) verificaram que o requerimento de água tende a aumentar entre 40 a 250% dependendo da cultura analisada no estudo (milho, alfafa e maçã), em função das variações que deverão ocorrer na evapotranspiração e na fenologia das culturas, ocasionadas pela redução da precipitação e aumento da temperatura do ar. De acordo Cavalcante Junior et al. (2018) esses estudos fornecem informações valiosas sobre possíveis impactos e orientações de estratégias para adaptações, por meio de diferentes práticas agronômicas de gestão, uma vez que alterações na fenologia e demanda hídrica das cultura implica em alteração nos tratos culturais e no manejo da irrigação.

Assim, as alterações na demanda hídrica da cultura da melancieira é um indicativo da necessidade de adaptação do manejo da irrigação da cultura para os cenários futuros, visando suprir a maior demanda diária de água para a planta, uma vez que com o ciclo reduzido, o período para recuperação do déficit hídrico é menor, podendo ocasionar maiores riscos a produção. Essas alterações poderão implicar, ainda, na necessidade de mudanças no dimensionamento de projetos de irrigação, tais como vazão do poço que poderá acarretar na necessidade de mudança de bomba, e até alteração do tamanho da área plantada para adequação ao projeto já existente, visando atender ao maior requerimento diário de água pelas plantas, resultando, dessa forma, em maior custo de produção, e até mesmo em uma menor produção, no caso da opção de diminuição de área plantada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No meloeiro ocorreu redução no ciclo de desenvolvimento da cultura, na ordem de 15,49% e 25,35% para o híbrido “County” e de 9,84% e 18,03% para o híbrido “Néctar”, considerando os cenários otimista e pessimista, respectivamente, em relação ao cenário climático atual. O híbrido “County” é mais sensível às mudanças climáticas na fase intermediária e final, sendo mais susceptível, portanto, a perdas de produção, enquanto o híbrido “Néctar” não apresentou sensibilidade. As mudanças climáticas futuras aumentarão o Kc do meloeiro, nas condições em que o presente estudo foi realizado, incrementando a evapotranspiração diária, porém haverá redução da evapotranspiração total da cultura, com encurtamento das fases fenológicas nas variedades de meloeiro de ciclo longo.

Na melancieira ocorreu redução do ciclo de desenvolvimento da cultivar “Mickylee” na ordem de 14,10% e 26,92% e de 7,90% e 11,11% para a cultivar “Quetzali”, considerando os cenários otimista e pessimista, respectivamente, em relação ao cenário climático atual. A cultivar “Mickylee” é mais sensível às mudanças climáticas nas fases de crescimento, intermediária e final, sendo mais susceptível, portanto, a perdas de produção, em relação à cultivar “Quetzali” de menor sensibilidade. As mudanças climáticas futuras aumentarão o Kc da melancieira, nas condições em que o presente estudo foi realizado, incrementando a evapotranspiração diária, aumentando a evapotranspiração total, principalmente da cultivar “Mickylee”.

REFERÊNCIAS

- Agriannual - Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Agro Informativos, 2015, 496p.
- Alencar, R. D.; Porto Filho, F. Q.; Medeiros, J. F.; Holanda, J. S.; Porto, V. C. N.; Ferreira Neto, M. Crescimento de cultivares de melão amarelo irrigadas com água salina. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, v. 7, p. 221-226, 2003.
- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. *Evapotranspiration del cultivo: guias para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma: FAO, 2006, 298p.
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. De M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, p. 711-728, 2014.
- Andresen, J.A.; Alagarswamy, G.; Rotz, C.A.; Ritchie, J.T.; Lebaron, A.W. Weather impacts on maize, soybean, and alfalfa production in the Great Lakes region, 1895-1996. *Agronomy Journal*, v. 93, p. 1059-1070, 2001.
- 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, p. 462-471, 2016.
- Araújo, J. P. *Cultura do melão*. Petrolina: EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária para o Trópico Semi-árido, 1980. 40p.
- Araújo, P. H. C.; Silva, F. F.; Maciel, M. F.; Féres, J. G.; Braga, M. J. Uma análise do impacto das mudanças climáticas na produtividade agrícola da região nordeste do Brasil. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 45, p. 46-57, 2014.
- Beddington, J.R.; Asaduzzaman, M.; Clark, M.E.; Fernandez Bremauntz, A.; Guillou, M.D.; Howlett, D.J.B.; Jahn, M.M.; Lin, E.; Mamo, T.; Negra, C.; Nobre, C.A.; Scholes, R.J.; van Bo, N.; Wakhungu, J. What next for agriculture after Durban? *Science*, v. 335, p. 289-290, 2012.
- Bernardo, S.; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. *Manual de irrigação*. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 625 p.
- Bezerra, S. A. F.; Silva, T. G. F.; Souza, L. S. B.; Moura, M. S. B.; Morais, J. E. F.; Diniz, W. J. S.; Queiroz, M. G. Demanda hídrica bruta da Palma Forrageira em cenários futuros de mudanças climáticas no Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, p. 1628-1643, 2015.
- Brandão Filho, J. U. T.; Vasconcellos, M. A. S. A cultura do meloeiro. In: Goto, R.; Tivelli, S. W. *Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais*. São Paulo: Fundação Editora da Unesp, 1998. p.161-193.
- Brasil. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional e Ministério da Integração Nacional. *Nova delimitação do semiárido brasileiro*. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2005.

- Calzadilla, A.; Rehdanz, K.; Betts, R.; Falloon, P.; Wiltshire, A.; Tol, R. S. J. Climate change impacts on global agriculture. *Climatic Change*, v. 120, p. 357-374, 2013.
- Campos, J. H. B. C.; Silva, M. T.; Silva, V. P. R. Impacto do aquecimento global no cultivo do feijão-caupi, no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.396-404, 2010.
- Carmo Filho F. ; Oliveira O. F. 1995. Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, (Coleção Mossoroense, Série B) 62p.
- Carmo, I. L. G. S.; Silva, E. S.; Monteiro Neto, J. L. L.; Trassato, L. B.; Medeiros, R. D.; Porto, D. S. Desempenho agrônômico de cultivares de melancia no cerrado de Boa Vista, Roraima. *Revista Agro@ambiente On-line*, v. 9, p. 268- 274, 2015.
- Cavalcante Junior, E. G.; Medeiros, J. F.; Espínola Sobrinho, J.; Figueiredo, V. B.; Costa, J. P. N.; Santos, W. O. Development and water requirements of cowpea under climate change conditions in the Brazilian semi-arid region. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, p. 783-788, 2016.
- Cavalcante Junior, E. G.; Medeiros, J. F.; Freitas, I. A. S.; Oliveira, A. K. S.; Espínola Sobrinho, J.; Costa, J. P. N.; Silva, T. G. F. Necessidade hídrica da cultura do milho influenciada pelas mudanças climáticas no semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 17, p. 251-262, 2018.
- Chaves, P. P. N., Ferreira, T. A., Alves, A. F. Caracterização físico-química e sensorial de famílias de melancia tipo crimson sweet selecionadas para reação de resistência a potyvirus. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.8, p.120-125, 2013.
- Costa, F. G. B.; Fernandes, M. B.; Barreto, H. B. F.; Oliveira, A. F. M.; Santos, W. O. Crescimento da melancia e monitoramento da salinidade do solo com TDR sob irrigação com águas de diferentes salinidades. *Irriga*, v.17, p.327-336, 2012.
- Costa, N. D.; Dias, R. C. S.; Faria, C. M. B.; Tavares, S. C. C.; Terao, D. Cultivo do melão. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, Circular Técnica, v. 59, 2000 67p.
- Cunha, A. R.; Escobedo, J. F. Alterações micrometeorológicas causadas pela estufa plástica e seus efeitos no crescimento e produção da cultura de pimentão. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.11, n.1, p.15-26, 2003.
- Dalastra, G. M.; Echer, M. M.; Hachmann, T. L. Desempenho de cultivares de melão, em função do número de frutos por planta. *Journal of Agronomic Sciences*, v. 4, n. 1, p. 26-41, 2015.
- Doorenbos, J. ; Pruitt, W. O. Guidelines for predicting crop water requirements. 2. ed. Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solo. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.

- Evangelista, A. W. P.; Pereira, G. M. Avaliação de dois tipos de evaporímetros na estimativa da evapotranspiração de referência, no interior de casa de vegetação. *Ciência e Agrotecnologia*, v.27, n.6, p.1348-1353, 2003.
- Fietz, C. R.; Fisch, G. F. Avaliação de modelos de estimativa do saldo de radiação e do método de Priestley-Taylor para a região de Dourados, MS. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.4, p.449-453, 2009.
- Figueirêdo, V. B. Evapotranspiração, crescimento e produção da melancia e melão irrigados com águas de diferentes salinidades. Botucatu: UNESP, 2008. 104p. Tese Doutorado
- Filgueira, F. A. R. Novo manual de Olericultura: agrotecnologia moderna para produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. 402p.
- Fox Jr.; F. A.; Sherer, T.; Slack, D. C.; Clark, L. J. Arizona Irrigation Scheduling – AZSCHED ver. 1. 01 – Users Manual. Arizona: The University of Arizona/Cooperative Extension/ Agricultural and Biosystems Engineering, 1992. 36 p.
- França, F.; Gurgel, A. C. Impactos econômicos de políticas climáticas europeias e americanas sobre a economia brasileira. *Revista Brasileira de Economia*, v. 72, p. 61–79, 2018.
- Grangeiro, L. C.; Mendes, A. M. S.; Souza, J. O.; Negreiros, M. Z.; Azevedo, P. E.; Lisboa, R. K. C. Acúmulo e exportação de nutrientes em melancia cultivar Mickylee. *Revista Caatinga*, v. 18, p. 73- 81, 2005.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: 14 out. 2018.
- Iglesias, A.; Quiroga, S.; Moneo, M.; Garrote, L. From climate changes impacts to the development of adaptation strategies: Challenges for agriculture in Europa. *Climatic Change*, v. 112, p. 143-168, 2012.
- INSA - Instituto Nacional do Semiárido. Mudanças climáticas para o semiárido brasileiro. Campina Grande: INSA, 2013.
- IPCC –Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). SRES emissions scenarios. Disponível em: <<http://sedac.ipcc-data.org/ddc/sres/>>. Acesso em: 20 jan. 2019.
- IPCC –Intergovernmental Panel on Climate Change. 5th Assessment Summary for Policymakers. WG1 2013.
- IPCC –Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University, Cambridge, 2007. 996p.
- IPCC – Intergovernmental Panel On Climate Change. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2014. 151p.

- Joly, A. B. Botânica: introdução à taxonomia vegetal. São Paulo: Nacional, 1993. v. 4, 776p. (Biblioteca Universitária Ciências Puras, 3).
- Jones, R. G.; Noguera, M.; Hassell, D. C.; Hudson, D.; Wilson, S. S.; Jenkins, G. J.; Mitchell, J. F. B. Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS. Exeter, UK: Met Office Hadley Centre, April, 2004, 40p.
- Justino, F.; Oliveira, E. C., Rodrigues, R. A.; Gonçalves, P. H. L.; Souza, P. J. O. P.; Stordal, F.; Marengo, J.; Silva, T. G.; Delgado, R. C.; Indemann, D. S., Costa, L. C. Mean and interannual variability of maize and soybean in Brazil under global warming conditions. *American Journal of Climate Change*, v. 2 p. 237-253, 2013.
- Kastner, T., Rivas, M. J. I., Koch, W.; Nonhebel, S. Global changes in diets and the consequences for land requirements for food. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 109, p. 6868-6872, 2012.
- Leal, I. R.; Silva, J. M. C.; Tabarelli, M.; Lacher, T. E. Changing the course of biodiversity conservation in the caatinga of northeastern Brazil. *Conservation Biology*, v. 19, p. 701-706, 2005.
- Liu, Y.; Tao, F. Probabilistic change of wheat productivity and water use in China for Global mean temperature change of 1, 2 and 3 °C. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, v. 52, p. 114-129, 2013.
- Machado Filho, H.; Moraes, C.; Bennati, P.; Rodrigues, R. A.; Guilles, M.; Rocha, P.; Lima, A.; Vasconcelos, I. Mudança do clima e os impactos na agricultura familiar no Norte e Nordeste do Brasil. Working Paper N°. 141 do Centro Internacional de Políticas para o Crescimento Inclusivo (IPC-IG), 65p.
- Marengo, J. A. O futuro clima no Brasil. *Revista USP*, v. 103, p. 25-32, 2014.
- Medeiros, A. T. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba, CE. *Engenharia Agrícola*, v.23, n.1, p.31-40, 2003.
- Melo, T. K. Evapotranspiração, coeficiente de cultura e produção do melão Gália irrigado com água de diferentes salinidades. Mossoró: UFRSA, 2009. 88p. Dissertação Mestrado
- Menezes, J. B.; Filgueiras, H. A. C.; Alves, R. E.; Maia, C. E.; Andrade, G. G.; Almeida, J. H. S.; Viana, F. M. P. Característica do melão para exportação. In: Alves, R. E. (Org.) *Melão: pós-colheita*. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical; Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 13-22.
- Minuzzi, R. B.; Lopes, F. Z. Desempenho agrônomico do milho em diferentes cenários climáticos no Centro-Oeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, p. 734-740, 2015.
- Monteith, J. L.; Scott, R. K. Weather and yield variation of crops. In: Blaxter, K.; Fowden, L. *Food, nutrition and climate*. Englewood Cliffs: Applied Science, 1982. p. 127-149.

- Mota, F. S. Meteorologia Agrícola. 7. ed. São Paulo: Nobel, 1986. 376 p.
- Moura, M. C. F.; Oliveira, L. C. S.; Silva, S. G. A. A Cultura do melão: uma abordagem acerca da cadeia produtiva no agropólo Mossoró – Assú/RN. Periódico Eletrônico Forum Ambiental da Alta Paulista, v. 7, p. 1068-1084, 2011.
- Moura, M. S. B.; Oliveira, L. D. S.; Evangelista, S. R. M.; Mouco, M. A. C.; Souza, L. S. B.; Silva, T. G. F. Aptidão climática da mangueira frente ao clima atual e aos cenários futuros. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 8, p. 496-509, 2015.
- Nelson, G. C.; Valin, H.; Sands, R. D.; Havlík, P.; Ahammad, H.; Deryng, D.; Elliott, J.; Fujimori, S.; Hasegawa, T.; Heyhoe, E.; Kyle, P.; Van Lampe, M.; Lotze-Campen, H.; d’Croz, D. M.; van Meijl, H.; van der Mensbrugghe, D.; Müller, C.; Popp, A.; Robertson, R.; Robinson, S.; Schmid, E.; Schmitz, C.; Tabeau, A.; Willenbockel, D. Climate change effects on agriculture: economic responses to biophysical shocks. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 111, p. 3274-3279, 2014.
- Nobre, C. A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. Parcerias Estratégicas, v. 6, p. 239-258, 2001.
- Nunes, F. C. A. P.; Mousinho, F. E. P.; Oliveira, J. R.; Lima, C. J. G. S.; Ferreira, V. M. Viabilidade econômica do cultivo irrigado da melancia no estado do Piauí. Irriga, v.22, p.101-114, 2017.
- Oliveira, P. M. Estimativa da evapotranspiração e do coeficiente de cultura do cafeeiro (*Coffea arábica* L.). Lavras: UFLA, 2003. 86p. Dissertação Mestrado
- Ometto, J. C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440p.
- Pasqua, S. D.; Pereira, T.; Franceschi, G. J. Número de aplicações de fungicida sobre o desenvolvimento de doenças foliares e rendimento da soja. Magistra, v. 27, n. 3/4, p. 363-371, 2015.
- PBMC - Primeiro Relatório de Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas: Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Assad, E.D., Magalhães, A. R. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2014. 414p.
- Pedrosa, J. F. Cultura do melão. 4. ed. Mossoró: ESAM, 1997, 51 p. (Apostila Encadernada).
- Pereira, A. R.; Angelocci, L. R.; Sentelhas, P. C.; Folegatti, M. V.; Nova, N. A. V.; Maggiotto, S. R.; Pereira, F. A. C. Substantiation of the day FAO-56 reference evapotranspiration with data from automatic and conventional weather stations. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.10, n.2, p.251, 2002.
- Pereira, V. C.; Vieira, R. Y. M.; Espinola Sobrinho, J.; Oliveira, A. D. De.; Cavalcante Junior, E. G.; Almeida, B. M. De.; Borges, V. P.; Silva, F. G. Da.; Oliveira, I. A. Graus-dias acumulados e índice de área foliar para a cultura do melão em Mossoró-RN. In: XVI Congresso Brasileiro De Meteorologia, 2010, Belém-PA, 2010. 5p.

- Renato, N. Dos S.; Silva, J. B. L.; Sedyama, G. C.; Pereira, E. G. Influência dos métodos para cálculo de graus-dia em condições de aumento de temperatura para as culturas de milho e feijão. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 28, p. 382-388, 2013.
- Rezende, G. M.; Dias, R.C.S.; Costa, N.D. Sistema de Produção de Melancia. 6. Versão eletrônica, Agosto. 2010. <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/clima.htm>. Acesso em 03/09/2018.
- Rocha, E. J. T.; Evangelista, S. R. M.; Fuck Júnior, S. C. F.; Gondim, R. S. Estimativa da ETo pelo modelo Penman-Monteith FAO com dados mínimos integrada a um Sistema de Informação Geográfica. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, p. 75-83, 2011.
- Rocha, O. C.; Guerra, A. F.; Azevedo, H. M. de. Ajuste do modelo Chistiansen-Hargreaves para estimativa da evapotranspiração do feijão no cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, p. 263-268, 2003.
- Savé, R.; Herralde, F. De; Aranda, X.; Pla, E.; Pascual, D.; Funes, I.; Biel, C. Potential changes in irrigation requirements and phenology of maize, apple trees and alfalfa under global change conditions in Fluvia watershed during XXIst century: Results from a modeling approximation to watershed-level water balance. *Agricultural Water Management*, v. 114, p. 78-87, 2012.
- Sedyama, C. G.; Ribeiro, A.; Leal, B. G. Relações clima – água – planta. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Minas Gerais. Simpósio... Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p. 46-85.
- Schembergue, A.; Cunha, D. A.; Carlos, S. M.; Pires, M. V.; Faria, R. M. Sistemas agroflorestais como estratégia de adaptação aos desafios das mudanças climáticas no Brasil. *Revista de Economia Sociologia Rural*, v. 55, p. 9-30, 2017.
- Schmidt, D. M.; Lima, K. C.; Jesus, E. S. Variabilidade climática da disponibilidade hídrica na região semiárida do estado do Rio Grande do Norte. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 41, p. 483-491, 2018.
- Silva, F. C. Uso de dispositivos lisimétricos para medida da evapotranspiração de referência. Piracicaba: ESALQ, 1996. 68p. Dissertação Mestrado
- Silva, L. D. B. Evapotranspiração do capim tanzânia (*Panicum maximum* Jacq) e grama-batatais (*Paspalum notatum* flugge) utilizando o método do balanço de energia e lisímetro de pesagem. Piracicaba: ESALQ, 2003. 93 p. Tese Doutorado
- Silva, J. S. Evapotranspiração e produção de melancia sob diferentes níveis de nitrogênio e da salinidade da água de irrigação. Mossoró: UFERSA, 2010. 97p. Dissertação Mestrado
- Silva, M. T.; Silva, V. P. R.; Azevedo, P. V. O cultivo do algodão herbáceo no sistema de sequeiro no Nordeste do Brasil, no cenário de mudanças climática. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, p. 80-91, 2012.
- Silva, V. P.; França, G. L. S. Percepções de mudanças do clima, impactos e adaptação para sertanejos do semiárido. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 14, p. 229-248, 2018.

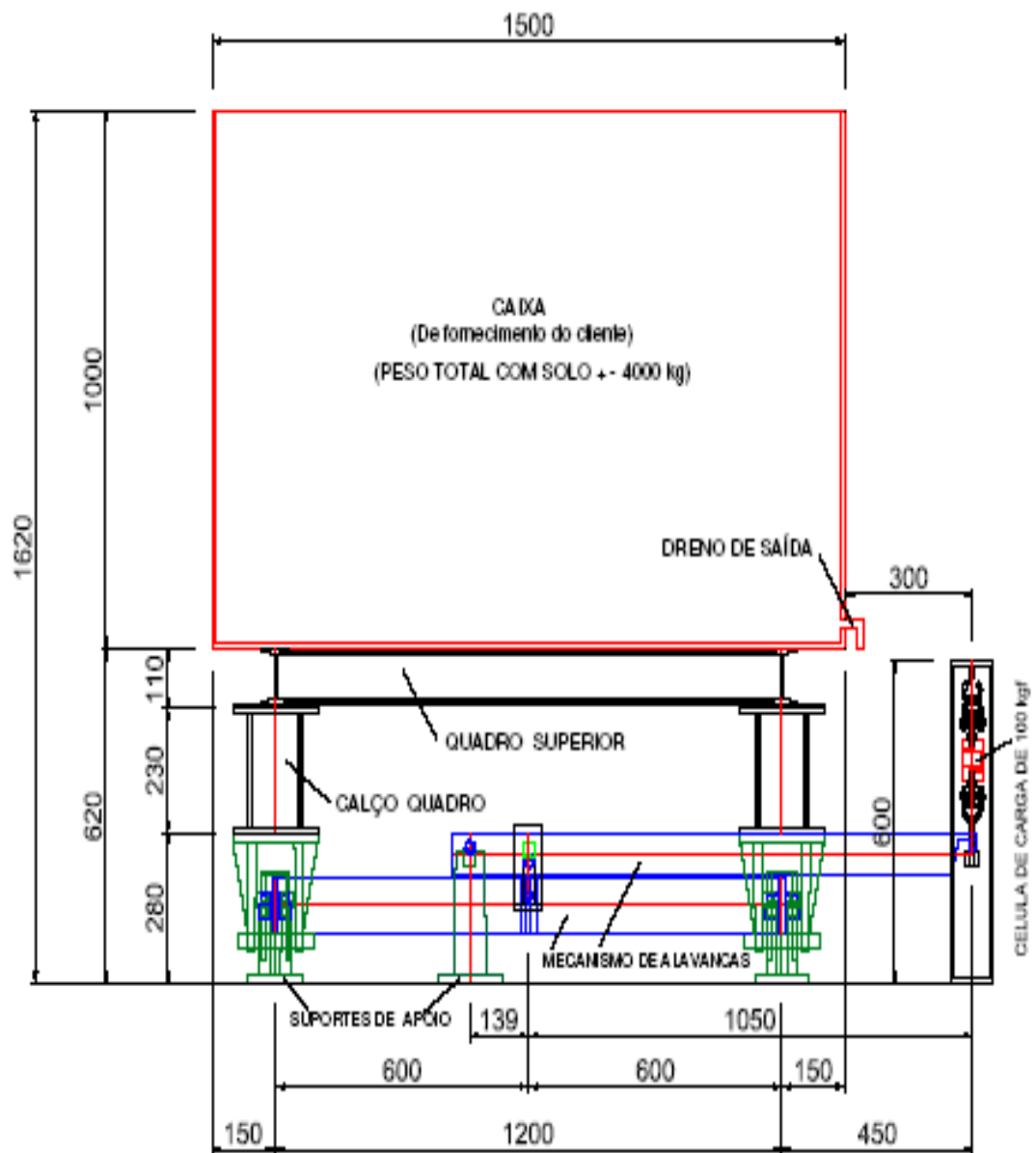
- Siqueira, O. J. W.; Steinmetz, S.; Salles, L. A. B. Efeitos potenciais das mudanças climáticas na agricultura brasileira e estratégias adaptativas para algumas culturas. In: Lima, M. A.; Cabral, O. M. R.; Miguez, J. D. G. Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 33-63.
- Somerville, C.; Briscoe, J. Genetic engineering and water. *Science*, v.292, p.2217, 2001.
- Souza, P. J. O. P.; Santos, C. D. M.; Souza, E. B.; Oliveira, E. C.; Santos, J. T. S. Impactos das mudanças climáticas na cultura da soja no nordeste do estado do Pará. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 12, p. 2454-2467, 2018.
- Stapper, M.; Harris, H. C. Assessing de productivity of wheat genotypes in a Mediterranean climate, using a crop simulation model. *Field Crops Research*, v. 20, p. 129-152, 1989.
- Streck, N. A.; Alberto, C. M. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, p. 1351-1359, 2006.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I. M.; Murphy, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal* (6 ed) Artmed: Porto Alegre. 2017. 888p.
- Tao, F.; Zhang, Z. Impacts of climate change as a function of global mean temperature: maize productivity and water use in China. *Climatic Change*, v. 105, p. 409-432. 2011.
- Tavares, A. T.; Vaz, J. C.; Coelho, R. S.; Porto Lopes, D. A. S. P.; Alves, F. Q. G.; Nascimento, I. R. Aptidão agronômica de genótipos de melancia no sul do estado do Tocantins. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 14, p. 59-64, 2018.
- Volpe, C. A. Fenologia dos citros. In: *Seminário Internacional de Citros*, 2., 1992, Bebedouro. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 107-120.
- Whitaker, T. W.; Davis, G. N. C. *Cucurbits: botany, cultivation and utilization*. London: Hill, 1962. 249p.

ANEXOS

Anexo I. Lisímetro de pesagem utilizado nos experimentos.



Anexo II. Esquema detalhado do conjunto lisimétrico instalado na área dos experimentos, mostrando a balança, mecanismos de lavancas, caixa e células de carga (dimensões em mm).



Anexo III. Instrumentos da estação meteorológica instalada na área experimental: a) sistema automático de aquisição de dados (datalogger CR23X); b) sensor de precipitação pluviométrica (pluviômetro de báscula); c) sensor de velocidade do vento (anemômetro); d) sensor de temperatura e umidade relativa do ar; e) sensor de radiação solar global (piranômetro).

