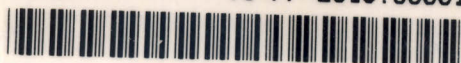


**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA
E TECNOLOGIA AMBIENTAL PARA O SEMINÁRIO**

ANA LAÍLA DE SOUZA ARAÚJO

**IMPACTO DO AUMENTO DA TEMPERATURA E DA
CONCENTRAÇÃO DE CO₂ SOBRE O OÍDIO EM MELOEIRO**

Impacto do aumento da ...
2019 TS-PP-2019.00001



CPATSA-58552-1

19

-2019.00001

**PETROLINA, PE
2019**

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA
E TECNOLOGIA AMBIENTAL PARA O SEMIÁRIDO

ANA LAÍLA DE SOUZA ARAÚJO

IMPACTO DO AUMENTO DA TEMPERATURA E DA
CONCENTRAÇÃO DE CO₂ SOBRE O OÍDIO EM MELOEIRO

Petrolina, PE

2019

ANA LAÍLA DE SOUZA ARAÚJO

**IMPACTO DO AUMENTO DA TEMPERATURA E DA
CONCENTRAÇÃO DE CO₂ SOBRE O OÍDIO EM MELOEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade de Pernambuco, *Campus* Petrolina, como requisito do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental para o Semiárido, para obtenção do Título de Mestre.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Francislene Angelotti
Coorientador: Dr. Pedro Martins Ribeiro Júnior

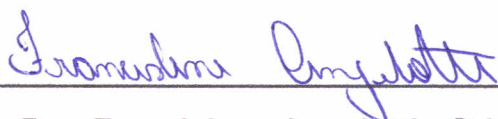
Petrolina, PE

2019

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL PARA O SEMIÁRIDO

Ana Laíla de Souza Araújo

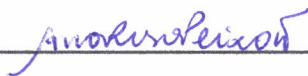
**Impacto do aumento da temperatura e da concentração de CO₂ sobre o
oídio em meloeiro**



Dra. Francislene Angelotti - Orientadora



Dr. Pedro Martins Ribeiro Júnior



Dra. Ana Rosa Peixoto



AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me fazer ir além e por toda força que Ele me manda. Isso me mantém cada dia mais forte.

À minha família, por sempre me apoiar nas mais diversas escolhas que eu faço. A meus pais (Ana Cláudia e Cicero Luiz) pela criação maravilhosa e por nunca deixar de acreditar que seus filhos podem mais. A minha irmã Camila por fazer tudo e mais um pouco por mim, por ser meus olhos e meus braços em diversos momentos, sem você certamente não estaria aqui. A meu irmão Diego por todo apoio e por sempre estar ao meu lado, reforçando que está sempre comigo para o que der e vier. E, a meu irmão Thiago pelo carinho e amor que me dedica em todos os momentos de minha vida.

À minha tia Maria Dica (*in memorian*) e minha vó D. Pirrucha (*in memorian*) por terem sido minha fortaleza e por sempre cuidarem de mim. Vocês fazem uma falta danada aqui.

À BB, meu namorado Uriel por aguentar e suportar meus estresses durante esse período e por ter me incentivado a fazer a seleção do mestrado. Você, com certeza, foi muito importante na conquista desses conhecimentos para minha vida. Obrigada por todo cuidado e amor que você deposita em mim.

À Dora (Dr. Maria Auxiliadora) por me ajudar no período de seleção. Pelo seu incentivo de sempre dizer que eu posso ir além. Por acreditar em mim.

Ao pessoal da minha turma de Mestrado, em especial a Leudiane pela amizade que construímos e pelas atividades realizadas em conjunto. Minha melhor dupla.

Ao pessoal do laboratório de controle biológico Jamille, Herbet e Gava, vocês não sabem o quanto foram importantes para mim. E a Alícia, que se tornou minha amiga durante esse período. Você é uma pessoa maravilhosa que eu quero ter sempre por perto. Obrigada por me ajudar sem pedir nada em troca e por aguentar minha tagarelice.

Ao pessoal do laboratório de Mudanças Climáticas, em especial a Galego por fazer tudo para me ajudar, por nunca se negar a fazer um trabalho, por ser essa pessoa humilde e que todos querem ter por perto. Por me escutar e me ajudar sempre.

Às pessoas que trabalham na Embrapa Semiárido que me alegraram durante o período de minha estada, em especial Jovem e Alonso por dividirem o tempo de café comigo, pelas conversas, conselhos e risadas.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental para o Semiárido. É um orgulho ter feito minha graduação na UPE e agora poder fazer o curso de Mestrado na mesma instituição. É muito bom poder ver o empenho de profissionais na busca de melhorias para a Universidade. Meus sinceros agradecimentos por não deixarem a Instituição pairar no esquecimento.

A todos os professores do programa que dedicaram esforços para nos ajudar nas aulas e no decorrer do mestrado.

A meu coorientador Pedro por me ajudar durante toda a escrita dos meus trabalhos. E por ser essa pessoa maravilhosa, que sempre estar disposto a ajudar. Obrigada pelo seu tempo e por sua paciência comigo.

A Fran, por ser esse amor de pessoa e por ter me acolhido em seu laboratório. As boas pessoas sempre ficarão em minha memória e em meu coração, e você já tem lugar garantido. Obrigada por me ajudar da melhor forma em tudo e por corrigir da mais perfeita forma meus trabalhos. Adorei trabalhar com você.

À Embrapa Semiárido por disponibilizar os materiais e equipamentos necessários para a realização da pesquisa.

À CAPES pela concessão da bolsa.

Enfim... obrigada a todos que estiveram comigo e que estarão comigo nesta jornada!!

'O que eu sou, eu sou em par, não cheguei sozinho, não'. É por isso que agradecer se torna tão importante, pois nunca estamos sozinhos e nunca chegamos sozinhos a lugar algum. A beleza da vida está na construção de laços de amizade e nas vivências do dia-a-dia, está no encontro de almas que nos fortalece cada dia mais.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
RESUMO	11
ABSTRACT	12
1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 CULTURA DO MELÃO.....	15
2.1.1 Importância.....	15
2.1.2 Fatores abióticos e bióticos e a produção de melão	16
2.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E IMPACTOS NA AGRICULTURA	18
2.2.1 Cenários Climáticos	18
2.2.2 Impactos das mudanças climáticas no cultivo do meloeiro	19
2.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DOENÇAS DE PLANTAS	21
2.3.1 Oídio no meloeiro.....	25
3 REFERÊNCIAS	30

CAPÍTULO I

4 ARTIGO I	40
RESUMO	40
INTRODUÇÃO	41
MATERIAL E MÉTODOS	42
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS.....	54

CAPÍTULO II

5 ARTIGO II	59
RESUMO	59
INTRODUÇÃO	60
MATERIAL E MÉTODOS	61
RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS	73
 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	 77
7. ANEXOS	78
7.1 NORMAS DA REVISTA AGROPECUÁRIA TROPICAL	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Área plantada, quantidade produzida e valor da produção do melão referente ao ano de 2017	15
Tabela 2	Faixas de temperatura nos diferentes estádios fenológicos da cultura do melão	16
Tabela 3	Tendência de favorabilidade de doença de plantas às mudanças climáticas	24

CAPÍTULO I

Tabela 1	Área abaixo da curva do progresso da severidade do oídio (AACPSD) em folhas destacadas de nove cultivares de melão, sob diferentes temperaturas	45
Tabela 2	Área abaixo da curva do progresso da severidade do oídio (AACPSD) em folhas destacadas de nove cultivares de meloeiro, sob diferentes temperaturas que correspondem aos acréscimos de 1,7; 2,6; 3,1 e 5 °C de acordo com os cenários climáticos futuros (IPCC, 2013)	49

CAPÍTULO II

Tabela 1	Resultado da análise de variância da cultivar, do CO ₂ e da temperatura para AACPSD e esporulação em plântulas de meloeiro	64
Tabela 2	Efeito da interação cultivar x regime de temperatura x concentração de CO ₂ na área abaixo da curva do progresso da severidade do oídio (AACPSD) em meloeiro	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Média global da concentração de gases de efeito estufa (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O) 1750-2000	18
Figura 2	Emissão de CO ₂ 2000-2100: todos os cenários AR5	19
Figura 3	Mudança na temperatura média anual da superfície global 2000-2100: cenários RCP 2.6 e RCP 8.5 do AR5	19
Figura 4	Triângulo da doença: interação entre os elementos fundamentais que determinam a ocorrência de uma doença de planta	21
Figura 5	Esquema dos impactos das mudanças climáticas sobre problemas fitossanitários	23
Figura 6	Folhas de meloeiro com sintomas inicial (A) e severo (B, C) de oídio	25
Figura 7	Plântula de melão com folhas cotiledonares e haste apresentando sintomas de <i>Oidium</i> sp. (teleomórfico <i>Podosphaera xanthii</i>)	26
Figura 8	Diagrama representando o ciclo assexual do fungo <i>Oidium</i> sp. (teleomórfico <i>Podosphaera xanthii</i>)	27
Figura 9	Conidióforos eretos com cadeia de conídios (A) e conídios (B) de <i>Oidium</i> sp. (teleomórfico <i>Podosphaera xanthii</i>)	28

CAPITULO I

Figura 1	Efeito de diferentes faixas de temperaturas (15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C) na severidade do oídio em folhas destacadas de meloeiro cv. Sancho, tipo pele de sapo	44
Figura 2	Curva do progresso da severidade do oídio em folhas destacadas de cultivares de meloeiro mantidas sob as temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C. Cultivares: Araguaia (A), Awton (B), Eldorado (C), Gladial (D), Gold (E), Hibix (F), Juazeiro (G), Natal (H) e Sancho (I)	47
Figura 3	Curva do progresso da severidade do oídio em folhas destacadas de melão mantidas sob as temperaturas de 25; 26,7; 27,6; 28,1 e 30 °C. Cultivares: Araguaia (A), Awton (B), Eldorado (C), Gladial (D), Gold (E), Hibix (F), Juazeiro (G), Natal (H) e Sancho (I)	50

CAPITULO II

- Figura 1 Área abaixo da curva do progresso da severidade do oídio (AACPSD) em diferentes cultivares de meloeiro 64
- Figura 2 Área abaixo da curva do progresso da severidade da doença (AACPSD) em diferentes concentrações de dióxido de carbono (CO₂) 65
- Figura 3 Área abaixo da curva do progresso da severidade da doença (AACPSD) em dois regimes de temperatura 66
- Figura 4 Curva do progresso da severidade do oídio em plântulas de melão mantidas em dois regimes de temperatura e duas concentrações de CO₂. Cultivares: Araguaia (A), Awton (B), Eldorado (C), Gladial (D), Gold (E), Hibix (F), Juazeiro (G), Natal (H) e Sancho (I). 71
- Figura 5 Esporulação do oídio do meloeiro em diferentes concentrações de CO₂ (A); em dois regimes de temperatura (B); em regime de temperatura 20-26-33 °C (C) e 24-30-37 °C (D) em diferentes concentrações de CO₂ 72

RESUMO

A temperatura média da atmosfera aumentou em torno de 0,85 °C, desde o período pré-industrial, podendo chegar a 4,8 °C, até 2100. Isso é reflexo da elevada emissão antropogênica de Gases de Efeito Estufa (GEEs), entre eles o dióxido de carbono (CO₂) que já ultrapassa 400 ppm. Como a ocorrência de doenças em plantas está ligada diretamente ao clima, qualquer modificação na temperatura e no CO₂ poderá alterar a taxa de desenvolvimento das doenças. Com isso, o objetivo do trabalho foi avaliar os impactos do aumento da temperatura e da concentração de CO₂ sobre a severidade do oídio em diferentes cultivares de melão. Foi determinada a (I) temperatura base (ótima) do oídio e avaliação do efeito do aumento da temperatura na severidade do oídio em folhas destacadas de genótipos de meloeiro e a (II) responsividade da interação do CO₂ e da temperatura na severidade do oídio em plântulas de meloeiro. Para a atividade I foram realizados dois experimentos com folhas destacadas em incubadoras com controle de temperatura e fotoperíodo (12/12h). O primeiro experimento foi conduzido para determinar a temperatura ótima (15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C) para o desenvolvimento da doença e, a partir dessa temperatura, avaliou-se o aumento de 1,7; 2,6; 3,1 e 5 °C, correspondente aos cenários do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). As folhas foram inoculadas com uma suspensão de conídios de *Oidium* sp. (teleomórfico *Podosphaera xanthii*), acondicionadas em bandejas e mantidas nas incubadoras. Para a atividade II foram realizados dois experimentos com plântulas de meloeiro em câmaras de crescimento, do tipo Fitotron, com controle de temperatura, umidade, luz e CO₂. As plântulas foram submetidas a dois regimes de temperatura (20-26-33 °C e 24-30-37 °C) e a duas concentrações de CO₂ (410 e 770 ppm). Foram utilizadas nove cultivares de meloeiro Araguaia, Awton, Eldorado, Gladial, Gold, Hibix, Natal, Juazeiro e Sancho. As plântulas do meloeiro foram pulverizadas com uma suspensão de conídios e mantidas em condições controladas para avaliar o progresso da doença. Juntamente com a última avaliação da severidade foi realizada a quantificação de conídios. Os resultados gerados mostraram que a faixa ótima para o desenvolvimento do oídio do meloeiro foi 20-25 °C, sendo que os aumentos da temperatura do ar reduzem a severidade da doença. A partir de 30 °C não há aparecimento dos sintomas da doença. O período de incubação do oídio do meloeiro aumenta em temperaturas de 15 °C e acima de 27.6 °C. O aumento da temperatura e da concentração de CO₂, assim como a interação destes fatores, reduz a severidade do oídio do meloeiro e a esporulação de *Oidium* sp. O período de incubação do oídio do meloeiro aumenta com o incremento de CO₂ e aumento da temperatura. As cultivares de meloeiro apresentam respostas diferenciadas aos aumentos de temperatura e da concentração de CO₂, apresentando alta severidade nas folhas mantidas nas condições favoráveis ao desenvolvimento do patógeno.

Palavras-chave - *Oidium* sp., mudanças climáticas, *Cucumis melo* L., cultivares.

ABSTRACT

The average temperature of the atmosphere increased by around 0.85 °C from the pre-industrial period, reaching 4.8 °C by 2100. This is a reflection of the high anthropogenic emission of Greenhouse Gases (GHGs) among them carbon dioxide (CO₂) that already exceeds 400 ppm. As the occurrence of diseases in plants is directly linked to the climate, any change in temperature and CO₂ may change the rate of disease development. Therefore, the objective of this work was to evaluate the impacts of temperature increase and CO₂ concentration on the severity of powdery mildew in different melon cultivars. Through (I) definition of the base (optimal) temperature of powdery mildew and evaluation of the effect of temperature increase on the severity of powdery mildew on leaf melon genotypes and (II) evaluation of CO₂ and temperature interaction in severity of powdery mildew in melon seedlings. For the activity I two experiments were carried out with leaves highlighted in incubators with temperature and photoperiod control (12/12h). The first experiment was conducted to determine the optimal temperature (15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C) for the development of the disease, and from that temperature the increase of 1.7 was evaluated; 2.6; 3.1 and 5 °C, corresponding to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) scenarios. The leaves were inoculated with a suspension of conidia of *Oidium* sp. (teleomorphic *Podosphaera xanthii*), stored in trays and kept in the incubators. For the activity II two experiments were carried out with flowering melon seedlings in Fitotron type growth chambers, with temperature, humidity and light control. Seedlings were submitted to two temperature regimes (20-26-33 °C and 24-30-37 °C) and two CO₂ concentrations (410 and 770 ppm). Nine cultivars of meloeiro Araguaia, Awton, Eldorado, Gladial, Gold, Hibix, Natal, Juazeiro and Sancho were used. The melon seedlings were sprayed with a suspension of conidia and kept under controlled conditions to evaluate the progress of the disease. Together with the last severity assessment, spore quantification was performed. The results showed that the optimum range for melon powdery mildew was 20-25 °C, with increases in air temperature reducing the severity of the disease. From 30 °C there is no appearance of the symptoms of the disease. The incubation period of melon powdery mildew increases at temperatures of 15 °C and above 27.6 °C. The increase in temperature and CO₂ concentration, as well as the interaction of these factors, reduces the severity of melon powdery mildew and sporulation of *Oidium* sp. The incubation period of melon powdery mildew increases with increasing CO₂ and increasing temperature. The melon cultivars present differentiated responses to the increase of temperature and the concentration of CO₂, presenting high severity in the leaves kept under conditions favorable to the development of the pathogen.

Keywords - *Oidium* sp., climatic changes, *Cucumis melo* L., cultivars.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O melão é a segunda fruta mais exportada em valores no Brasil, e esse aspecto favorece a expansão de sua produção no Submédio do Vale do São Francisco. Entretanto, como todas as outras atividades agrícolas, a sua produção está diretamente ligada aos elementos climáticos e a ocorrência de problemas fitossanitários.

A temperatura média da atmosfera aumentou em torno de 0,85 °C, desde o período pré-industrial, podendo chegar a 4,8 °C, até 2100 (IPCC, 2013). Isso é reflexo da elevada emissão antropogênica de Gases de Efeito Estufa (GEEs), como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) impulsionado pelo crescimento econômico e populacional (IPCC, 2013).

As consequências do aumento da temperatura e do CO₂, previstas pelo IPCC permanecem incertas. Nesse contexto, avaliar o impacto das alterações climáticas sobre as atividades agrícolas é de fundamental importância para auxiliar a formulação de estratégias de adaptação para o setor, a fim de evitar que ocorram prejuízos (FÉRES; REIS; SPERANZA, 2011; MARQUES; SILVA; HANISCH, 2013). Como em todas as outras atividades agrícolas, as alterações climáticas poderão afetar a produção de melão, assim como alterar a ocorrência, intensidade e distribuição de problemas fitossanitários nessa cultura.

A ocorrência de doenças em plantas está ligada diretamente ao clima, e qualquer modificação na temperatura poderá alterar a taxa de desenvolvimento das doenças (ANGELOTTI; GHINI; BETTIOL, 2017). Para o meloeiro, o oídio, causado pelo fungo *Podosphaera* (sect. *Sphaerotheca*) *xanthii* (Castagne) Braun & Shishkoff, é considerado uma das principais doenças foliares (REIFSCHNEIDER; BOITEUX; OCCHIENA, 1985; BRUNELLI; KOBORI; GIORIA, 2008). No Nordeste, a doença tem grande importância uma vez que causa danos severos à planta, sendo responsável por perdas consideráveis na produção (SALVIANO et al, 2017).

Considerando que existem grandes incertezas no cenário de mudanças climáticas, torna-se importante o conhecimento de como as alterações climáticas irão interferir na relação hospedeiro x ambiente x patógeno almejando encontrar resposta para o produtor, diminuindo os riscos de perdas na produção e contribuindo na determinação de estratégias de manejo.

Com isso, o objetivo do trabalho foi avaliar os impactos do aumento da temperatura e da concentração de CO₂ sobre o oídio em diferentes cultivares de meloeiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DO MELÃO

2.1.1 Importância

No Brasil, a cultura do melão (*Cucumis melo* L.) foi implantada comercialmente na década de 1960. Até então, quase todo o mercado nacional era abastecido por frutos importados, principalmente do Chile e da Espanha (ARAÚJO; VILELA, 2003). Atualmente, o Brasil é o décimo maior produtor mundial de melão, destacando-se como um dos principais produtos da exportação. O produto vem conquistando novos mercados e é considerado uma das oleráceas mais populares do mundo (ANUÁRIO, 2017). O cultivo do melão mostra-se importante para a economia nacional e internacional, pois é uma das culturas de maior crescimento nas exportações de produtos hortícolas pelo país (DALASTRA et al., 2016).

A produção nacional de melão é de 540.229 toneladas e ocupa uma área de 23.390 hectares de área plantada. Desse total, o Nordeste é responsável pela produção de 514.276 toneladas em 20.886 hectares. A região contribui com 95% da produção do melão no Brasil e com 89% em relação à área total no Brasil (Tabela 1) (IBGE, 2017), sendo descrito como uma das culturas de maior expressão econômica (MOURA; OLIVEIRA; SILVA, 2011). Os estados de maior notoriedade são: Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia, Piauí e Pernambuco, com produção acima de 511.844 toneladas (IBGE, 2017).

Tabela 1: Área plantada, quantidade produzida e valor da produção do melão referente ao ano de 2017

Brasil e Grande Região	Área plantada (hectares)	Quantidade produzida (toneladas)	Valor da produção (R\$)
Brasil	23.390	540.229	492.874
Nordeste	20.886	514.276	454.525
Percentual	89%	95%	92%

Fonte: IBGE, 2017

A região Nordeste se destaca devido às condições naturais de temperaturas e de radiação elevadas (média diária global estimada em 5,9 KWh/m²). Condições que foram potencializadas pela introdução de avançadas técnicas de cultivo (VIANA et al.,

2007; PEREIRA et al., 2006). No Submédio do Vale do São Francisco as condições climáticas peculiares favorecem o desenvolvimento e a produção de melão de excelente qualidade, oferecendo possibilidade de plantio e colheita durante todo o ano (SOBRINHO et al., 2008; COSTA; DIAS, 2010).

2.1.2 Fatores abióticos e bióticos e a produção de melão

Dentre os fatores abióticos que afetam a produção do melão, pode-se destacar os elementos climáticos, como a temperatura, a precipitação, a radiação solar e a umidade relativa do ar, que exercem influência substancial no crescimento, no desenvolvimento, na qualidade e na produtividade do melão (ANGELOTTI; COSTA, 2010; NEGREIROS, 2015).

A temperatura do ar influencia diretamente o desenvolvimento das plantas de melão (OLIVEIRA et al., 2017; ANGELOTTI; COSTA, 2010), atuando desde a germinação de sementes até a qualidade do fruto. Para a cultura, a faixa de temperatura ótima é de 20 °C a 30 °C para a germinação, de 25 °C a 30 °C para o desenvolvimento e de 20 °C a 23 °C para a floração (Tabela 2) (SALVIANO et al., 2017; COSTA et al., 2000).

Tabela 2: Faixas de temperatura nos diferentes estádios fenológicos da cultura do melão

Estádio fenológico da cultura		Faixas de temperatura
Germinação da semente	Mínima	18°C
	Ideal	25°C a 35°C
	Ótima	20°C a 30°C
	Máxima	45°C
Desenvolvimento	Ótima	25°C a 30°C
Floração	Ótima	20°C a 23°C

Fonte: adaptado de SALVIANO et al., 2017; DIAS; COSTA, 2010

No Semiárido, a produção do melão só é possível com o uso de irrigação, uma vez que a região é caracterizada por escasso regime de chuvas, irregularidade e concentração das precipitações num curto período de 3 meses (ANGELOTTI; COSTA, 2010). Entretanto, se a ocorrência de precipitação coincidir com a fase de maturação e colheita dos frutos, poderá prejudicar a produção, com danos nos frutos e redução no teor de açúcar.

No Submédio do Vale do São do Francisco, a umidade relativa média do ar varia de 56% a 73%. Para o meloeiro, a faixa ótima de umidade relativa do ar está

situada entre 65% e 75% (ANGELOTTI; COSTA, 2010). Valores acima desta faixa favorecem a produção de melões pequenos e de sabor inferior, geralmente com baixo teor de açúcares (OLIVEIRA et al., 2017).

A intensidade luminosa também exerce influência na cultura do melão. É recomendável o plantio do meloeiro em regiões que apresentam exposição solar na faixa de 2.000 a 3.000 horas/ano (COSTA; GRANGEIRO, 2003; SALVIANO et al., 2017). Isto porque, o encurtamento do período de disponibilidade de radiação solar tem ação direta na redução da área foliar, afetando os processos fotossintéticos, fixação de frutos e seu teor final de açúcar e coloração da casca (PIVETTA, 2010).

Assim, o desenvolvimento e a produção de uma espécie vegetal dependem do seu genótipo e das condições ambientais às quais é submetida, sendo que os elementos associados ao clima podem ser responsáveis pela predisposição de plantas ao ataque de fitopatógenos (BERGAMIM FILHO; KIMATI; AMORIM, 1995). A título de exemplo, o excesso de chuvas, em períodos com temperaturas elevadas, pode favorecer a ocorrência de doenças fúngicas (ANGELOTTI; COSTA, 2010). Os altos índices de precipitação favorecem o aparecimento do míldio [*Pseudoperonospora cubensis* (Berkeley & Curtis)] e do crestamento gomoso [*Didymella bryoniae* (Auersw.) Rehm] (BARBOSA; TERAQ; BATISTA, 2010; PEREIRA; PINHEIRO; CARVALHO, 2012). Em contrapartida, a baixa precipitação favorece o aparecimento do oídio [*Podosphaera xanthii* (Braun & Shishkoff)] (VIDA et al., 1996). Assim, os fatores abióticos que afetam a produção do melão têm efeito direto na ocorrência de fatores bióticos, como na ocorrência de patógenos.

Dentre os fatores bióticos destacam-se os patógenos causadores de doenças de plantas. As doenças que afetam o meloeiro podem ser causadas por bactérias, nematoides, vírus e fungos.

As principais doenças fúngicas são crestamento gomoso (*D. bryoniae*), cancro-seco [*Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid] e fusariose [*Fusarium solani* (Mart.) Sacc] que são causadores das podridões de raízes e colos; e, antracnose [*Colletotrichum orbiculare* (Berck & Mont.) Arx.], míldio (*P. cubensis*) e oídio (*P. xanthii*) que atacam principalmente as folhas, podendo afetar outros tecidos. Essas doenças são responsáveis por elevadas perdas de produtividade (BARBOSA; TERAQ; BATISTA, 2010; PORTO, 2015; BRUNELLI; KOBORI; GIORIA, 2008).

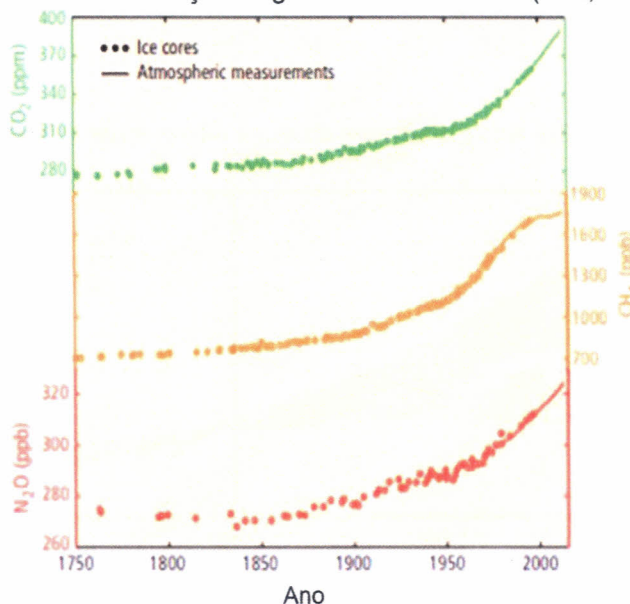
2.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E IMPACTOS NA AGRICULTURA

2.2.1 Cenários Climáticos

A mudança climática refere-se a qualquer mudança do clima ao longo do tempo, seja devido à variabilidade natural ou como resultado da atividade humana (IPCC, 2007). Atualmente, as evidências científicas estão cada vez mais fortes de que a atividade humana é um fator determinante para o aumento da temperatura do ar (BLANK, 2015; MARQUES; SILVA; HANISCH, 2013).

As emissões antropogênicas dos Gases de Efeito Estufa (GEEs) têm aumentado desde o período pré-industrial e foram amplamente impulsionadas pelo crescimento econômico e populacional. As concentrações de CO_2 , CH_4 e N_2O , principais GEEs, aumentaram em 40%, 150% e 20%, respectivamente, desde 1750 (Figura 1). Nesse contexto, o CO_2 foi um dos que mais apresentou aumento, gerando grande preocupação, uma vez que é considerado o maior contribuinte para o aquecimento global (IPCC, 2013).

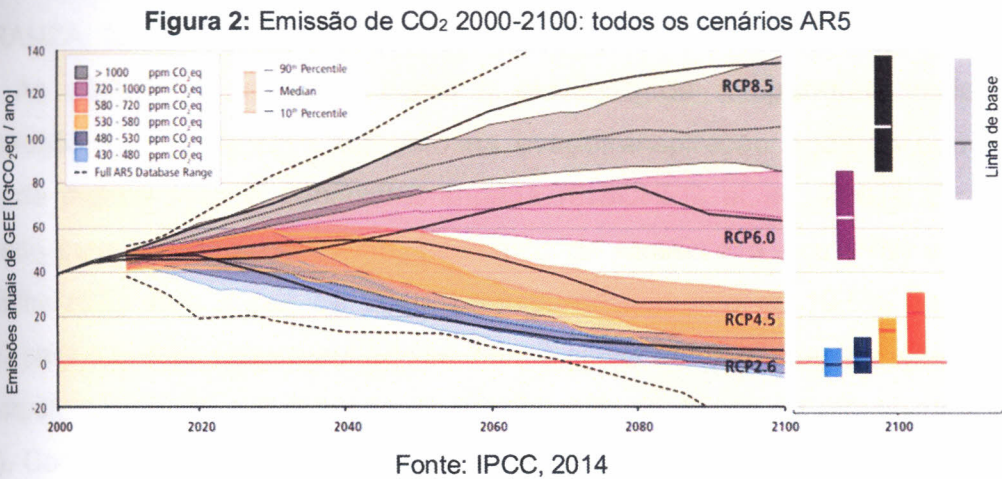
Figura 1: Média global da concentração de gases de efeito estufa (CO_2 , CH_4 e N_2O) 1750-2000



Fonte: IPCC, 2013

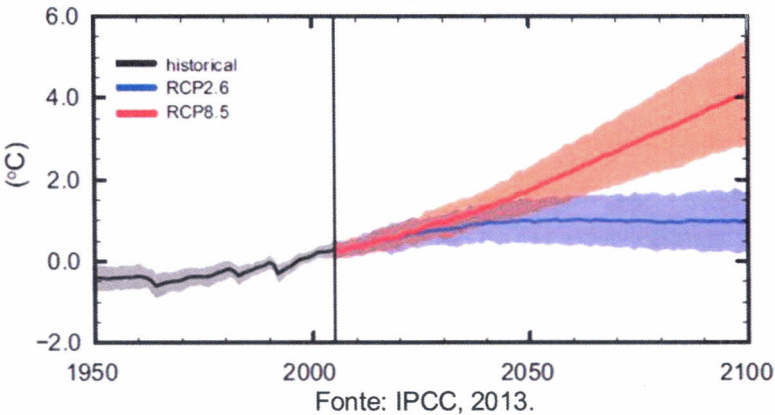
As concentrações de CO_2 na atmosfera passaram de 279 ppm na era pré-industrial para 346 ppm em 1986 (HALL, 1989), e, atualmente já ultrapassou 400 ppm (IPCC, 2013; NOAA, 2019). Levando em consideração as Vias de Concentração

Representativa (RCP) 8.5 - que representa o cenário mais pessimista, as concentrações de CO₂ podem ficar acima de 1000 ppm (Figura 2) (IPCC, 2013).



Como resultado do aumento da concentração dos GEEs na atmosfera verificou-se que a temperatura média da atmosfera aumentou em torno de 0,85 °C, no período de 1880-2012, podendo o aumento chegar a 4,8 °C, até 2100 (Figura 3) (IPCC, 2013). No Brasil, esse aumento permeia entre 3 °C e 6 °C, até 2100 (PBMC, 2014). Essa alteração na temperatura do ar poderá afetar diretamente a produção de alimentos (IPCC, 2014).

Figura 3: Mudança na temperatura média anual da superfície global 2000-2100: cenários RCP 2.6 e RCP 8.5 do AR5



2.2.2 Impactos das mudanças climáticas no cultivo do meloeiro

As mudanças climáticas poderão provocar impactos econômicos significativos sobre o setor agropecuário, que se destaca pela sensibilidade a esses efeitos. Nesse

contexto, avaliar o impacto das mudanças climáticas sobre as atividades agrícolas é de fundamental importância para auxiliar a formulação de estratégias de adaptação para o setor, a fim de evitar que ocorram grandes prejuízos (FÉRES; REIS; SPERANZA, 2011; MARQUES; SILVA; HANISCH, 2013).

As alterações do clima, como a elevação da temperatura, redução na precipitação, e consequente aumento na evapotranspiração poderão aumentar a demanda hídrica para a agricultura irrigada (FISCHER et al., 2007). Em estudo realizado com a cultura do melão, na região de Mossoró e Açu (RN) e do Baixo Jaguaribe (CE) para o ano de 2040, projetou-se aumento de 10,5% da demanda hídrica para o cultivo. Esse resultado se deve à elevação na temperatura, ao aumento da evapotranspiração e à redução da precipitação na época de plantio (OLIVEIRA, 2012). Como resposta, a cultura tende a ajustar a superfície foliar à disponibilidade hídrica, provocando diminuição no rendimento (RIBAS et al., 2000). Em outro estudo realizado na região Jaguaribe-Apodi (CE), sugere-se que a demanda de água para o cultivo do melão pode aumentar de 37% a 78% no período de 2031 a 2060, o que pode ocorrer em todos os meses de plantio (GONDIM et al., 2017a).

Além de alterar a demanda hídrica, o aumento na temperatura poderá causar impacto direto no desenvolvimento do melão, podendo apresentar respostas diferenciadas entre as cultivares (BOUZO; KUCHEN, 2012). Temperaturas acima de 35 °C poderão prejudicar a polinização das flores, diminuindo a germinação do grão de pólen e o comprimento do tubo polínico (NASRABADI; NEMAT, 2015).

Em relação ao CO₂, a elevada concentração resulta em muitos efeitos benéficos, incluindo aumento de produtividade, melhoria na eficiência no uso de recursos e menor suscetibilidade a alguns patógenos fúngicos (EITZINGER et al., 2003). Mas ainda existe grande incerteza na magnitude do seu efeito e da sua interação com os outros elementos climáticos (HAMADA; GHINI, 2017a). Em estudo realizado no meloeiro em ambiente com elevada temperatura e elevada concentração de CO₂, verificou-se aumento nas taxas transpiratórias, proporcionando menor nível de hidratação dos tecidos foliares e prejudicando a capacidade de expansão por turgescência. Este ambiente prejudicou a formação de reservas e o acúmulo de massa seca. Assim, no cenário climático futuro, a elevação da temperatura e do CO₂ exigirá modificações no manejo da cultura como medida de adaptação às mudanças climáticas (ARAÚJO et al., 2015).

Apesar das incertezas sobre os impactos das mudanças climáticas sobre a produção do melão, o desenvolvimento de estratégias de conservação do solo, água, adoção de táticas de manejo, como mudanças microclimáticas e nas datas de plantio, e a adoção de novas tecnologias deverão compor as ações o planejamento de pesquisas, principalmente na orientação de medidas de adaptação do sistema de cultivo.

2.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DOENÇAS DE PLANTAS

Para que uma doença ocorra é necessário que exista interação entre os componentes do triângulo da doença, o qual é estabelecido pela interação entre o hospedeiro suscetível e o patógeno virulento em um ambiente favorável (Figura 4). Alterações no clima podem resultar em modificações na interação ambiente x hospedeiro x patógeno (HAMADA; GHINI, 2017a).

Figura 4: Triângulo da doença: interação entre os elementos fundamentais que determinam a ocorrência de uma doença de planta



Fonte: adaptado de GHINI; HAMADA, 2008

Algumas ações de adaptação e mitigação são realizadas no intuito de diminuir os possíveis prejuízos decorrentes das alterações climáticas nos elementos que compõem o triângulo. O ambiente detém grande relevância na ocorrência e intensidade de doenças de plantas. É provável que as alterações climáticas causem modificações na distribuição geográfica e temporal de patógenos, alterando sua pressão em culturas alimentares, nas diferentes regiões de cultivo (ANGELOTTI, 2011; HAMADA; GHINI, 2017a). Em videira (*Vitis vinifera* L.) 'Niagara Rosada', para

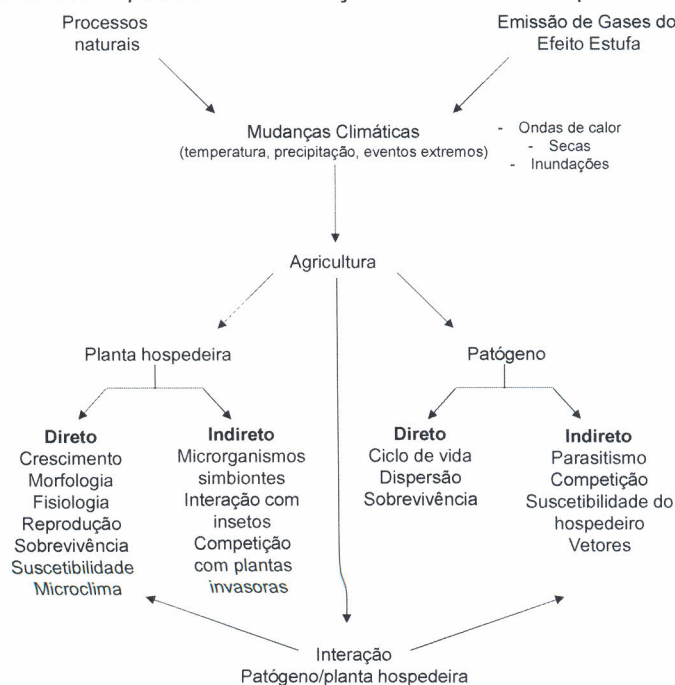
diminuir os efeitos negativos do ambiente, pode ser utilizada cobertura plástica para alterar o microclima e reduzir a incidência de doenças fúngicas como o míldio [*Plasmopara viticola* (Berk. & Curtis) Berk & de Toni], a antracnose [*Elsinoe ampelina* (de Bary) Shear], a mancha-das-folhas [*Pseudocercospora vitis* (Lév.) Speg.], a podridão cinzenta [*Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel], a podridão amarga [*Melanconium fuligineum* (Scrib & Viala) Cav.] e a podridão-da-uva-madura [*Glomerella cingulata* (Ston.) Spauld & Schrenk]. A cobertura plástica evita a ocorrência de chuvas sobre as folhas e cachos, fator determinante no desenvolvimento de doenças fúngicas (PEDRO JÚNIOR; HERNANDES; ROLIM, 2011). Pode ainda, adotar medidas de espaçamento que proporcionem boa aeração e insolação para diminuir a ocorrência de doenças, como é o caso das podridões do cacho e do míldio em videira 'Niagara Rosada' (MAIA et al., 2003).

Em relação ao hospedeiro, estudos mostram que o manejo das doenças pode ser feito através da utilização da resistência genética de plantas, que representa um dos métodos de controle mais eficientes, econômico e de fácil acesso aos produtores, reduzindo, de forma expressiva, os prejuízos ocasionados pelas doenças (REZENDE; MARTINS, 2005). Esses estudos de resistência genética são promissores para o desenvolvimento de cultivares resistentes.

Já em relação ao patógeno, pode ser feito o controle biológico com o uso de inimigos naturais. Como prática de controle do oídio (*P. xanthii*) do meloeiro (*Cucumis melo* L.) e da podridão da uva madura (*G. cingulata*) da videira (*V. vinifera*) pode ser utilizado o fungo *Trichoderma* spp. (TAVARES et al., 2004; RIZZOTTO, 2015); no oídio [*P. xanthii* (syn. *P. fusca*) (Castagne)] da abobrinha (*Cucurbita pepo* L.) foi utilizada a bactéria *Bacillus subtilis* como antagonista para o patógeno (SANTOS, 2009). O controle biológico, na maioria dos casos, não tem substituído outros métodos de controle, entretanto, pode ser considerado como um importante complemento de outras medidas (HENIS; CHET, 1975). A integração de métodos de controle de doenças de plantas permite a solução de problemas fitossanitários em condições economicamente viáveis, com menores riscos de fracasso e de contaminação (GHINI, 1991).

Os impactos ocasionados pelas mudanças climáticas podem ser diretos e indiretos sobre a planta hospedeira e sobre o patógeno e ainda, causando alterações na interação planta-patógeno (Figura 5) (ANGELOTTI, 2011).

Figura 5: Esquema dos impactos das mudanças climáticas sobre problemas fitossanitários



Fonte: ANGELOTTI, 2011

Em alguns patossistemas, as alterações climáticas, como o incremento da temperatura poderão aumentar, não influenciar ou até mesmo reduzir os riscos de epidemias e/ou danos causados por elas (LOPES, 2017; GHINI; HAMADA; BETTIOL, 2008). Neste sentido, algumas pesquisas estão sendo realizadas para avaliar como as mudanças climáticas irão atuar sobre a severidade das doenças de plantas, a fim de diminuir as incertezas futuras. Para o fungo [*Alternaria porri* (Ellis) Cif], agente causal da mancha púrpura na cebola (*Allium cepa* L.), a temperatura tem efeito no *crescimento micelial e na produção de conídios*, onde as temperaturas entre 25 °C a 30 °C otimizaram o crescimento e a esporulação do fungo (PINHEIRO et al., 2012). Por outro lado, o aumento da temperatura propiciou a redução na severidade do oídio (*Oidium* sp.) em feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] (SANTANA et al, 2012) e do míldio (*P. viticola*) na videira (*V. vinifera*) (ANGELOTTI et al., 2017).

A influência da temperatura também é importante na quantificação dos componentes monocíclicos de diversos sistemas patógeno-hospedeiro. Entre estes componentes destacam-se o período de incubação e o período latente. O conhecimento de como a temperatura influencia estes componentes poderão contribuir na determinação de estratégias de manejo (VALE; JESUS JÚNIOR; ZAMBOLIM, 2004; ZADOKS; SCHEIN, 1979).

Pesquisas também têm sido desenvolvidas para avaliar a distribuição geográfica e temporal das doenças frente aos cenários climáticos futuros, por meio do uso da técnica do geoprocessamento (Tabela 3). Os resultados apontam variações entre os patossistemas, aumentando ou reduzindo a favorabilidade dos diferentes patógenos (HAMADA; GHINI, 2017b).

Tabela 3: Tendência de favorabilidade de doença de plantas às mudanças climáticas

Cultura	Patógeno	Doença	Relatório do IPCC ¹	Abrangência geográfica	Tendência de favorabilidade	Referência
Café	<i>Hemileia vastatrix</i>	Ferrugem	TAR	Estados produtores	Aumento	Ghini et al. (2011)
Cana-de-açúcar	<i>Puccinia melanocephala</i>	Ferrugem	TAR	Nacional	Redução	Moraes et al. (2011b)
Eucalipto	<i>Puccinia psidii</i>	Ferrugem	TAR	Nacional	Redução	Moraes et al. (2014)
Milho	<i>Puccinia polysora</i>	Ferrugem	TAR	Nacional	Redução	Moraes et al. (2011a)
Mamão	<i>Asperisporium caricae</i>	Variola	TAR	Nacional	Redução	Jesus Jr. et al. (2007)
Uva	<i>Uncinula necator</i>	Oídio	AR4	Nacional	Aumento	Hamada et al. (2015)
Soja	<i>Microsphaera fiffusa</i>	Oídio	AR4	Nacional	Redução	Amaral et al. (2011)

TAR: Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC; e AR4: Quarto Relatório de Avaliação do IPCC.
Fonte: HAMADA; GHINI, 2017b

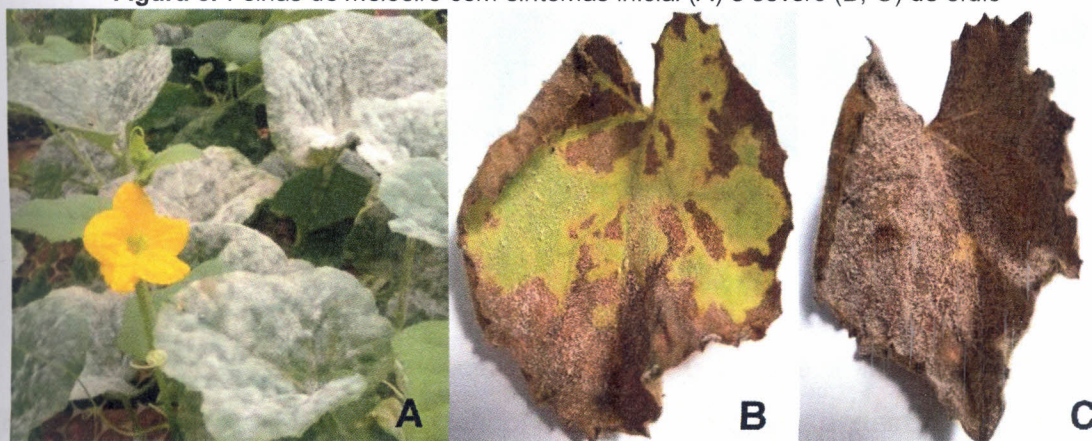
O aumento da concentração atmosférica de CO₂ poderá atuar diretamente no desenvolvimento da planta hospedeira, e também no desenvolvimento do patógeno. Algumas plantas crescidas em ambiente enriquecido com CO₂ podem ter uma maior produção de carboidratos, influenciando na incidência e severidade de doenças de plantas (DROOGERS et al., 2004; McELRONE et al., 2005). Além disso, o aumento da concentração atmosférica de CO₂ promove o aumento de biomassa das plantas, isto é, o aumento de brotações, folhas, flores e frutos, representando maior quantidade de tecido a ser infectado pelos patógenos biotróficos, facilitando o seu crescimento, esporulação e disseminação (MANNING; TIEDEMANN, 1995). Em experimento realizado com a cultura do café (*Coffea arabica* L.), as cultivares Catuaí e Obatã mantiveram taxas fotossintéticas relativamente altas, eficiência no uso da água, aumento do crescimento e rendimento sob elevado teor de CO₂. Os autores verificaram baixa incidência da mancha de Cercospora [*Cercospora coffeicola* (Berk e Cooke)] durante o ensaio (GHINI et al., 2015). Já para a videira (*V. vinifera*), o aumento da concentração de CO₂ aumentou a severidade do oídio [*Uncinula necator* (Schwein.) Burril] em mudas da cultivar Crimson (RODRIGUES et al, 2012).

2.3.1 Oídio no meloeiro

Atualmente, o oídio é considerado uma das principais doenças fúngicas do meloeiro na região Nordeste, causando danos severos à planta (SALVIANO et al., 2017). A sua importância econômica depende da cultivar envolvida e das condições ambientais onde ocorre (McGRATH; THOMAS, 1996). O oídio é favorecido por condições ambientais de baixa umidade relativa (abaixo de 50%) e temperaturas em torno de 20 °C a 25 °C (RABELO, 2017).

A doença desenvolve-se rapidamente e seu ciclo completo pode levar de 3 a 7 dias, sendo produzida uma quantidade grande de conídios em cada lesão. Os sintomas da doença são caracterizados pelo aparecimento de manchas pulverulentas inicialmente brancas, depois apresenta uma coloração acinzentada correspondente ao micélio, conidióforos e conídios (McGRATH; THOMAS, 1996; STADNIK; KOBORI; BETTIOL, 2001; REIS, 2007). As folhas severamente afetadas tornam-se marrons e ressecadas (Figura 6) (STADNIK; KOBORI; BETTIOL, 2001).

Figura 6: Folhas de meloeiro com sintomas inicial (A) e severo (B, C) de oídio

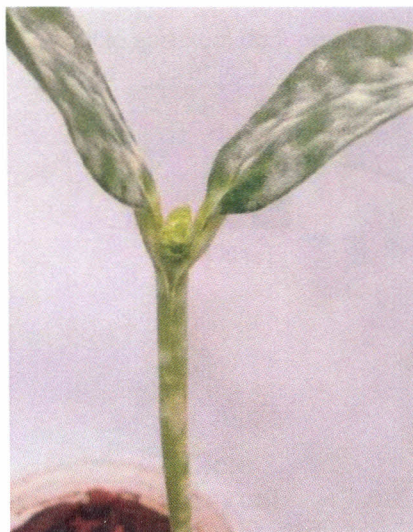


Ocorre a redução da fotossíntese - pela perda prematura de parte das folhas, ocasionando redução na produção de fotoassimilados; aumenta a respiração e a transpiração, concorrendo para diminuir o crescimento da planta e a produção vegetal, com redução que varia de 20% a 40% (AGRIOS, 2005; VIANA et al., 2001). A redução de produtividade do hospedeiro se deve basicamente à diminuição na capacidade fotossintética da planta e à utilização de nutrientes das células pelo patógeno (STADNIK; KOBORI; BETTIOL, 2001). Ocorre também, a diminuição do tamanho ou do número de frutos e redução do período produtivo das plantas (ZITTER; HOPKINS;

THOMAS, 1996). O ataque severo pode causar retorcimento e queda das folhas, morte de ramos novos, queda de flores e frutos, deformação e perda de sabor dos frutos e a senescência antecipada da planta (BEDENDO, 2011; STADNIK; KOBORI; BETTIOL, 2001; BRUNELLI; KOBORI; GIORIA, 2008).

A doença afeta principalmente as folhas, podendo se estender aos pecíolos, aos ramos novos (Figura 7), dependendo da severidade, pode afetar até mesmo os frutos. Geralmente, os sintomas se desenvolvem primeiro nas folhas mais velhas ou nas folhas sombreadas, na parte abaxial (KUROZAWA; PAVAN, 1997; BRUNELLI; KOBORI; GIORIA, 2008).

Figura 7: Plântula de melão com folhas cotiledonares e haste apresentando sintomas de *Oidium* sp. (teleomórfico *Podosphaera xanthii*)



Na região Nordeste, a espécie causadora do oídio é a *Podosphaera xanthii* (Braun & Shishkoff), um fungo biotrófico, que depende do hospedeiro vivo para o seu crescimento, reprodução e sobrevivência. O fungo cresce sobre a superfície das plantas hospedeiras, retirando nutrientes das células epidérmicas por meio dos haustórios (GREEN; CARVER; GURR, 2000; STADNIK, 2000; REIS et al., 2005).

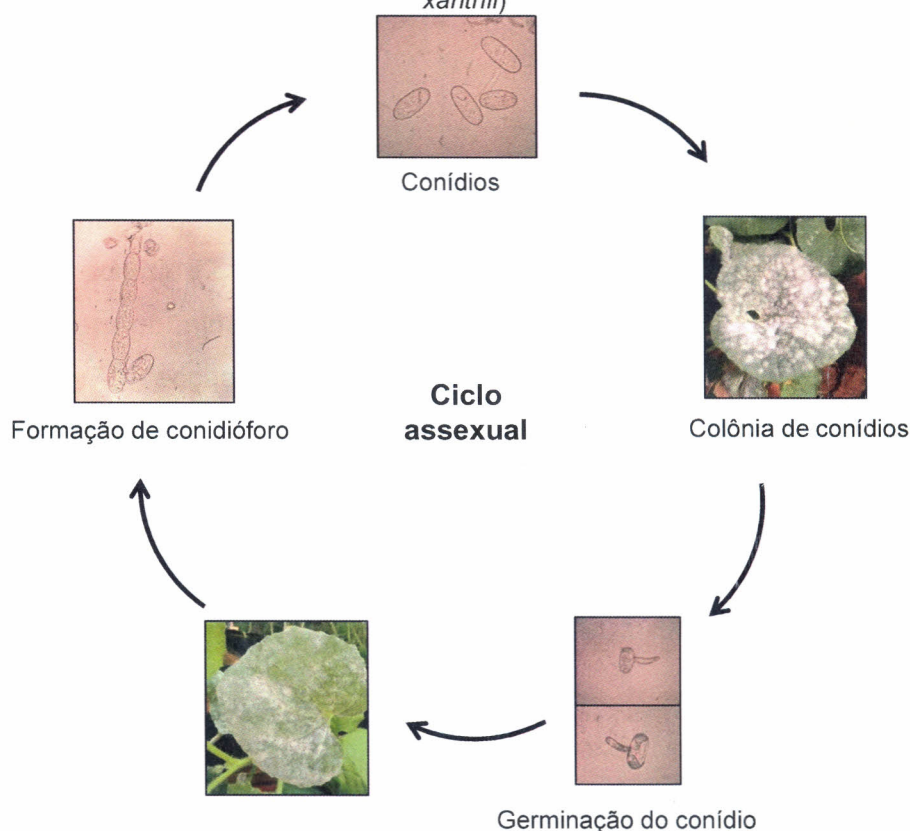
Até o momento apenas a fase assexuada, *Oidium* sp., foi relatada no Brasil (STADNIK, 2001). Entretanto, na literatura, os trabalhos referenciam como o agente causal do oídio do meloeiro a fase sexuada, *P. xanthii* (AGUIAR et al., 2012).

A reprodução sexual ocorre somente após o encontro de hifas distintas quanto ao tipo de acasalamento. Como consequência, é produzido um tipo de corpo de

frutificação denominado de *chasmothecia*. Os *chasmothecium* contém um asco com oito ascósporos geneticamente diferentes (PÉREZ-GARCIA et al., 2009).

Seu ciclo assexual começa com a deposição de conídios na superfície foliar, forma-se um tubo germinativo para fixação e um apressório que facilita a adesão e penetração nas células epidérmicas. As interações específicas com o hospedeiro levam à penetração de hifas de infecção e à formação de haustórios intraepidérmicos que são essenciais para a fixação e para nutrição do fungo. Os haustórios retiram nutrientes das células epidérmicas e mesofílicas, garantindo a produção de conidióforos e conídios (Figura 8) (STADNIK, 2000; STADNIK; MAZZAFERA, 2001; LOPEZ; RIVERA, 2001). Os conídios podem permanecer viáveis por 7 a 8 dias (KUROZAWA; PAVAN, 1997).

Figura 8: Diagrama representando o ciclo assexual do fungo *Oidium* sp. (teleomórfico *Podosphaera xanthii*)



As hifas originam os conidióforos eretos, onde uma célula conidiogênica (a célula-tronco de conídio) passa por um processo blástico e gera conídios solitários - agentes infectivos assexuados - que são hialinos, unicelulares, com formato de barril a oval, com a morfologia típica de cada gênero/espécie (Figura 9) (ALEXOPOULOS; MIMS; BLACKWELL, 1996; REIS, 2007). Em média, o comprimento e a largura de

seus conídios são de $30,6 \times 18,6 \mu\text{m}$ (VAKALOUNAKIS; KLIRONOMOU; PAPADAKI, 1994). Possuem frequentemente tubos germinativos laterais, delgados e longos, sem apressório distinto, podendo ser bifurcado. A espécie *P. xanthii* possui frequentemente tubos germinativos laterais (STADNIK, 2001) e a presença de corpos de fibrosina (BALLANTYNE, 1975).

Figura 9: Conidióforos eretos com cadeia de conídios (A) e conídios (B) de *Oidium* sp. (teleomórfico *Podosphaera xanthii*)



A germinação depende basicamente da temperatura e umidade, e da condição nutricional do conídio (ZARACOVITIS, 1964). A espécie *P. xanthii* possui faixa de temperatura para germinação conidial entre 20°C a 30°C com um ótimo em 25°C (NAGY, 1976). A infecção e o desenvolvimento do patógeno em meloeiros ocorre em temperaturas de 20°C a 25°C . A umidade relativa alta favorece a infecção e a sobrevivência dos conídios, mas a colonização, a esporulação e a dispersão são altamente incrementadas em ambientes secos, com umidade relativa abaixo de 50% (BRUNELLI; KOBORI; GIORIA, 2008; VIANA et al., 2001).

Como o patógeno é um parasita obrigatório, ele se adapta constantemente ao hospedeiro, surgindo uma alta especificação na relação patógeno-hospedeiro. Especificidade que é demonstrada pela ocorrência de raças fisiológicas dos patógenos, capazes de atacar determinadas espécies de plantas e variedades de uma mesma espécie vegetal, respectivamente (BEDENDO, 2011). A identificação das raças fisiológicas é feita com base na resposta de genótipos à inoculação do patógeno (RABELO, 2017). Em levantamento preliminar realizado no Brasil, os resultados mostraram que a raça 1 deve ser a predominante no país, pois foi encontrada em todos os estados amostrados. A raça 2 foi obtida em casa-de-vegetação ou estufa,

sugerindo que essa raça, no Brasil, pode estar mais adaptada em condições de ambiente protegido, sendo pouco ou não competitiva em condições de campo (REIS; BUSO, 2004). As raças 1 e 2 são as mais disseminadas pelo mundo e, as mais relatadas no Brasil (RABELO, 2017). Na observação de alguns isolados, onde a maioria era proveniente do Nordeste, foi possível notar a presença das raças 0, 1, 2 (Francesa), 3, 4 e 5, com prevalência das raças 1 e 2 (FAZZA, 2006; REIS et al., 2005). Em estudo realizado no campo, notou-se que na cidade de Juazeiro-BA há predomínio da raça 1, e, Petrolina-PE há predomínio das raças 1 e 2 (REIS; BUSO, 2004; FAZZA, 2006).

A correta identificação e as informações sobre a ocorrência e distribuição das raças de *P. xanthii* são de elevada importância para recomendação de linhagens adequadas em programas de melhoramento e para a implementação de estratégias de controle (THOMAS et al., 1984). O melhoramento genético do melão tem acompanhado a evolução do patógeno, à medida que surgem novas raças, novas fontes de resistência têm sido identificadas e, conseqüentemente, novas cultivares desenvolvidas (RABELO, 2017).

3 REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. 5. ed. San Diego: Academic Press, 2005. 922 p.
- AGUIAR, B. M.; VIDA, J. B.; TESSMANN, D. J.; OLIVEIRA, R. R.; AGUIAR, R. L.; ALVES, T. C. A. Fungal species that cause powdery mildew in greenhouse-grown cucumber and melon in Paraná State, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, n. 3, 2012.
- ALEXOPOULOS, C. J.; MIMS, C. W.; BLACKWELL, M. **Introductory Mycology**. 4. ed. New York: John Wiley, 1996, 870 p.
- AMARAL, L. F.; MORAES, W. B.; PEIXOTO, L. A.; CECÍLIO, R. A.; ALVES, F. R.; JESUS JÚNIOR, W. C. Mudanças climáticas globais e seus potenciais impactos sobre o oídio da soja no Brasil. In: XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e V Encontro Latino Americano de Iniciação Científica Júnior - Universidade do Vale do Paraíba, 2011.
- ANGELOTTI, F. Mudanças climáticas e problemas fitossanitários. In: LIMA, R. C. C.; CAVALCANTE, A. M. B. C.; MARIN, A. M. P. (Org.). **Desertificação e mudanças climáticas no Semiárido Brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2011. 209 p.: il.
- ANGELOTTI, F.; COSTA, N. D. **Sistema de produção do melão**. Embrapa Semiárido. Versão eletrônica, 2010. Disponível em: <
<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melao/SistemaProducao>>. Acesso em: fev. 2018.
- ANGELOTTI, F.; GHINI, R.; BETTIOL, W. Como o aumento da temperatura interfere nas doenças de plantas? In: BETTIOL, W.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUAD, A. M.; GHINI, R. (Org.). **Aquecimento global e problemas fitossanitários**. Brasília: Embrapa, 2017, 488 p.: il.
- ANGELOTTI, F.; HAMADA, E.; MAGALHÃES, E. E.; GHINI, R.; GARRIDO, L. R.; PEDRO JÚNIOR, M. J. Climate change and the occurrence of downy mildew in Brazilian grapevines. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 6, 2017.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTALIÇAS**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2017, 60 p.
- ARAÚJO, J. L. P.; VILELA, M. J. Aspectos socioeconômicos. In: SILVA, H. R., COSTA, N. D. (Org.). **Melão: Produção Aspectos técnicos**, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Embrapa Hortaliças, Embrapa Semiárido, 2003, 144 p.
- ARAÚJO, L. F.; OLIVEIRA, N. P. S.; SILVA, R. M.; BEZERRA, M. A.; ANGELOTTI, F. Influência do aumento do CO₂ no crescimento inicial e nas trocas gasosas do meloeiro amarelo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. especial, p. 439-453, 2015.

BALLANTYNE, B. **Powdery mildew on Cucurbitaceae: identity, distribution, host range and sources of resistance.** Proceedings of the Linnean Society of New South Wales, Sydney, v. 99, p. 100-120, 1975.

BARBOSA, M. A. G.; TERAPO, D.; BATISTA, D. C. **Sistema de produção do melão: doenças.** Embrapa Semiárido. Versão eletrônica, 5, 2010. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmelao/doencas.html>. Acesso em: fev. 2018.

BARROS, B. C.; CASTRO, J. L. PATRÍCIO, F. R. A. Resposta de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) ao controle químico das principais doenças fúngicas da cultura. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, n. 3, p. 239-246, 2006.

BEDENDO, I. P. Oídios. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia**. 1. ed. São Paulo: Ceres, 2011, 484 p.

BERGAMIM FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia: Princípios e Conceitos**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1995, 919 p.

BLANK, D. M. P. **O contexto das mudanças climáticas e as suas vítimas.** Fortaleza: Mercator, v. 14, n. 2, 2015.

BOUZO, C. A.; KUCHEN, M. G. Effect of temperature on melon development rate. **Agronomy Research**, v. 10, p. 1-2, 2012.

BRUNELLI, K. R.; KOBORI, R. F.; GIORIA, R. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do melão no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Org.). **Mudanças Climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

COSTA, N. D.; DIAS, R. C. S. **Sistema de produção do melão: plantio.** Embrapa Semiárido. Versão Eletrônica 5, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v31n2/21.pdf>>. Acesso em: fev. 2018.

COSTA, N. D.; DIAS, R. C. S.; FARIA, C. M. B.; TAVARES, S. C. C. H.; TERAPO, D. **Cultivo do melão.** Petrolina: Embrapa Semiárido, Circular Técnica 59, 2000, 67 p.

COSTA, N. D.; GRANGEIRO, L. C. Composição química do fruto e usos. In: SILVA, H. R.; COSTA, N. D. (Org.). **Melão, produção e aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Hortaliças/Embrapa Semiárido/Embrapa Informação Tecnológica, 2003, 22 p.

DALASTRA, G. M.; ECHER, M. M.; KLOSWSKI, E. S.; HACHMANN, T. L. Produção e qualidade de três tipos de melão, variando o número de frutos por planta. Viçosa: **Revista Ceres**, v. 63, n. 4, p. 523-531, 2016.

DIAS, R. C. S.; COSTA, N. D. **Sistema de produção do melão: propagação.** Embrapa Semiárido. Versão Eletrônica, 5, 2010. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmelao/propagacao.html>. Acesso em: fev. 2018.

- DORIGUELLO, D. V. Controle da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) com óleo de café e *Bacillus* spp. 2013. 45 f. Dissertação (Mestre em Agronomia – Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.
- DROOGERS, P.; VAN DAM, J.; HOOBEVEEN, J.; LOEVE, R. Adaptation strategies to climate change to sustain food security In: AERTS, J. C. J. H.; DROOGERS, P. (Org.). **Climate change in contrasting river basins: adaptation strategies for water, food and environment**. Cambridge: CABI Publishing, 2004.
- EITZINGER, J.; STASTNÁ, M.; ZALUD, Z.; DUBROVSKY, M. A. Simulation study of the effect of soil water balance and water stress on winter wheat production under different climate change scenarios. **Agricultural Water Management**, v. 61, n. 3, p. 195-217, 2003.
- FAZZA, A. C. Caracterização e ocorrência de agentes causais de oídio em cucurbitáceas no Brasil e reação de germoplasma de meloeiro. 2006. 60 f. Dissertação (Mestre em Agronomia - Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.
- FÉRES, J.; REIS, E.; SPERANZA, J. S. Impacto das mudanças climáticas no setor agrícola brasileiro. In: MOTTA, R. S. **Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. Brasília: Ipea, 2011. 440 p.
- FISCHER, G.; TUNIELLO, F. N.; VELTHUIZEN, H. V.; WIBERG, D. A. Climate change impacts on irrigation water requirements: effects of mitigation, 1990-2008. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 74, p. 1083-1107, 2007.
- GHINI, R. Integração do controle biológico com outros métodos de controle de doenças de plantas. In: BETTIOL, W. (Org.) **Controle biológico de doenças de plantas**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPDA, p. 201-217, 1991.
- GHINI, R.; HAMADA, E. Proposta metodológica para discussão dos impactos das mudanças climáticas globais sobre doenças de plantas. In: GHINI, R.; HAMADA, E. **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.
- GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre as doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 16, p. 1-37. 2008.
- GHINI, R.; TORRE-NETO, ANDRÉ; DENTZIEN, A. F. M.; GUERREIRO-FILHO, O.; IOST, R.; PATRÍCIO, F. R. A.; PRADO, J. S. M.; THOMAZIELLO, R. A.; BETTIOL, W.; DAMATTA, F. M. Coffee growth, pest and yield responses to free-air CO₂ enrichment. **Climatic Change**, v. 132, p. 307-320, 2015.
- GONDIM, R. S.; EVANGELISTA, S. R. M.; MAIA, A. H. N.; DUARTE, A. S. Climate change impacts on water demand of melon plants in Jaguaribe-Apodi region, Brazil. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 3, p. 591-602, 2017.

GREEN, J. R.; CARVER, T. L. W.; GURR, S. J. The formation and function of infection and feeding structures. In: BÉLANGER, R.; BUSHNELL, W. R.; DIK, A. J.; CARVER, T. L. W. **The powdery mildews: a comprehensive treatise**. Saint Paul: APS press, 2000, 292 p.

HALL, D. Carbon flows in the biosphere: present and future. **Journal of the Geological Society**, v. 146, 1989.

HAMADA, E., GHINI, R. Metodologia de mapeamento para avaliação de impactos das mudanças climáticas sobre problemas fitossanitários. In: BETTIOL, W.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUAD, A. M.; GHINI, R. (Org.). **Aquecimento global e problemas fitossanitários**. Brasília: Embrapa, 2017a, 488 p.: il.

HAMADA, E.; GHINI, R. **Efeito das mudanças climáticas sobre doenças de plantas com suporte da análise integrada do geoprocessamento**. XL Congresso Paulista de Fitopatologia. Campinas: Instituto Agrônômico, 2017b.

HENIS, Y.; CHET, I. Microbiological control of plant pathogens. **Advances in Applied Microbiology**, v.19, p.85-111, 1975.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias, 2017. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>>.

IPCC, 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (Org.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 p.

IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stoker, T.F., D.Qin, G-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (Org.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 33 p.

IPCC, 2014: 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 (Org.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p.

KUROZAWA, C.; PAVAN, M. A. Doenças das cucurbitáceas. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Org.). **Manual de Fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, v. 2, 1997.

LOBO, V. L. S.; FILIPPI, M. C. C.; PRABHU, A. S. **Manejo de doenças: arroz**. Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fuzvmwzg02wyiv80166sqfmvyttys.html>>. Acesso em outubro de 2018.

LOPES, C. A. A fitopatologia nos cenários de aquecimento global. In: BETTIOL, W.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUAD, A. M.; GHINI, R. (Org.). **Aquecimento global e problemas fitossanitários**. Brasília: Embrapa, 2017. 488 p.: il.

LOPEZ, S. E.; RIVERA, M. C. Biología y patología de los oídios. In: STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. (Org.). **Oídios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 484 p.: il.

MAIA, J. D. G.; NAVES, R. L.; GARRIDO, L. R.; SÔNEGO, O. R.; KUHN, G. B. **Cultivo da videira Niágara Rosada em regiões tropicais do Brasil: doenças e seu controle**. Embrapa Uva e Vinho: Sistema de Produção 5, 2003.

MANNING, W. J.; TIEDMANN, A. V. Climate change: potential effects of increased atmospheric carbon dioxide (CO₂), ozone (O₃), and Ultraviolet-B (UV-B) radiation on plant diseases. **Environmental Pollution**, v. 88, p. 219-245, 1995.

MARQUES, A. C.; SILVA, J. C. B. V.; HANISCH, A. L. Mudanças climáticas: impactos, riscos e vulnerabilidades na agricultura. **Revista de Estudos Vale do Iguaçu**, v. 01, n. 21, p.93-116, 2013.

McELRONE, A. J.; REID, C. D.; HOYE, K. A.; HART, E.; JACKSON, R. B. Elevated CO₂ reduces disease incidence and severity of a red maple fungal pathogen via changes in host physiology and leaf chemistry. **Global Change Biology**, v. 11, p.1828-1836, 2005.

McGRATH, M. T.; THOMAS, C. E. Powdery Mildew. In: ZITTER, T. A.; HOPKINS, D. L.; THOMAS, C. E. (Ed.). **Compendium of cucurbit diseases**. Saint Paul: The American Phytopathological Society, 1996.

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. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 07, n. 07, 2011.

NAGY, G. S. Studies on powdery mildews of cucurbits I. Life cycle and epidemiology of *Erysiphe cichoracearum* and *Sphaerotheca fuliginea*. **Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae**, v. 11, p. 205-210, 1976.

NASRABADI, H. N.; NEMAT, H. Temperature affects vigour and pollen viability of melon. **Agricultural and Biological Sciences Journal**, v.1, n.5, p. 183-185, 2015.

NEGREIROS, A. M. P. **Crescimento, produção e qualidade do melão produzido sob Lithothamnium**. 2015. 85 f. Dissertação (Mestre em Agronomia - Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2015.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Disponível em: <<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>>. Acesso em: fev. 2019.

OLIVEIRA, F. I. C.; NUNES, A. C.; SILVA, F. D.; SILVA, G. T. M. A.; ARAGÃO, F. A. S. A cultura do melão. In: FIGUEIRÊDO, M. C. B.; GONDIM, R. S.; ARAGÃO, F. A. S. (Org.). **Produção de melão e mudanças climáticas: sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica**. Brasília: Embrapa, 2017. 302 p. il.

OLIVEIRA, K. M. L. Impactos das mudanças climáticas na demanda de água para irrigação do meloeiro (*Cucumis melo* L.) utilizando modelo regionalizado integrado a um sistema de informações geográficas. 2012. 88 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Base científica das mudanças climáticas**. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. Rio de Janeiro: COPPE, UFRJ, v. 1, 2014.

PEDRO JÚNIOR, M. J.; HERNANDES, J. L.; ROLIM, G. S. Sistema de condução em Y com e sem cobertura plástica: microclima, produção, qualidade do cacho e ocorrência de doenças fúngicas na videira 'Niagara Rosada'. Campinas, v. 70, n. 1, p. 228-233, 2011.

PEREIRA, E. B. MARTINS, F. R.; ABREU, S. L.; RÜTHER, R. Atlas Brasileiro De Energia Solar. São José dos Campos: INPE, 2006. 60 p.: il.

PEREIRA, R. B.; PINHEIRO, J. B.; CARVALHO, A. D. F. Identificação e manejo das principais doenças fúngicas do meloeiro. Circular Técnica 112. Brasília: 2012.

PÉREZ-GARCÍA, A.; ROMERO, R.; FERNÁNDEZ-ORTUÑO, D.; LÓPEZRUIZ, F.; VICENTE, A.; TORÉS, J.A. The powdery mildew fungus *Podosphaera fusca* (synonym *Podosphaera xanthii*), a constant threat to cucurbits. **Molecular Plant Pathology**, v. 10, n. 2, p. 153-160, 2009.

PINHEIRO, G. S.; ANGELOTTI, F.; COSTA, N. D.; SANTANA, C. V. S.; RODRIGUES, D. R. Impacto de alterações da temperatura sobre o crescimento e esporulação de *Alternaria porri**. **Workshop sobre mudanças climáticas e problemas fitossanitários**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012.

PIVETTA, C. J. Posição dos gotejadores e cobertura do solo com plástico, crescimento radicular, produtividade e qualidade do melão. 2010. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria: 2010.

PORTO, M. A. F. Associação de *Fusarium solani*, *Macrophomina phaseolina* e *Rhizoctonia solani* causando podridão radicular em meloeiro sob efeito de adubos verdes. 2015. 73 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró, 2015.

RABELO, H. O. Reação de genótipos de meloeiro ao oídio das cucurbitáceas, métodos para identificação de raças e progresso de doença. 2017. 76 f. Tese

(Doutorado em Agronomia - Genética e Melhoramento de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017.

REIFSCHNEIDER, F.J.B.; BOITEUX, L.S.; OCCHIENA, E.M. Powdery mildew on melon (*Cucumis melo*) caused by *Sphaerotheca fuliginea* in Brazil. **Plant Disease**, v. 69, p.1069- 1070, 1985.

REIS, A. **Oídio das Cucurbitáceas**. Comunicado técnico 42. Brasília: 2007.

REIS, A.; BUSO, J.A. Levantamento preliminar de raças de *Sphaerotheca fuliginea* no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.3, p. 628-631, 2004. ✓

REIS, A.; DIAS, R. C. S.; ARAGÃO, F. A. S.; BOITEUX, L. S. Caracterização do perfil patogênico de isolados de *Podosphaera xanthii* obtidos em cucurbitáceas na região Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45, 2005, Fortaleza. **Resumos...** Horticultura Brasileira, v. 23, p. 362, 2005. ✓

REIS, E.M.; CASA, R.T. 2. ed. **Doenças dos cereais de inverno: diagnose, epidemiologia e controle**. Lages: Graphel, 2007. 176p.

REZENDE, J.A.M.; MARTINS, M.C. Doenças do mamoeiro. In: KIMATI, H., AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Org.). **Manual de Fitopatologia**. Doença das plantas cultivadas. São Paulo, v. 2, p. 435-443, 2005.

RIBAS, F.; CABELLO, M. J.; MORENO, M. M.; MORENO, A. LOPÉZ-BELLIDO, L. Respuesta fisiológica de um cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) a distintas dosis de riego. **Investigation Agronomy: produccion y proteccion vegetal**, v. 15, n. 3, p. 196-212, 2000.

RIZZOTTO, R. I. C. Controle da podridão da uva madura com o uso de *Trichoderma* sp. e do óleo essencial de *Cymbopogon citratus*. 2015. 84 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2015.

RODRIGUES, D. R.; ANGELOTTI, F.; PINHEIRO, G. S.; GHINI, R.; FERNANDES, H. A. Impacto do aumento da concentração de dióxido de carbono sobre o oídio da videira. In: Workshop sobre mudanças climáticas e problemas fitossanitários. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012.

SALVIANO, A. M.; FARIA, C. M. B.; TERAPO, D. et al. 3. ed. A cultura do melão. Brasília: Embrapa, 2017. 202 p.: il.

SANTANA, C. V. S.; ANGELOTTI, F.; NASCIMENTO, L. C.; PINHEIRO, G. S.; RODRIGUES, D. R.; FERNANDES, H. A.; COSTA, N. D.; PEIXOTO, A. R. Impacto de alterações da temperatura sobre a infecção de *Oidium* sp em feijão-caupi. In: Workshop sobre mudanças climáticas e problemas fitossanitários. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012.

- SANTOS, A. P. Controle do oídio da abobrinha com antagonistas e produtor biocompatíveis. 2009. 55 f. Dissertação (Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B.; FURUMOTO, O.; BOITEUX, L. S.; FRANÇA, F. H.; VILLAS BÔAS, G. L.; CASTELO BRANCO, M.; MEDEIROS, M. A.; MAROUELLI, W.; SILVA, W. L. C.; LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C.; NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, W. Cultivo de tomate para industrialização. Embrapa hortaliças. Versão Eletrônica, 1, 2006.
- SOBRINHO, R. B.; GUIMARÃES, J. A.; FREITAS, J. A. D.; TERÃO, D. Produção integrada de melão. Embrapa Agroindústria Tropical; Banco do Nordeste do Brasil. Fortaleza, 2008.
- STADNIK, M. Indução de resistência a oídios. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, Campinas: **Anais do Congresso Paulista de Fitopatologia**, v. 23, p. 176-181. 2000.
- STADNIK, M. J. História e taxonomia de oídios. In: STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. **Oídios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 484 p.: il.
- STADNIK, M. J.; MAZZAFERA, P. Interações oídio-hospedeiro. In: STADNIK, M. J. e RIVERA, M. C. (Org.). **Oídios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 217-254, 2001.
- STADNIK, M. J.; KOBORI, R. F.; BETTIOL, W. Oídios de cucurbitáceas. In: STADNIK, M. J. e RIVERA, M. C. (Org.). **Oídios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 217-254, 2001.
- TAVARES, S. C. C. H.; COSTA, N. D.; NEVES, R. A. F.; SILVA, P. C. G. C.; LIMA, M. L. C.; MENEZES, C. A. F. Práticas de controle químico e biológico do oídio no meloeiro em subsídio a produção integrada. **Horticultura brasileira**, v. 22, n. 2, 2004.
- THOMAS, C. E.; KISHABA, N. A.; MCCREIGHT, J. D.; NUGENT, P. E. The importance of monitoring races of powdery mildew on muskmelon. **Cucurbit Genetics Cooperative Report**, n. 7, p. 58-59, 1984.
- VAKALOUNAKIS, D. J.; KLIRONOMOU, E.; PAPADAKIS, A. Species spectrum, host range and distribution of powdery mildew on Cucurbitaceae in Crete. **Plant Pathology**, v. 43, 1994.
- VALE, F. X. R.; JESUS JÚNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perfil, 2004. p. 531.
- VIANA, F. M. P.; SANTOS, A. A.; FREIRE, F. C. O.; CARDOSO, J. E.; VIDAL, J. C. **Recomendações para o controle das principais doenças que afetam a cultura do melão na região Nordeste**. Circular Técnica, 12. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 22 p.

VIANA, T. V. A.; SALES, I. G. M.; SOUSA, V. F.; AZEVEDO, B. M.; FURLAN, R. A.; COSTA, S. C. Produtividade do meloeiro fertirrigado com potássio em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, 2007.

VIDA, J. B.; BRANDÃO FILHO, J. U. T.; NUNES, W. M. C.; SOUTO, E. R. Avaliação de perdas causadas por *Didymella bryoniae* na cultura do melão em estufas plásticas. **Fitopatologia brasileira**, v. 21 (Suplemento), 1996, p. 409.

ZADOKS, J. C.; SCHEIN, R. D. **Epidemiology and plant disease management**. Oxford: University Press, 1979.

ZARACOVITIS, C. Factors in testing fungicides against powdery mildews. I. A slide spore-germination method of evaluating protectant fungicides. In: **Annals of applied biology**, v. 54. 1964.

ZITTER, T. A.; HOPKINS, D. L.; THOMAS, C. E. (Org.). **Compendium of cucurbit diseases**. Saint Paul: The American Phytopathological Society, p. 28-30, 1996.

CAPÍTULO I

4 ARTIGO I

IMPACTO DO AUMENTO DA TEMPERATURA SOBRE O OÍDIO EM MELOEIRO

Resumo - O aumento dos Gases de Efeito Estufa (GEEs) tem provocado aumento da temperatura. Sabe-se que a temperatura é determinante na ocorrência de doenças de plantas. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da temperatura sobre o oídio em folhas destacadas de diferentes cultivares de meloeiro. Foram utilizadas nove cultivares de meloeiro, sendo, sete do tipo amarelo (Araguaia, Awton, Eldorado, Gladial, Gold, Hibix, Natal) e duas do tipo pele de sapo (Juazeiro e Sancho). Foram realizados dois experimentos com folhas destacadas em incubadoras com controle de temperatura e fotoperíodo (12/12h). O primeiro experimento foi conduzido para determinar a temperatura ótima (15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C) para o desenvolvimento da doença e, a partir dessa temperatura, avaliou-se o aumento de 1,7; 2,6; 3,1 e 5 °C, correspondente aos cenários do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). As folhas foram inoculadas com uma suspensão de conídios de *Oidium* sp. (teleomórfico *Podosphaera xanthii*), acondicionadas em bandejas e mantidas nas incubadoras. Verificou-se que a temperatura do ar influencia tanto o período de incubação quanto a severidade da doença. A faixa ótima para o desenvolvimento do oídio do meloeiro foi de 20-25 °C, sendo que o aumento da temperatura do ar reduz a severidade da doença e, a partir de 30 °C não há aparecimento dos sintomas. O período de incubação do oídio do meloeiro aumenta em temperaturas de 15 °C e acima de 27,6 °C. As cultivares de meloeiro apresentam respostas diferenciadas aos aumentos de temperatura. Entretanto, todas as cultivares foram suscetíveis ao oídio, com alta severidade em temperaturas favoráveis ao desenvolvimento do patógeno.

Palavras-chave - *Podosphaera xanthii*, *Oidium* sp., mudanças climáticas, *Cucumis melo* L.

25 INTRODUÇÃO

26 A região Nordeste é responsável por 95% da produção do melão (*Cucumis melo* L.) no
27 Brasil, com um total de 514.276 toneladas (IBGE, 2017). Entretanto, como todas as outras
28 atividades agrícolas, a sua produção está diretamente ligada aos elementos climáticos e a
29 ocorrência de problemas fitossanitários.

30 A temperatura é um elemento climático determinante na ocorrência de doenças de
31 plantas, exercendo um papel importante nas diferentes fases do ciclo de vida dos patógenos
32 (Bettiol et al. 2017). Esse elemento climático pode aumentar ou diminuir a infecção (Debela &
33 Tola 2018), agindo também na colonização, esporulação e dispersão dos patógenos (Elad &
34 Pertot 2014, Das et al. 2016).

35 De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC 2013)
36 poderão ocorrer alterações na temperatura média do ar, provocadas pelo aumento da
37 concentração de gases do efeito estufa (GEEs). A estimativa é de um aumento de 1,7 °C e 4,8
38 °C, nas Vias de Concentração Representativa (RCP) 2.6 e 8.5, respectivamente, até 2100. Isso
39 poderá causar impactos na ocorrência de problemas fitossanitários, aumentando ou diminuindo
40 a severidade das doenças de plantas (Nazir et al. 2018). Isto se dá, pois, as mudanças no clima
41 podem resultar em modificações na interação dos componentes ambiente, hospedeiro e
42 patógeno, que compõem o triângulo da doença. Essas alterações podem modificar a distribuição
43 geográfica e temporal de patógenos, alterando o progresso das epidemias, nas diferentes regiões
44 de cultivo (Bettiol et al. 2017).

45 Desta maneira, a temperatura exercerá um importante papel na quantificação dos
46 componentes monocíclicos dos diferentes patossistemas, destacando-se o período de incubação.
47 O conhecimento de como a temperatura influencia este componente poderá contribuir na
48 determinação de estratégias de manejo (Marcuzzo & Souza 2018). Uma vez que para se reduzir

o desenvolvimento de uma epidemia, pode-se diminuir a quantidade inicial do inóculo, atrasando o início da mesma.

O oídio do meloeiro, causado pelo fungo *Podosphaera xanthii* Braun & Shishkoff (anamórfico *Oidium* sp.), é uma das principais doenças foliares das cucurbitáceas (McGrath 2017). Sua infecção e desenvolvimento estão associados a temperaturas entre 20 °C e 25 °C (Rabelo 2017). O Semiárido brasileiro apresenta temperatura favorável para a ocorrência do patógeno praticamente o ano todo, com maior intensidade nos meses que apresentam temperaturas mais amenas. Em um cenário de alterações climáticas poderá haver mudança na distribuição geográfica e temporal desta doença na região, como já foi verificado para outras espécies de oídio em cenários climáticos futuros (Hamada et al. 2015).

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da temperatura sobre o oídio em folhas destacadas de diferentes cultivares de meloeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em incubadoras BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), com controle de temperatura e fotoperíodo (12/12h), na Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE. Foram realizados dois ensaios, sendo o primeiro para determinar a temperatura ótima para o desenvolvimento do oídio do meloeiro e, a partir dessa temperatura, o segundo para avaliar o efeito do aumento da temperatura sobre a severidade da doença, correspondente ao cenário do IPCC. Para os dois ensaios foram utilizadas folhas destacadas de nove cultivares de meloeiro, sete do tipo amarelo: Araguaia, Awton, Eldorado, Gladial, Gold, Hibix, Natal e duas do tipo pele de sapo: Juazeiro e Sancho. Foram utilizadas folhas com aproximadamente 60 dias cortadas na base do pecíolo, com auxílio de tesoura profissional para raleio e limpeza. Em seguida o pecíolo foi envolvido por algodão embebido em água destilada para evitar a desidratação. Para a inoculação, as folhas foram pulverizadas com uma suspensão de conídios

de *Oidium* sp. (teleomórfico *Podosphaera xanthii*), na concentração de 10^5 conídios mL^{-1} de água com Tween 20 a 0,01%, e acondicionadas em bandejas de polietileno contendo papel toalha umedecido com água destilada. Em seguida as bandejas foram cobertas com filme de PVC para promover uma câmara úmida e colocadas nas BOD's.

O inóculo foi obtido a partir de conídios de folhas de meloeiro com infecção natural, coletadas em Petrolina-PE. Para a multiplicação e manutenção do inóculo, mudas sadias de meloeiro da cultivar Sancho foram inoculadas e mantidas em casa de vegetação.

Para determinar a temperatura ótima para o desenvolvimento da doença, as bandejas contendo quatro folhas inoculadas por cultivar foram mantidas nas temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C. Para avaliar o efeito do aumento da temperatura na severidade do oídio foi utilizada a temperatura de maior desenvolvimento da doença no experimento anterior (25 °C) e a mesma metodologia descrita anteriormente. Além dos 25 °C foram avaliadas as temperaturas de 26,7; 27,6; 28,1 e 30°C que correspondem aos acréscimos de 1,7; 2,6; 3,1 e 5°C de acordo com os cenários climáticos futuros (IPCC 2013).

Nos experimentos foi avaliada periodicamente a severidade da doença adaptando a escala diagramática desenvolvida por Buffara et al. (2014), com os intervalos de 1, 5, 12, 25, 50, 75 e 100% da área foliar doente. Também foi avaliado o período de incubação, determinado pelo número de dias entre a inoculação e o aparecimento da massa micelial. O delineamento experimental utilizado nos experimentos foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 (temperaturas) x 9 (cultivares) e parcela experimental de quatro folhas destacadas por tratamento. Os valores de severidade foram utilizados para o cálculo da área abaixo da curva de progresso da severidade da doença (AACPSD) que é obtida através do cálculo $\text{AACPSD} = \sum (y_i + y_{i+1}) / 2 \times dt_i$, onde, $y_i + y_{i+1}$ são os valores observados em duas avaliações consecutivas e o dt_i , o intervalo entre as avaliações (Shaner & Finney 1977).

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott, utilizando o software Sisvar (Ferreira 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No experimento que determinou a temperatura ótima para o desenvolvimento da doença, a análise de variância apresentou valores de F significativos para cultivares, temperatura e para a interação entre esses dois fatores (Tabela 1). Os maiores níveis de AACPSD foram observados em folhas destacadas mantidas sob as temperaturas de 20 °C (448,1) e 25 °C (458,7). As folhas expostas as temperaturas de 30 °C, 35 °C e 40 °C não apresentaram sintomas da doença (Tabela 1). Para folhas mantidas a 15 °C, o progresso da doença foi mais lento, com menor severidade para todas as cultivares (Tabela 1 e Figura 1).

Quando avaliada a severidade da doença em cultivares separadamente, verificou-se que a menor intensidade de doença ocorreu em folhas das cultivares Awton, Gold e Gladial, com menores valores de AACPSD. Ainda assim, todas as cultivares foram susceptíveis ao oídio, e apesar da diferença estatística (Tabela 1), os níveis de severidade nas folhas foram altos, acima de 60% aos 25 °C (Figura 2 e 3).

Foi observada também interação significativa entre temperatura e cultivares (Tabela 1). Na temperatura de 25 °C as cultivares que apresentaram maior severidade da doença foram Eldorado, Gold, Hibix e Sancho, não diferindo entre si, mas diferindo das demais (Tabela 1). Para a temperatura de 15 °C, o menor valor da AACPSD foi observado para a cultivar Gold.



Figura 1. Efeito de diferentes faixas de temperaturas (15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C) na severidade do oídio em folhas destacadas de meloeiro cv. Sancho, tipo pele de sapo.

121 Tabela 1. Área abaixo da curva de progresso da severidade do oídio (AACPSD) em folhas
122 destacadas de nove cultivares de melão, sob diferentes temperaturas.

Cultivares	Temperatura (°C)						Média
	15	20	25	30	35	40	
Araguaia	185,5Db	470,0Aa	432,5Ba	0Ac	0Ac	0Ac	181,3A
Awton	113,5Eb	447,5Ba	448,0Ba	0Ac	0Ac	0Ac	168,2B
Eldorado	270,2Ab	475,5Aa	476,2Aa	0Ac	0Ac	0Ac	203,7A
Gladial	154,0Db	416,2Ca	447,7Ba	0Ac	0Ac	0Ac	169,7B
Gold	68,0Fc	373,5Db	469,0Aa	0Ad	0Ad	0Ad	151,8B
Hibix	223,0Cc	430,5Cb	492,5Aa	0Ad	0Ad	0Ad	191,0A
Juazeiro	241,0Bb	445,2Ba	450,0Ba	0Ac	0Ac	0Ac	189,4A
Natal	151,0Dc	497,5Aa	448,5Bb	0Ad	0Ad	0Ad	182,9A
Sancho	224,0Cb	476,5Aa	464,2Aa	0Ac	0Ac	0Ac	194,1A
Média	181,1b	448,1a	458,7 ^a	0c	0c	0c	

123 *Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e letra minúscula na linha, não
124 diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

125
126 Por meio da curva de progresso da doença, pode-se observar, de maneira geral, que
127 nas temperaturas mais favoráveis (20 °C e 25 °C), o período de incubação variou de quatro a
128 sete dias (Figura 2). O menor período de incubação foi de quatro dias para as cultivares Awton,
129 Natal e Sancho a 20 °C, e, para as cultivares Eldorado, Gladial, Hibix, Juazeiro, Natal e Sancho
130 mantidas a 25 °C. Entretanto, para as folhas mantidas a 15 °C, esse período foi de sete dias,
131 com exceção da cultivar Gladial que apresentou período de incubação de dez dias.

132 A temperatura é um dos elementos climáticos importantes para a infecção dos
133 diversos patógenos, exercendo influência direta na redução da taxa de progresso da doença

(Cohen et al. 2017, Cerkauskas & Brown 2015). Para a maioria dos patógenos, a temperatura pode determinar a rapidez e a extensão da infecção (Campbell & Madden 1990). Em pesquisa realizada com o oídio do tomateiro (*Oidium neolycopersici* Kiss) a temperatura ótima para o desenvolvimento da doença foi de 22 °C (Cerkauskas & Brown 2015). Para o oídio da roseira (*Sphaerotheca pannosa* Wallroth), a temperatura média variou entre 19 e 24,6 °C (Kumar & Chandel 2018). Em estudo realizado em trigo, a temperatura ótima para a infecção do fungo *Blumeria graminis* DC. foi de 23,6 °C (Mehta et al. 2018). Já para o oídio da mangueira (*Oidium mangifera* Berthet), os maiores níveis de severidade estavam relacionados à temperatura de 30 °C (Pérez-Rodríguez et al. 2017). Isto mostra a diversidade da faixa ótima de temperatura para as diferentes relações planta-hospedeiro, ocorrendo modificações nas faixas de diferentes cultivos e gêneros de oídio.

Neste estudo foi possível observar que a temperatura de 15 °C retardou o período de incubação. O período de incubação é considerado um componente importante para a epidemiologia da doença podendo explicar o atraso no início de uma epidemia. Períodos de incubação de diferentes cultivares podem contribuir para programas de melhoramento de plantas, sendo um dos parâmetros monocíclicos que determinam a resistência de uma cultivar (Klosowski et al. 2015).

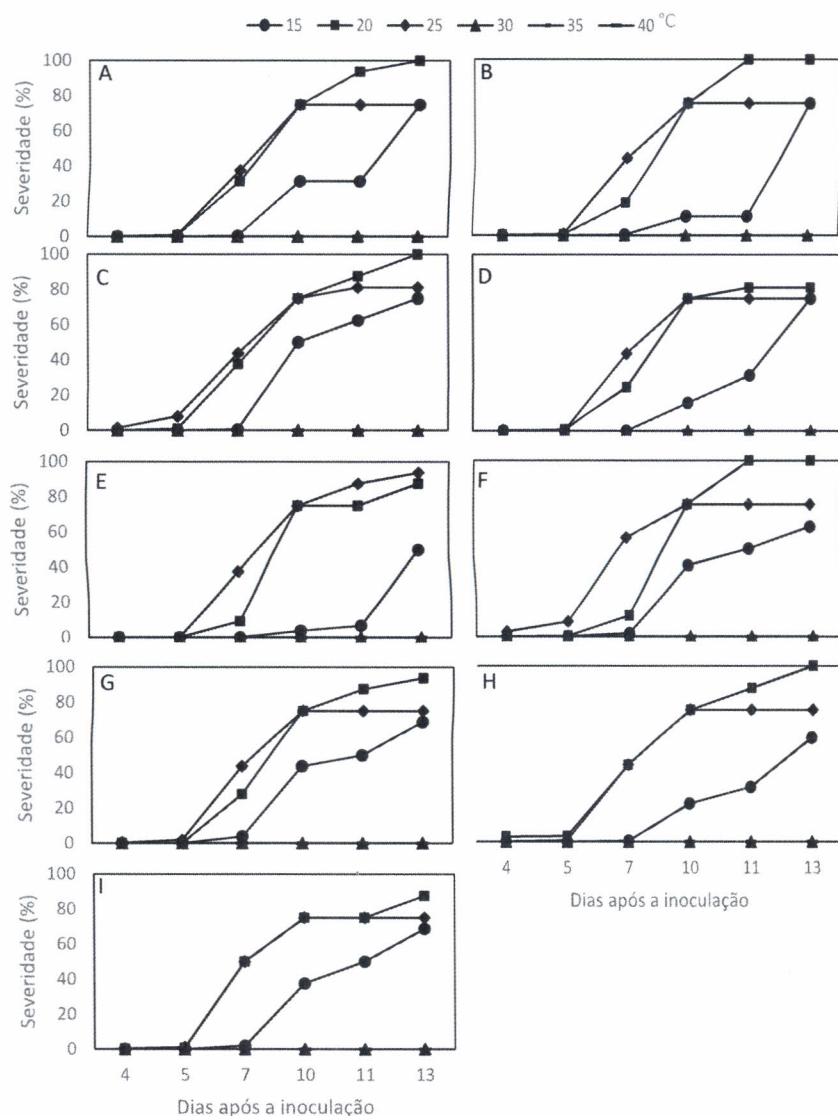


Figura 2. Curva do progresso da severidade do oídio em folhas destacadas de cultivares de meloeiro mantidas sob as temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C. Cultivares: Araguaia (A), Awton (B), Eldorado (C), Gladial (D), Gold (E), Hibix (F), Juazeiro (G), Natal (H) e Sancho (I).

No ensaio para os acréscimos de temperatura, correspondentes aos cenários do IPCC, também foi observada diferença significativa para o efeito das cultivares, da temperatura e da interação cultivares x temperaturas sobre a severidade do oídio do meloeiro.

De maneira geral, houve uma redução da severidade da doença com o aumento da temperatura (Tabela 2). A maior severidade foi em folhas mantidas a 25 °C, apresentando média de 243,9, com redução a 28,1 °C com média de 27,8 e não ocorrendo sintomas do oídio em folhas mantidas a 30 °C. E os menores valores da AACPSD foram verificados para as cultivares Gladial, Gold e Natal (Tabela 2).

Analisando a curva de progresso da doença, verificou-se que o período de incubação foi de cinco dias para todas as cultivares mantidas a 25 °C. Em folhas mantidas a 27,6 °C e 28,1 °C foram necessários de seis a sete dias para o aparecimento dos primeiros sintomas da doença (Figura 3). As curvas de progresso da doença mostram como a epidemia atua na planta, expandindo-se a taxas elevadas quando as temperaturas são favoráveis ao seu desenvolvimento. Com esses dados é possível visualizar quais temperaturas podem favorecer a ocorrência de determinada doença (Bergamin Filho & Amorim 2018).

Também houve diferença significativa para a interação temperatura e cultivares. Estas apresentaram respostas diferenciadas aos aumentos de temperatura (Tabela 2). De maneira geral, verificou-se que o uso de folhas destacadas permitiu, de maneira prática, verificar a resposta das diferentes cultivares, confirmando que as mesmas não apresentaram tolerância ao oídio nas diferentes temperaturas estudadas, com exceção a 28,1 °C para Juazeiro e a 30 °C para todas as cultivares, que não apresentaram sintoma da doença.

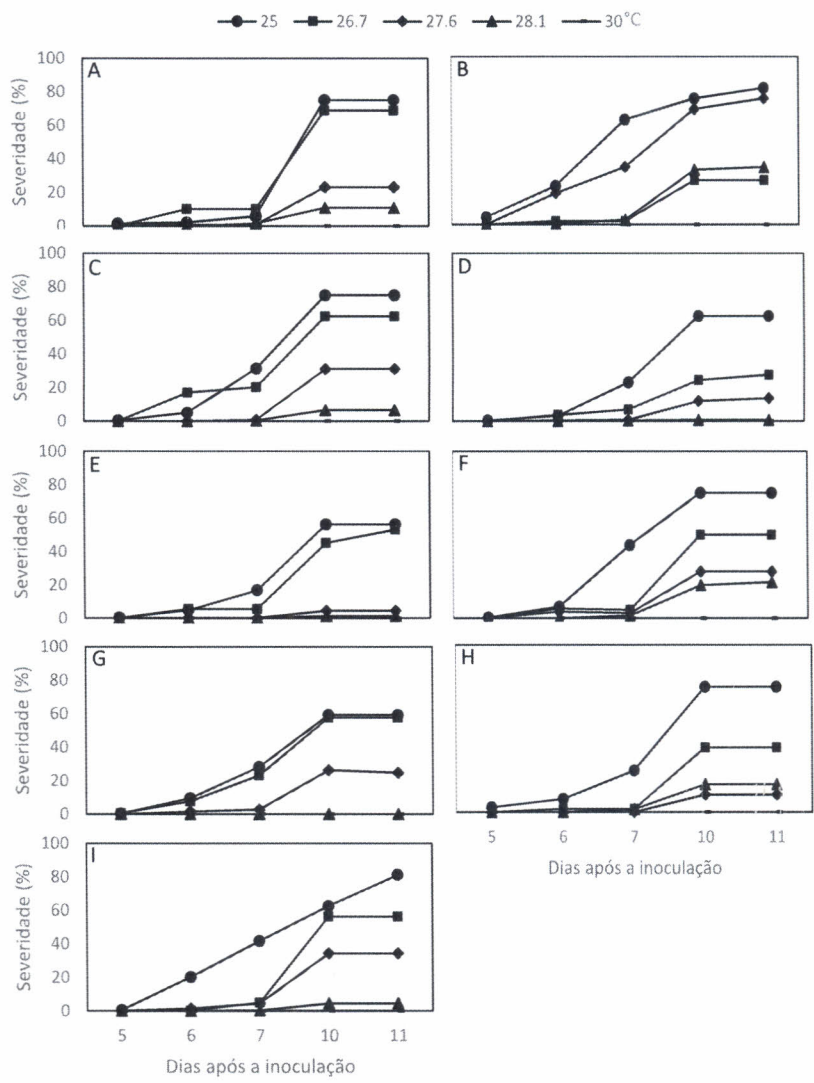
Entretanto, houve uma redução na severidade da doença com o aumento da temperatura. Para o oídio da videira, Caffara et al. (2012) verificaram uma redução na severidade da doença, devido ao aumento da temperatura do ar. Entretanto, no Brasil, os mapas de distribuição geográfica do oídio da videira mostraram um aumento da área favorável à sua incidência (Hamada et al. 2015). Sabe-se que os elementos climáticos podem atuar na severidade da doença e na sua distribuição geográfica e temporal. Nesse sentido, qualquer mudança na temperatura pode provocar alteração na intensidade da doença ou na sua taxa de

desenvolvimento. Assim, estudos prospectivos que avaliem os impactos das mudanças climáticas nos diferentes patossistemas são estratégicos e podem contribuir para o desenvolvimento de medidas de adaptação (Bettiol et al. 2017).

Tabela 2. Área abaixo da curva de progresso da severidade do oídio (AACPSD) em folhas destacadas de nove cultivares de meloeiro, sob diferentes temperaturas que correspondem aos acréscimos de 1,7; 2,6; 3,1 e 5 °C de acordo com os cenários climáticos futuros (IPCC, 2013).

Cultivares	Temperatura (°C)					Média
	25	26,7	27,6	28,1	30	
Araguaia	201,6Ca	201,8Ba	59,0Ab	29,8Bb	0Ac	98,5B
Awton	340,7Aa	262,0Ab	88,1Ac	71,6Ac	0Ad	152,5 ^a
Eldorado	255,1Ba	213,7Ba	79,0Ab	16,7Bc	0Ad	112,9B
Gladial	205,3Ca	79,2Db	31,5Bc	1,7Bc	0Ad	63,6C
Gold	179,0Ca	133,0Ca	11,2Bb	3,6Bb	0Ac	65,4C
Hibix	281,8Ba	140,7Cb	79,8Ac	53,2Ad	0Ae	111,1B
Juazeiro	214,2Ca	197,5Ba	71,8Ab	0,0Bc	0Ad	96,7B
Natal	247,0Ba	102,8Db	45,3Bc	26,2Bc	0Ad	84,3C
Sancho	269,6Ba	150,8Cb	96,1Ac	11,7Bd	0Ae	105,7B
Média	243,9a	143,5b	79,6c	27,8d	0e	

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e letra minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.



195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

Figura 3. Curva do progresso da severidade do oídio em folhas destacadas de melão mantidas sob as temperaturas de 25; 26,7; 27,6; 28,1 e 30 °C. Cultivares: Araguaia (A), Awton (B), Eldorado (C), Glacial (D), Gold (E), Hibix (F), Juazeiro (G), Natal (H) e Sancho (I).

CONCLUSÕES

A faixa ótima para o desenvolvimento do oídio do meloeiro foi de 20-25 °C, sendo que os aumentos da temperatura do ar reduzem a severidade da doença. A partir de 30 °C não há aparecimento dos sintomas da doença. Em um cenário de aumento de temperatura, o oídio do meloeiro poderá ter sua importância econômica reduzida.

O período de incubação do oídio do meloeiro aumenta em temperaturas de 15 °C e acima de 27,6 °C.

As cultivares de meloeiro apresentam respostas diferenciadas aos aumentos de temperatura, com severidade acima de 60% na faixa de temperatura ótima, destacando a alta suscetibilidade das mesmas.

REFERÊNCIAS

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Epidemiologia de doenças de plantas. In: AMORIM, L. et al. (Org.). *Manual de fitopatologia: princípios e conceitos*. São Paulo, SP: Agronômica Ceres, 2018. cap. 5, 573 p.

BETTIOL, W. et al. *Aquecimento global e problemas fitossanitários*. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 488 p.

BUFFARA, C. R. S. et al. Elaboration and validation of a diagrammatic scale to assess downy mildew severity in grapevine. *Ciência Rural*, v. 44, n. 08, p. 1384-1391, 2014.

CAFFARRA, A. et al. Modelling the impact of climate change on the interaction between grapevine and its pests and pathogens: European grapevine moth and powdery mildew. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 148, p. 89-101, 2012.

CAMPBELL, C. L., MADDEN, L. V. *Introduction to plant disease epidemiology*. New York, NY: John Wiley & Sons, 1990. 532 p.

- 229 CERKAUSKAS, R. F.; BROWN, J. Aspects of the epidemiology and control of powdery
230 mildew (*Oidium neolycopersici*) on tomato in Ontario, Canada. *Canadian Journal Plant*
231 *Pathology*, v. 37, n. 4, p. 448-464, 2015.
- 232
- 233 COHEN, Y. et al. Epidemiology of Basil Downy Mildew. *Phytopathology*, v. 107, n. 10, p.
234 1149-1160, 2017.
- 235
- 236 DAS, T. et al. Climate change impacts on plant diseases. *SAARC Journal of Agriculture*, v.
237 14, n. 2, p. 200-209, 2016.
- 238
- 239 DEBELA, C.; TOLA, M. Effect of Elevated CO₂ and Temperature on Crop Disease
240 Interactions under Rapid Climate Change. *International Journal of Environmental Sciences e*
241 *Natural Resources*, v. 13, n. 1, 2018.
- 242
- 243 ELAD, Y.; PERTOT, I. Climate Change Impacts on Plant Pathogens and Plant Diseases.
244 *Journal of Crop Improvement*, v. 28, n. 1, p. 99-139, 2014.
- 245
- 246 FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. *Ciência e*
247 *Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- 248
- 249 HAMADA, E. et al. Cenários futuros de epidemia do oídio da videira com as mudanças
250 climáticas para o Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 08, n. especial, p. 454-470,
251 2015.
- 252

IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: STOKER, T. F. et al. (Org.) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, MA and New York, NY, 2013. 33 p.

KLOSOWSKI, A. C. et al. Reação de cultivares e época de avaliação da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar. *Biosciencia Journal*, v. 31, n. 2, p. 489-498, 2015.

KUMAR, V.; CHANDEL, S. Effect of epidemiological factors on percent disease index of rose powdery mildew caused by *Podosphaera pannosa* (Wallr.) de Bary. *Journal of Crop and Weed*, v. 14, n. 2, p. 137-142, 2018.

MARCUZZO, L. L.; SOUZA, J. J. Efeito da temperatura e do fotoperíodo no desenvolvimento micelial de *Botrytis squamosa*, agente causal da queima das pontas da cebola. *Summa Phytopathologica*, v. 44, n. 1, p. 90-91, 2018.

McGRATH, M. T. Powdery mildew. In: KEINATH, A. P. et al. *Compendium of cucurbit diseases and insect pests*. São Paulo, SP: APS Press, 2017. 908 p.

MEHTA, A. et al. Effect of weather parameters on powdery mildew development of wheat at different location in Himachal Pradesh. *Indian Phytopathology*, v. 71, p. 349–353, 2018.

NAZIR, N. et al. Effect of climate change on plant diseases. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 7, n. 06, p. 250-256, 2018.

PÉREZ-RODRIGUEZ, A. et al. Epidemiology and strategies for chemical management of powdery mildew in mango. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 52, n. 9, p.715-723, 2017.

RABELO, H. O. Reação de genótipos de meloeiro ao oídio das cucurbitáceas, métodos para identificação de raças e progresso de doença. 2017. 76 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Genética e Melhoramento de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017.

SHANER, G.; FINNEY, R. F. The effects of nitrogen fertilization on the expression of show-mildew in knox wheat. *Phytopathology*, v. 67, p. 1051-1055, 1977.

CAPÍTULO II

5 ARTIGO II

ALTERAÇÕES DE TEMPERATURA E DE DIÓXIDO DE CARBONO SOBRE O OÍDIO
DO MELOEIRO

Resumo - A elevação do CO₂ e da temperatura podem afetar o progresso de doenças de plantas. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar o impacto do aumento da concentração de dióxido de carbono e da temperatura sobre o oídio do meloeiro. Os experimentos foram realizados em Câmaras de Crescimento, do tipo Fitotron, com controle de temperatura, umidade e luz. As plântulas foram submetidas a dois regimes de temperatura (20-26-33 °C e 24-30-37 °C) e a duas concentrações de CO₂ (410 e 770 ppm). Foram utilizadas nove cultivares de meloeiro Araguaia, Awton, Eldorado, Gladial, Gold, Hibix, Natal, Juazeiro e Sancho. As plântulas do meloeiro foram pulverizadas com uma suspensão de conídios e mantidas em condições controladas para avaliar o progresso da doença. Juntamente com a última avaliação da severidade foi realizada a quantificação de conídios. O aumento da temperatura e da concentração de CO₂, assim como a interação desses fatores, reduz a severidade do oídio do meloeiro e a esporulação de *P. xanthii*, com resposta diferenciada para as cultivares de meloeiro, com severidade de 50%, indicando alta suscetibilidade. O período de incubação do oídio do meloeiro aumenta com o incremento de CO₂ e aumento da temperatura.

Palavras-chave: mudança climática, *Podosphaera xanthii*, *Cucumis melo* L., cultivares.

INTRODUÇÃO

A concentração do dióxido de carbono (CO_2) aumentou em 40%, entre 1750 e 2011, passando de 279 para 391 ppm. Atualmente, a concentração de CO_2 já ultrapassou 400 ppm, com previsão de chegar a 1000 ppm, nas Vias de Concentração Representativa (RCP) 8.5, até 2100 (IPCC 2013, NOAA 2019). Essa alteração ocorreu principalmente a partir da utilização de combustíveis fósseis, seguido de mudanças no uso da terra e queimadas (IPCC 2013). Uma das consequências do aumento do CO_2 na atmosfera é a elevação da temperatura do ar. Registros apontam que houve um aumento de 0,85 °C durante o período de 1880 a 2012. E os cenários climáticos futuros sinalizam aumentos de 1,7 e 4,8 °C, nos cenários RCP 2.6 e RCP 8.5, respectivamente, até o final do século (IPCC 2013).

Nos últimos 10 anos aumentaram o número de pesquisas que avaliaram a interação CO_2 x temperatura na severidade de doenças em plantas. Entretanto, alguns estudos ainda avaliam apenas o efeito isolado do CO_2 . Assim, há necessidade de intensificar as pesquisas relacionadas com a interação destes elementos climáticos, uma vez que não tem como dissociar o aumento da concentração de CO_2 do aumento da temperatura.

As alterações na composição química da atmosfera, bem como na temperatura do ar poderão modificar o quadro fitossanitário dos diferentes cultivos. O aumento do CO_2 e da temperatura podem afetar tanto o hospedeiro como o patógeno, alterando a distribuição temporal e espacial das doenças de plantas (Debela & Tola 2018, Pathak et al. 2018).

O aumento da concentração do CO_2 induz o fechamento estomático, consequentemente melhora a eficiência do uso da água, protegendo contra o estresse hídrico e aumentando a defesa de algumas plantas (Abdelgawad et al. 2016). Além disso, este gás atua positivamente no aumento da biomassa de plantas (Tozzi & Ghini 2016). Entretanto, este aumento pode representar maior quantidade de tecido a ser infectado pelos patógenos foliares, facilitando o seu crescimento, esporulação e disseminação (Debela & Tola 2018). No patógeno, o aumento

do CO₂ pode ter efeito direto na virulência (Debela & Tola 2018), alterando o seu desenvolvimento (Pathak et al. 2018) e a taxa de sobrevivência dos mesmos (Elad & Pertot 2014). Da mesma forma que o CO₂, a temperatura pode afetar diretamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, atuando também como um elemento essencial no ciclo de vida dos patógenos, aumentando ou diminuindo o risco das epidemias (Pathak et al. 2018, Ziska et al. 2018). Mas, estas respostas podem variar entre os diferentes patossistemas e as regiões geográficas, tanto a curto ou a longo prazo.

O oídio do meloeiro, comumente causado pelo fungo *Podosphaera xanthii* (Braun & Shishkoff) é uma das principais doenças foliares da cultura no Nordeste (Reis et al. 2005). O oídio é favorecido por condições ambientais de baixa umidade relativa (abaixo de 50%) e temperaturas em torno de 20 °C a 25 °C (Rabelo 2017). A doença tem grande importância econômica, podendo causar danos severos às plantas, com consideráveis perdas na produção (Salviano et al. 2017). Entretanto, não há relatos no Brasil sobre a influência do aumento da concentração de CO₂ e da temperatura na severidade do oídio do meloeiro. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o impacto do aumento da concentração de dióxido de carbono e da temperatura sobre o oídio do meloeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Câmaras de Crescimento (do tipo Fitotron), com controle de temperatura, CO₂, umidade e luz, na Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE.

Os regimes de temperatura utilizados foram T1: 20-26-33 °C (20 °C: no horário de 20h às 6h; 26 °C: no horário de 6h às 10h e 33 °C: no horário das 10h às 15h; 26 °C: no horário de 15h às 20h) e T2: 24-30-37 °C (24 °C: no horário de 20h às 6h; 30 °C: no horário de 6h às 10h; 37 °C: no horário de 10h às 15h; 30 °C: no horário de 15h às 20h). Os valores de temperatura foram determinados a partir das temperaturas mínimas, média e máxima no Submédio do Vale

do São Francisco, que variam de 18-22, 25-27 e 32-34 °C, respectivamente. Para avaliar o efeito do aumento da concentração de CO₂ as plântulas foram mantidas em câmara de crescimento nas concentrações de 410 ppm e de 770 ppm de CO₂.

As sementes foram plantadas em copo plástico (com capacidade de 500 ml), contendo solo e esterco (80% de solo e 20% de esterco). As plantas foram mantidas nas câmaras de crescimento, do tipo Fitotron, desde a semeadura até o final do experimento.

O inóculo inicial de *P. xanthii* foi obtido a partir de conídios de folhas de meloeiro com infecção natural, coletadas em Petrolina-PE. Para a multiplicação e manutenção do inóculo, mudas de meloeiro sadias da cultivar Sancho foram inoculadas a cada 15 dias e mantidas em casa de vegetação.

As plantas de meloeiro com as folhas cotiledonares totalmente abertas foram inoculadas com uma suspensão de 10⁵ conídios/mL em solução de Tween 20 a 0,01%, por meio de pulverização, até o ponto de escorrimento. Imediatamente após inoculação, as mudas foram submetidas aos tratamentos citados acima.

Para quantificar a severidade da doença, foi avaliada a porcentagem da área foliar doente, adaptando a escala diagramática desenvolvida por Buffara et al. (2014), com os intervalos de 1, 5, 12, 25, 50, 75 e 100% da área foliar doente. Os valores de severidade foram utilizados para o cálculo da área abaixo da curva do progresso da severidade da doença (AACPSD) (Shaner & Finney 1977). Foi avaliado o período de incubação, determinado pelo número de dias entre a inoculação e o aparecimento da massa micelial. No final do experimento, aos nove dias após a inoculação, foram recortados segmentos circulares de 1 cm de diâmetro das folhas cotiledonares para quantificar a esporulação. Estes segmentos foram transferidos para tubos falcon contendo 1ml de Triton X-100 (0,05%). Os tubos foram agitados em Vórtex por 30 segundos e em seguidas em agitador orbital por 30 minutos a 150 rpm. Estimou-se o número de conídios/mL utilizando Câmara de Neubauer.

Foram utilizadas nove cultivares de meloeiro: Araguaia, Awton, Eldorado, Gladial, Gold, Hibix, Natal, Juazeiro e Sancho, em um arranjo fatorial de 9x2x2 (cultivares x temperatura x concentração de CO₂), com quatro repetições e parcela experimental de quatro plantas. Os valores de severidade foram utilizados para o cálculo da área abaixo da curva de progresso da severidade da doença (AACPSD) que é obtida através do cálculo $AACPSD = \sum (y_i + y_{i+1}) / 2 \times dt_i$, onde, $y_i + y_{i+1}$ são os valores observados em duas avaliações consecutivas e o dt_i , o intervalo entre as avaliações (Shaner & Finney 1977).

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott, utilizando o software Sisvar (Ferreira 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No resumo da análise de variância, pelo valor de F, verificou-se que a interação [CO₂] x Temperatura x Cultivares foi significativa para a área abaixo da curva do progresso da severidade da doença, baseada na severidade do oídio do meloeiro (Tabela 1 e 2). Este resultado indica que a severidade do oídio pode variar entre as cultivares quando submetidas a diferentes temperaturas e concentrações de dióxido de carbono. Por outro lado, a esporulação do fungo não foi influenciada pelas diferentes cultivares testadas (Tabela 1).

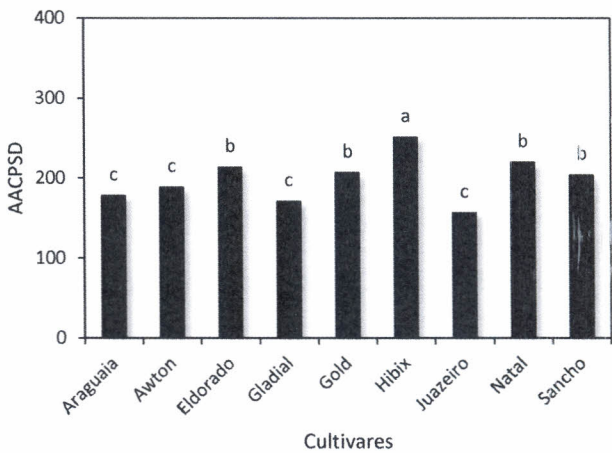
A severidade de doenças em plantas pode variar em função do genótipo do hospedeiro e das condições climáticas. Ao analisar as variáveis separadamente, verificou-se que a cultivar Hibix, do tipo amarelo, apresentou maior AACPSD, de 251,22 (Figura 1). As cultivares Araguaia, Awton e Gladial (do tipo amarelo) e a cultivar Juazeiro (tipo pele de sapo), apresentaram os menores valores de AACPSD. Entretanto, mesmo apresentado diferença estatística entre os valores de AACPSD, a severidade da doença foi de 50%, o que indica que todos os materiais testados são suscetíveis, necessitando da adoção de medidas de controle.

26 Tabela 1. Resultado da análise de variância da cultivar, do CO₂ e da temperatura para AACPSD
27 e esporulação em plântulas de meloeiro.

Valor F		
Parâmetros	AACPSD	Esporulação
Cultivar	10.195*	1.705
CO ₂	511.586*	6.924*
Temperatura	695.847*	42.320*
Cultivar x CO ₂	4.501*	0.888
Cultivar x Temperatura	8.159*	1.825
CO ₂ x Temperatura	89.772*	6.946*
Cultivar x CO ₂ x Temperatura	7.307*	0.923

28 *Nível de significância a P<0.05.

29



30

31 Figura 1. Área abaixo da curva do progresso da severidade do oídio (AACPSD) em diferentes
32 cultivares de meloeiro. *Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente entre
33 si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

34

Em relação à concentração de dióxido de carbono, as plantas que cresceram em ambiente enriquecido com CO₂ apresentaram uma redução de aproximadamente 49% na severidade do oídio, com AACPSD de 131,55 (Figura 2).

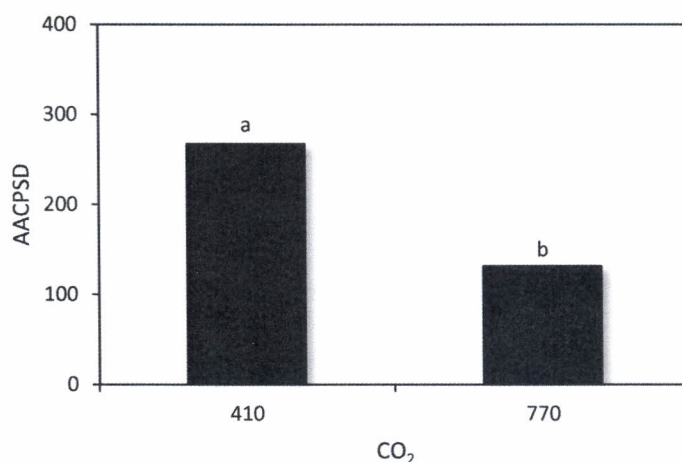


Figura 2. Área abaixo da curva do progresso da severidade da doença (AACPSD) em diferentes concentrações de dióxido de carbono (CO₂). *Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

A avaliação do efeito do aumento da concentração de CO₂ foi relatada para diferentes gêneros e espécies de oídios, mostrando variação na resposta dos diferentes cultivos estudados. Para o oídio (*P. xanthii*) do pepino (*Cucumis sativus* L.) (Itagaki et al. 2015) e o oídio (*Blumeria graminis* Em. Marchal) da cevada (*Hordeum vulgare* L.) (Mikkelsen et al. 2014), o aumento da concentração de CO₂ promoveu a redução na severidade da doença. Já em *Arabidopsi thaliana* a severidade, causada pelo gênero *Erysiphe cichoracearum* DC. ex. Mérat, aumentou em ambiente enriquecido com CO₂ (Lake & Wade 2009). E para a abobrinha (*Curcubita pepo* L.) (Pugliese et al. 2012), o trigo (*Triticum* spp.) (Matic et al. 2018) e a videira (*Vitis vinifera* L.) (Pugliese et al. 2010) o aumento da concentração de CO₂ não alterou a severidade do oídio causado por *P. xanthii*, *B. graminis* e *Erysiphe necator* Schwein, respectivamente.

Em patossistemas envolvendo diferentes gêneros de ferrugens, o comportamento também foi semelhante. A redução na severidade da doença foi observada para café (*Coffea* spp.) (cultivar Catuaí Vermelho IAC 144) - *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. (Tozzi & Ghini 2016), eucalipto (*Eucalyptus* spp.) - *Puccinia psiidi* Winter (Ghini et al. 2015) e soja (*Glycine max* (L.) Merrill) - *Phakospora pachyrhizi* Sidow (Lessin & Ghini 2009). Em contrapartida, o aumento da doença ocorreu para alfafa (*Medicago sativa* L.) - *Uromyces striatus* J. Schrot (Santos 2015). Já a cultivar de café 'Obatã IAC 1669-20', não teve influência do aumento da concentração de CO₂ na severidade da ferrugem (*H. vastatrix*) (Tozzi & Ghini 2016). Essa diversidade de respostas confirma a importância de estudos para cada patossistema, avaliando suas especificidades.

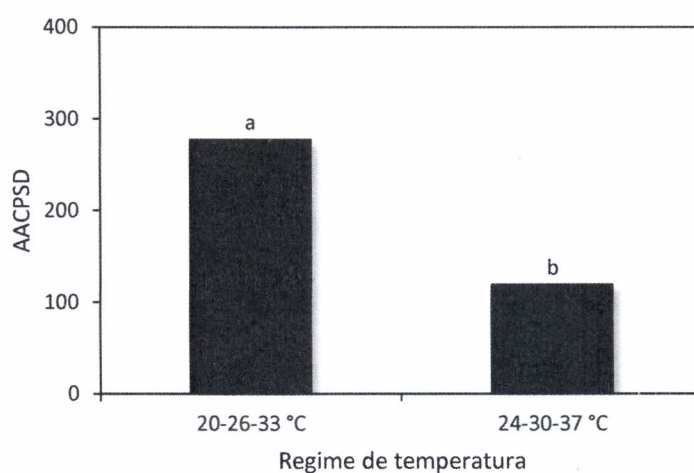


Figura 3. Área abaixo da curva do progresso da severidade da doença (AACPSD) em dois regimes de temperatura. *Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Da mesma maneira que o dióxido de carbono, a temperatura também influencia a AACPSD, tanto pelo efeito direto no ciclo do patógeno, como no desenvolvimento da planta hospedeira. Para o oídio do meloeiro, o regime de temperatura 20-26-33 °C aumentou a AACPSD nas folhas (Figura 3). Temperaturas altas, como o regime 24-30-37 °C, são

desfavoráveis para o desenvolvimento de *P. xanthii*. Na literatura também pode ser verificada a resposta diferenciada dos patossistemas sob diferentes temperaturas. Para o fungo *B. graminis* o aumento da temperatura (26-30 °C) inibiu o crescimento do fungo, reduzindo a severidade do oídio em trigo (Matic et al. 2018). No hemisfério norte, os aumentos de temperatura favoreceram a severidade do oídio em abobrinha, causada pelo fungo *P. xanthii* (Pugliese et al. 2012).

Tabela 2. Efeito da interação cultivar x regime de temperatura x concentração de CO₂ na área abaixo da curva do progresso da severidade do oídio (AACPSD) em meloeiro.

Cultivar	20-26-33 °C		24-30-37 °C	
	410ppm	770ppm	410ppm	770ppm
Araguaia	348.92Ab	75.63Cd	219.33Ba	78.13Cb
Awton	363.25Ab	146.75Bc	169.88Bb	74.13Cb
Eldorado	386.69Aa	257.50Ba	151.56Cb	58.75Db
Gladial	337.81Ab	193.92Ba	115.00Cc	37.06Db
Gold	419.13Aa	203.19Bb	127.50Cc	77.33Db
Hibix	398.06Aa	255.58Ba	254.25Ba	97.00Cb
Natal	413.33Aa	122.25Bc	186.13Bb	156.25Ba
Juazeiro	364.67Ab	149.75Bc	36.00Cd	75.92Cb
Sancho	336.69Ab	221.69Bb	170.08Bb	87.00Cb

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O entendimento da influência de cada variável na ocorrência do oídio é relevante. Entretanto, o aumento da concentração de CO₂ provocará um aumento na temperatura do ar,

por isso entende-se a necessidade de avaliar a interação destes fatores na ocorrência e severidade desta doença. Além disso, estudos apontam a especificidade da resposta dos materiais genéticos às alterações ambientais, ressaltando a importância de pesquisas que indiquem o comportamento de diferentes cultivares às mudanças climáticas. Por meio da interação tripla verificou-se que a maior severidade do oídio ocorreu em ambiente com 410 ppm de CO₂ e regime de temperatura de 20-26-33 °C, para todas as cultivares avaliadas (Tabela 3). Nestas condições, os maiores valores de AACPSD foram observados nas folhas das cultivares Eldorado, Gold, Hibix e Natal. As cultivares Eldorado, Gladial e Gold apresentaram o mesmo comportamento, com redução da severidade da doença com o aumento da temperatura, e em ambiente enriquecido com CO₂. Já as cultivares Awton, Hibix e Sancho mantidas a 770 ppm e 20-26-33 °C e a 410 ppm e 24-30-37 °C não apresentaram diferença estatística na AACPSD para estes dois ambientes (Tabela 3). Estes valores de concentração de CO₂ (410 ppm) e regime de temperatura (20-26-33 °C) foram utilizados pois representam o cenário climático atual do Submédio do Vale do São Francisco. O desenvolvimento do oídio no campo confirma a sua favorabilidade em épocas de temperaturas mais amenas para a região. Em um cenário climático futuro, a importância econômica da doença poderá ser reduzida, uma vez que, para este patógeno, as condições ambientais serão desfavoráveis em função do aumento da temperatura e da concentração de dióxido de carbono. Entretanto, a longo prazo esta resposta dependerá da capacidade adaptativa do fungo às novas condições climáticas.

Como já discutido na avaliação das variáveis isoladas, a interação CO₂ x temperatura também apresentou resposta diferenciada dos patossistemas envolvendo diferentes gêneros de oídio, podendo resultar na redução, aumento ou não ter efeito na severidade da doença (Pugliese et al. 2012, Pugliese et al. 2010, Matic et al. 2018, Mikkelsen et al. 2014). Resultado semelhante a este trabalho foi verificado em plantas de videira e de trigo, onde a redução no desenvolvimento do oídio também ocorreu em ambiente enriquecido com CO₂ e com o aumento

da temperatura do ar (Pugliese et al. 2010, Matic et al. 2018). Já em cevada, a severidade do oídio foi reduzida em temperatura média de 21,5 °C e ambiente com concentração de CO₂ de 700 ppm (Mikkelsen et al. 2014).

A severidade do oídio em abobrinha aumentou com a combinação de 800 ppm CO₂ e regime de temperatura de 22 °C noite e 28 °C dia (Pugliese et al. 2012). O oídio da abobrinha é o mesmo que o oídio do meloeiro. Entretanto, vale a pena ressaltar que o aumento da temperatura foi favorável visto que, este estudo foi realizado no hemisfério Norte, e teve como temperatura baixa o regime de 18 °C noite e 24 °C dia, com média diária de 21 °C. Assim, a média de 25 °C também está entre a faixa de temperatura favorável para o desenvolvimento do oídio no Brasil.

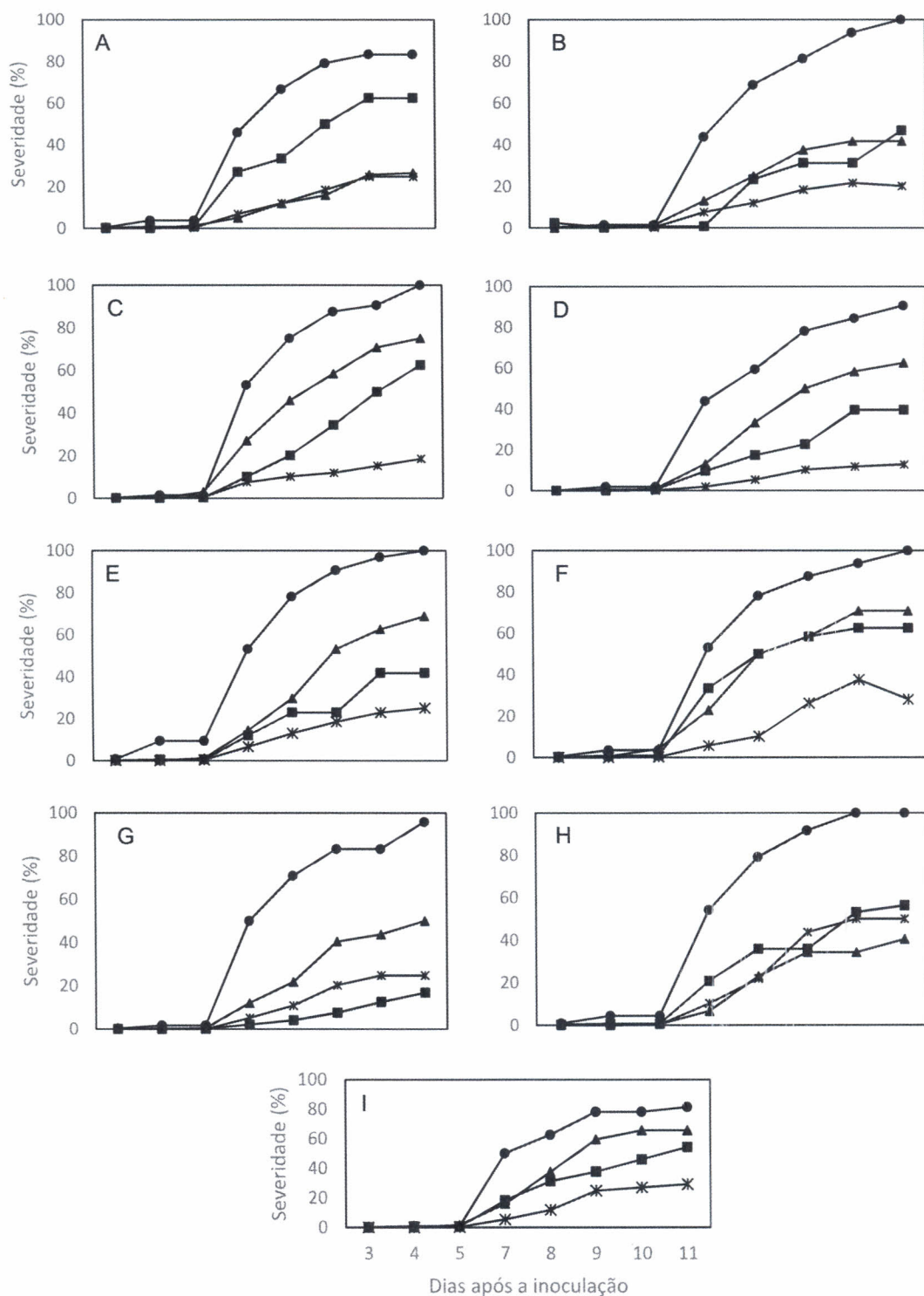
A curva de progresso do oídio das diferentes cultivares de meloeiro avaliadas indicam o alto grau de suscetibilidade das mesmas em ambiente favorável para o desenvolvimento do fungo *P. xanthii*, com maiores valores de severidade em ambiente com 410 ppm de CO₂ e regime de temperatura de 20-26-33 °C (Figura 4). O aumento do CO₂, da temperatura e de outros fatores climáticos altera o progresso das doenças de plantas (Chakraborty & Newton 2011, Debela & Tola 2018). Em ambiente com a concentração atual de CO₂ (410 ppm), o período de incubação variou entre três e quatro dias (Figura 4). No regime de temperatura de 20-26-33 °C, somente a cultivar Gladial apresentou a massa de micélio após quatro dias da inoculação, e as demais cultivares após três dias. No regime de temperatura mais alto, 24-30-37 °C, as cultivares Araguaia, Awton, Gold, Hibix e Natal tiveram o período de incubação de três dias, e as demais quatro dias (Figura 4). Já em ambiente enriquecido com CO₂ (770 ppm), o período de incubação teve uma variação maior, entre quatro e sete dias. No regime de temperatura 20-26-33 °C, o período foi de quatro dias para as cultivares Awton, Gold, Hibix e Natal. Para as demais cultivares este período foi de cinco dias. Na temperatura mais alta, a

cultivar Juazeiro apresentou o maior período de incubação, sendo ele de sete dias. As demais cultivares apresentaram a massa micelial visível cinco dias após a inoculação (Figura 4).

O menor progresso do oídio em meloeiro em ambiente enriquecido com CO₂ e em regime de temperatura 24-30-37 °C pode ter ocorrido devido às alterações fisiológicas na plântula. Segundo Bencze et al. (2015), o aumento na concentração de CO₂ altera o metabolismo, a fisiologia e o desenvolvimento das plantas, com modificações na resistência das plantas a patógenos foliares, causando impacto na infecção e no progresso da doença. Desta maneira, em um cenário de mudanças climáticas, a redução na severidade do oídio do meloeiro poderá resultar em uma atualização nas técnicas de manejo para o controle da doença.

A esporulação de *P. xanthii* em meloeiro foi influenciada significativamente pela temperatura, concentração de CO₂ e pela interação temperatura x CO₂. De maneira que, o aumento da temperatura e da concentração de CO₂ reduziram a quantidade de inóculo (Figura 5). Em melancia, a esporulação de *Sphaerotheca fuliginea* também foi reduzida com o aumento de temperatura de 20 °C a 50 ° (Suleiman et al. 2016). Já a esporulação de *Microsphaera diffusa* Cke. & Pk. em soja não teve a influência deste gás (Lessin & Ghini 2009). Para a esporulação, não foram encontrados trabalhos que relatem o efeito da interação temperatura x CO₂. Como a produção de conídios está relacionada à intensidade da doença e também ao inóculo disponível para novas infecções, a avaliação desde componente do ciclo de infecção é importante. Para o fungo *P. xanthii* em meloeiro, o resultado comprova a redução da favorabilidade da doença em um cenário de aumento da concentração de dióxido de carbono e de consequente aumento da temperatura.

—●— 410 ppm (20-26-33 °C) —■— 410 ppm (24-30-37 °C) —▲— 770 ppm (20-26-33 °C) —*— 770 ppm (24-30-37 °C)



257 Figura 4. Curva do progresso da severidade do oídio em plântulas de melão mantidas em dois
 258 regimes de temperatura e duas concentrações de CO₂. Cultivares: Araguaia (A), Awton (B),
 259 Eldorado (C), Gladial (D), Gold (E), Hibix (F), Juazeiro (G), Natal (H) e Sancho (I).

REFERÊNCIAS

- ABDELGAWAD, H. et al. Future climate CO₂ levels mitigate stress impact on plants: increased defense or decreased challenge? *Frontiers in Plant Science*, v. 7, p. 556, 2016.
- BENCZE, J. et al. Impact of elevated atmospheric CO₂ level on powdery mildew (*Blumeria graminis*f.sp. tritici) severity in wheat depends on the Pathotype × Genotype interaction. *Procedia Environmental Sciences*, v. 29, p. 232-233, 2015.
- BUFFARA, C. R. S. et al. Elaboration and validation of a diagrammatic scale to assess downy mildew severity in grapevine. *Ciência Rural*, v. 44, n. 08, p. 1384-1391, 2014.
- CHAKRABORTY, S.; NEWTON, A. C. Climate change, plant diseases, and food security, an overview. *Plant Pathology*, v. 60, p. 2-14, 2011.
- DEBELA, C.; TOLA, M. Effect of Elevated CO₂ and Temperature on Crop Disease Interactions under Rapid Climate Change. *International Journal of Environmental Sciences e Natural Resources*, v. 13, n. 1, 2018.
- ELAD, Y.; PERTOT, I. Climate Change Impacts on Plant Pathogens and Plant Diseases. *Journal of Crop Improvement*, v. 28, n. 1, p. 99-139, 2014.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

- 299 GHINI, R. et al. Elevated Atmospheric Carbon Dioxide Concentration Increases Eucalyptus
300 Plantlets Growth and Reduces Diseases Severity. *Procedia Environmental Sciences*, v. 29, p.
301 206-207, 2015.
302
- 303 IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: STOKER, T. F. et al. (Org.) *Climate Change*
304 *2013: The Physical Science Basis*. Contribution of working group I to the fifth assessment
305 report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, MA and New York,
306 NY, 2013. 33 p.
307
- 308 ITAGAKI, K. et al. Development of Powdery Mildew Fungus on Cucumber Leaves
309 Acclimatized to Different CO₂ Concentrations. *Hortscience*, v. 50, n. 11, p. 1662-1665, 2015.
310
- 311 LAKE, J. A.; WADE, R. N. Plant-pathogen interactions and elevated CO₂: morphological
312 changes in favour of pathogens. *Journal of Experimental Botany*, v. 60, n. 11, p. 3123-3131,
313 2009.
314
- 315 LESSIN, R. C.; GHINI, R. Efeito do aumento da concentração de CO₂ atmosférico sobre o
316 oídio e o crescimento de plantas de soja. *Tropical Plant Pathology*, v. 34, n. 6, p. 385-392,
317 2009.
318
- 319 MATIC, S. et al. Combined Effect of CO₂ and Temperature on Wheat Powdery Mildew
320 Development. *The Plant Pathology Journal*, v. 34, n. 4, p. 316-326, 2018.
321

MIKKELSEN, B. L. et al. Complex interplay of future climate levels of CO₂, ozone and temperature on susceptibility to fungal diseases in barley. *Plant Pathology*, v. 64, n. 2, p. 319-327, 2014.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Disponível em: <<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>>. Acesso em: fev. 2019.

PATHAK, R. et al. Impact of Climate Change on Host, Pathogen and Plant Disease Adaptation Regime: A Review. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, v. 15, n. 3, p. 529-540, 2018.

PUGLIESE, M. et al. Effects of elevated CO₂ and temperature on interactions of grapevine and powdery mildew: first results under phytotron conditions. *Journal of Plant Diseases and Protection*, v. 117, n. 1, p. 9-14, 2010.

PUGLIESE, M. et al. Effects of elevated CO₂ and temperature on interactions of zucchini and powdery mildew. *Phytopathologia Mediterranea*, v. 51, n. 3, p. 480-487, 2012.

RABELO, H. O. Reação de genótipos de meloeiro ao oídio das cucurbitáceas, métodos para identificação de raças e progresso de doença. 2017. 76 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Genética e Melhoramento de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017.

- 345 REIS, A. et al. Caracterização do perfil patogênico de isolados de *Podosphaera xanthii*
346 obtidos em cucurbitáceas na região nordeste do Brasil, 2005. Disponível em: <
347 <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/156120/1/OPB868.pdf>>.
348
- 349 SALVIANO, A. M. et al. *A cultura do melão*. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 202 p.
350
- 351 SANTOS, M. S. Efeito do CO₂ sobre a qualidade nutricional, ferrugem e fusariose da alfafa.
352 2015. 55 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências
353 Agrônômicas, Universidade Estadual de Paulista, Botucatu, 2015.
354
- 355 SHANER, G.; FINNEY, R. F. The effects of nitrogen fertilization on the expression of show-
356 mildew in Knox wheat. *Phytopathology*, v. 67, p. 1051-1055, 1977.
357
- 358 SULEIMAN, H. M. et al. Effects of temperature on the germination, sporulation, and in -
359 vivo infection of *Sphaerotheca fuliginea* (powdery mildew) on water melon (*Citrullus*
360 *lanatus*. L). *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, v. 9, n. 1, p. 82-86, 2016.
361
- 362 TOZZI, F. R. O.; GHINI, R. Impacto do aumento da concentração atmosférica de dióxido de
363 carbono sobre a ferrugem e o crescimento do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.
364 51, n. 8, p. 933-941, 2016.
365
- 366 ZISKA, L. H. et al. Climate Change, Carbon Dioxide, and Pest Biology, Managing the
367 Future: Coffee as a Case Study. *Agronomy*, v. 8, p. 152, 2018.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os impactos das mudanças climáticas na ocorrência de doenças de plantas é um tema complexo, sendo de grande importância os avanços no conhecimento de como estas alterações poderão interferir na relação patógeno-hospedeiro. Este foi o primeiro trabalho que determinou a influência do aumento da concentração de CO₂ e da temperatura sobre o desenvolvimento do oídio do meloeiro no Brasil. Os resultados obtidos poderão ser utilizados no manejo da doença, contribuindo na definição de estratégias de adaptação deste patossistema, em um cenário de mudanças climáticas.

7. ANEXOS

7.1 NORMAS DA REVISTA AGROPECUÁRIA TROPICAL

A revista PAT recomenda a submissão de artigos com, no máximo, 5 (cinco) autores. A partir deste número, uma descrição detalhada da contribuição de cada autor deve ser encaminhada ao Conselho Editorial (lembre-se de que, às vezes, a seção "Agradecimentos" é mais apropriada que a autoria).

Durante a submissão *on-line*, o autor correspondente deve atestar, ainda, em nome de todos os autores, a originalidade e ineditismo do trabalho (trabalhos já disponibilizados em anais de congresso não são considerados inéditos, por tratarem-se de uma forma de publicação e ampla divulgação dos resultados), a sua não submissão a outro periódico, a conformidade com as características de formatação requeridas para os arquivos de dados, bem como a concordância com os termos da Declaração de Direito Autoral, que se aplicará em caso de publicação do trabalho. Por fim, deve-se incluir os chamados metadados (informações sobre os autores e sobre o trabalho, tais como título, resumo, palavras-chave) e transferir os arquivos com o manuscrito e documento suplementar (anuência dos autores).

Se o trabalho envolveu diretamente animais ou seres humanos como sujeitos da pesquisa, deve-se comprovar a sua aprovação prévia por um Comitê de Ética em pesquisa.

Os trabalhos podem ser escritos em Português ou Inglês, entretanto, **serão publicados apenas em Inglês**. Logo, em caso de submissão em Português e aprovação para publicação, a versão final do manuscrito deverá ser traduzida por especialista em Língua Inglesa (preferencialmente falante nativo), sendo que a tradução ficará a cargo dos autores, sem qualquer ônus para a revista.

Os manuscritos devem ser apresentados em até 18 páginas, com linhas numeradas. O texto deve ser editado em *Word for Windows* e digitado em página tamanho A-4 (210 mm x 297 mm), com margens de 2,5 cm, em coluna única e espaçamento duplo entre as linhas (inclusive para tabelas, cabeçalhos e rodapés). A fonte tipográfica deve ser *Times New Roman*, corpo 12. O uso de destaques como negrito e sublinhado deve

ser evitado. Todas as páginas devem ser numeradas. Os manuscritos submetidos à revista PAT devem, ainda, obedecer às seguintes especificações:

1. Os Artigos Científicos devem ser estruturados na ordem: *título* (máximo de 20 palavras); *resumo* (máximo de 250 palavras; um bom resumo primeiro apresenta o problema para, depois, apresentar os objetivos do trabalho); *palavras-chave* (no mínimo, três palavras, e, no máximo, cinco, separadas por vírgula); *Introdução*; *Material e Métodos*; *Resultados e Discussão*; *Conclusões*; *Agradecimentos* (se necessário, em parágrafo único) e *Referências*. Chamadas relativas ao título do trabalho e os nomes dos autores, com suas afiliações e endereços (incluindo *e-mail*) em notas de rodapé, bem como agradecimentos, somente devem ser inseridos na versão final corrigida do manuscrito, após sua aceitação definitiva para publicação.

2. As citações devem ser feitas no sistema “autor-data”. Apenas a inicial do sobrenome do autor deve ser maiúscula e a separação entre autor e ano é feita somente com um espaço em branco. Ex.: (Gravena 1984, Zucchi 1985). O símbolo “&” deve ser usado no caso de dois autores e, em casos de três ou mais, “et al.”. Ex.: (Gravena & Zucchi 1987, Zucchi et al. 1988). Caso o(s) autor(es) seja(m) mencionado(s) diretamente na frase do texto, utiliza-se somente o ano entre parênteses. Citações de citação (citações secundárias) devem ser evitadas, assim como as seguintes fontes de informação: artigo em versão preliminar (no prelo ou *preprint*) ou de publicação seriada sem sistema de arbitragem; resumo de trabalho ou painel apresentado em evento científico; comunicação oral; informações pessoais; comunicação particular de documentos não publicados, de correios eletrônicos, ou de *sites* particulares na Internet.

3. As referências devem ser organizadas em ordem alfabética, pelos sobrenomes dos autores, de acordo com a norma NBR 6023:2002, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com a seguinte adequação: não é necessária a inclusão da cidade após os títulos de periódicos. Os destaques para títulos devem ser apresentados em *itálico* e os títulos de periódicos não devem ser abreviados.

4. As tabelas (também com corpo 12 e espaçamento duplo) e figuras (dispostas no decorrer do texto) devem ser identificadas numericamente, com algarismos arábicos, e receber chamadas no texto. As tabelas devem ser editadas em preto e branco, com

traços simples e de espessura 0,5 ponto (padrão *Word for Windows*). As figuras devem ser apresentadas com resolução mínima de 300 dpi.

5. A consulta a trabalhos recentemente publicados na revista PAT (www.agro.ufg.br/pat ou www.revistas.ufg.br/index.php/pat) é uma recomendação do corpo de editores, para dirimir dúvidas sobre estas instruções e, conseqüentemente, agilizar a publicação.

6. Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos na revista PAT, pois devem abrir mão de seus direitos autorais em favor deste periódico. Os conteúdos publicados, contudo, são de inteira e exclusiva responsabilidade de seus autores, ainda que reservado aos editores o direito de proceder a ajustes textuais e de adequação às normas da publicação. Por outro lado, os autores ficam autorizados a publicar seus artigos, simultaneamente, em repositórios da instituição de sua origem, desde que citada a fonte da publicação original na revista PAT.