

# Mudanças Climáticas e Modelos Ambientais: Caracterização e Aplicações

Josiclêda Domiciano Galvincto [Org.]



Editora  
Universitária UFPE

Recife - 2011

**Josiclêda Domiciano Galvêncio  
(Organizadora)**

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E MODELOS  
AMBIENTAIS: CARACTERIZAÇÃO E  
APLICAÇÕES**

# MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DOENÇAS DA VIDEIRA

Francislene Angelotti<sup>17</sup>

## Introdução

As mudanças climáticas poderão causar impactos significativos na agricultura brasileira, e em particular na ocorrência de doenças, podendo afetar a economia do país, gerando uma nova geografia da produção (DECONTO et al., 2008; JESUS JUNIOR et al., 2008). Estudos têm demonstrado que atualmente um dos principais desafios da pesquisa agrícola está voltado à segurança alimentar (GREGORY et al., 2009; CHAKRABORTY et al., 2011). Sabe-se que os sistemas de cultivo de maneira geral estão sujeitos a uma série de fatores ambientais que, direta ou indiretamente, podem comprometer a sua produtividade e as perdas ocasionadas por patógenos pode diminuir a produção agrícola (OERKE, 2006).

Apesar das mudanças climáticas serem o maior desafio da humanidade no futuro próximo, seus impactos sobre os problemas fitossanitários foram pouco estudados, tanto por meio de simulação quanto de experimentação. A avaliação dos impactos das mudanças climáticas requer conhecimentos de como o ambiente pode influenciar o crescimento e a suscetibilidade da planta hospedeira, a multiplicação, a disseminação, a sobrevivência e as atividades do patógeno, assim como a interação entre a planta hospedeira e o patógeno. O clima e a ocorrência de doenças estão ligadas diretamente, e suas relações podem ser usadas para o manejo de epidemias, já que flutuações na severidade são determinadas ao longo dos anos, principalmente, pelas variáveis climáticas. Como o ambiente determina a ocorrência e a severidade de doenças, alterações no clima causarão modificações na incidência desses problemas

---

<sup>17</sup> Eng<sup>a</sup>. Agrônoma, Embrapa Semiárido, BR 428, Km 152, CEP 56302- 970, Petrolina, PE. E-mail: fran.angelotti@cpatsa.embrapa.br.

fitossanitários, ocasionando conseqüências econômicas, sociais e ambientais (GHINI et al., 2008).

A análise das alternativas de adaptação é estratégica para a agricultura brasileira. Problemas fitossanitários com menor importância podem ser responsáveis por sérios prejuízos nos cenários futuros. Nesse caso, serão necessários métodos de controle eficientes e disponíveis para solucionar tais problemas. A obtenção de variedades resistentes, por exemplo, requer um maior tempo de desenvolvimento. Assim, estudos sobre os impactos das mudanças climáticas em diversas áreas do setor agrícola no Brasil devem ser realizados de imediato. Além disso, diante dos efeitos das mudanças climáticas no controle biológico e nas opções de controle químico, novas estratégias deverão ser estudadas e, para tanto, a pesquisa deve estar preparada para enfrentar o novo problema que pode alterar o manejo das culturas. Os microrganismos fitopatogênicos estão entre os primeiros organismos a demonstrar os efeitos das mudanças climáticas devido às numerosas populações, facilidade de multiplicação e dispersão e o curto tempo entre gerações (GHINI, 2005). Dessa forma, constituem um grupo fundamental que precisa ser avaliado quanto aos impactos das mudanças climáticas, pois são um dos principais fatores responsáveis por reduções de produção e podem colocar em risco a sustentabilidade do agroecossistema. Diante das ameaças que representam as mudanças climáticas à proteção de plantas, nos próximos anos, torna-se necessário o estudo detalhado do assunto.

## **A Vitivinicultura no Brasil**

A vitivinicultura é uma atividade econômica importante, geradora de trabalho e renda no campo, e de divisas para o País. No Brasil, o cultivo da videira, ocupa uma área de aproximadamente 90 mil ha e situa-se entre o paralelo 30°S, no Estado do Rio Grande do Sul, e o paralelo 9°S, na Região Nordeste do País. Em função da diversidade ambiental, existem pólos com viticultura característica de regiões temperadas, áreas subtropicais e pólos de viticultura tropical. Os principais estados produtores são o Rio Grande do Sul, São Paulo, Pernambuco,

Paraná, Bahia, Santa Catarina e Minas Gerais. Além destas, algumas áreas não tradicionais com viticultura vêm despontando nos estados do Mato Grosso, Goiás e Ceará (Figura 1).

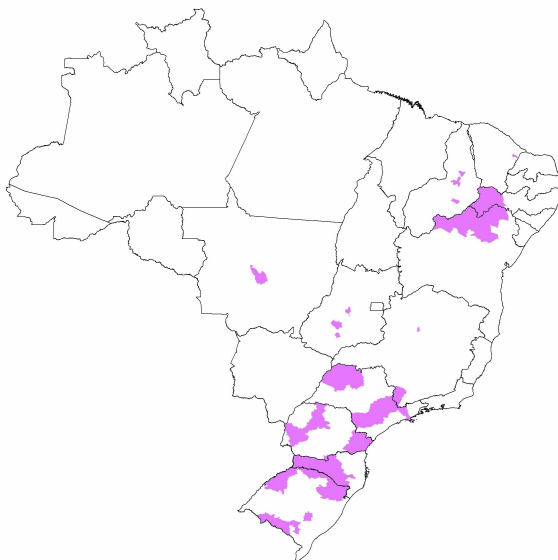


Figura 1. Regiões produtoras de uva no Brasil.

O clima possui forte influência sobre a videira, sendo importante na definição das potencialidades das regiões. Ele interage com os demais componentes no meio natural, em particular com o solo, assim como a variedade e com as técnicas de cultivo da videira.

A temperatura do ar apresenta influência diretamente o crescimento e o desenvolvimento da videira, isto porque afeta todos os processos fisiológicos da planta. A maior atividade fotossintética é obtida na faixa de temperatura que vai de 20 °C a 25 °C, sendo excessivas as temperaturas maiores que 35 °C. Temperaturas diurnas amenas, que possibilitam um período de maturação mais lento, são favoráveis à qualidade. Da mesma maneira, a amplitude térmica influencia na síntese e acúmulo de

polifenóis, e está diretamente relacionada com a intensidade da cor do fruto. Amplitudes térmicas elevadas favorecem a coloração das bagas, sendo importante para as uvas de cor (SENTELHAS, 1998). Desta maneira, os aumentos na temperatura de até 5,8 °C poderão afetar a duração do ciclo de cultivo, a qualidade dos frutos por meio do acúmulo de açúcares e a coloração das bagas, além de provocar o abortamento de flores, entre outros.

A precipitação é um dos elementos mais importantes do clima em viticultura, influenciando diretamente no crescimento e desenvolvimento da videira. A demanda hídrica da videira varia em função das diferentes fases do ciclo vegetativo da planta. O excesso de chuvas durante o período de maturação dos frutos pode interferir no acúmulo de açúcares influenciando diretamente a qualidade dos frutos. Além disso, a precipitação pode ter efeitos diretos na ocorrência de problemas fitossanitários. Segundo os dados do IPCC (2007), a precipitação é um dos fatores climáticos que possui os maiores graus de incerteza sobre a sua variação para os cenários futuros.

### **Cenários de Mudanças Climáticas**

As projeções de clima futuro no Brasil, segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC 2007) estimam que a temperatura média global irá aumentar de 2 a 5,8°C nos próximos 100 anos, dependendo do esforço das nações para implementar políticas de mitigação de gases de efeito estufa. Sabe-se que a temperatura média do planeta tem aumentado desde 1861, e ao longo do século XX esse aumento foi de 0,6°C. (IPCC 2007) (Figura 2). A temperatura é considerada um dos principais elementos climáticos que sofrerá alterações.

O IPCC, com a finalidade de realizar análises sistemáticas sobre o conhecimento científico existente sobre as mudanças climáticas globais e seus impactos divulgou um conjunto de cenários: A1, A2, B1, B2 e A1F, que constituem referências com relação 'as emissões futuras de gases de efeito estufa. O cenário A2 é um cenário de elevadas emissões de gases de efeito estufa, isto é, assume a manutenção dos padrões atuais de emissões. Descreve um mundo futuro muito heterogêneo, com preservação

das identidades locais e da tradição. Os padrões de fertilidade entre regiões convergem muito lentamente, o que resulta em alto crescimento populacional. O desenvolvimento econômico é principalmente orientado regionalmente e o crescimento econômico *per capita* e a mudança tecnológica são mais fragmentados e mais lentos, comparados às outras famílias de cenário (IPCC, 2007). O cenário B2 é um cenário de menores emissões, com características mais otimistas em relação ao cenário A2. Descreve um mundo no qual a ênfase está em soluções locais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental. É um mundo com moderado crescimento populacional, níveis intermediários de desenvolvimento econômico e mudança tecnológica menos rápida e mais diversa, do que o B1 e o A1. É orientado para a proteção do meio ambiente e a equidade social, mas com foco nos níveis local e regional (IPCC, 2007).

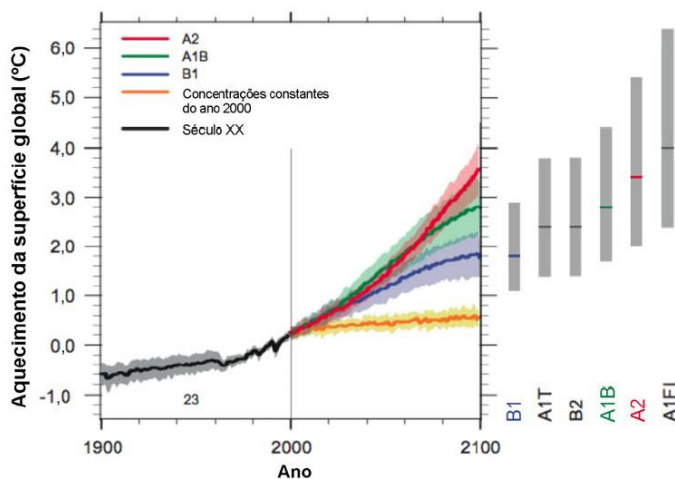


Figura 2. Cenários de aumento de temperatura (Fonte: IPCC 2007).

O aquecimento global está ocorrendo devido ao aumento na concentração dos gases do efeito estufa. O dióxido de carbono, metano e óxido nitroso são os principais gases de efeito

estufa. Nos últimos 250 anos, a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera aumentou de 290 para 379 ppm (partes por milhão), com previsão de chegar a 580 ppm em 2100, o que seria o dobro da concentração existente na atmosfera antes da industrialização. Atenção maior tem sido dada ao dióxido de carbono, uma vez que o volume de suas emissões para a atmosfera representa em torno de 60% do total das emissões de gases de efeito estufa.

Os aumentos globais da concentração de dióxido de carbono se devem principalmente ao uso de combustíveis fósseis e à mudança no uso da terra. Já os aumentos da concentração de metano e óxido nitroso são devidos principalmente à agricultura (IPCC, 2007) (Quadro1). De acordo com o Inventário Brasileiro sobre os gases do efeito estufa, as queimadas e desmatamentos no Brasil respondem por 75% das emissões de CO<sub>2</sub>, enquanto a utilização de combustíveis pela indústria e transporte responde por 25% (MMA, 2008).

Quadro 1. Principais gases relacionados com o aumento do efeito estufa e suas fontes.

CO<sub>2</sub> – O dióxido de carbono é proveniente da queima de combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo, gás natural, turfa), queimadas em áreas florestais e desmatamentos.

CH<sub>4</sub> – O metano é produzido por meio da decomposição anaeróbica ou da queima de substância orgânicas (aterros sanitários), por bactérias no aparelho digestivo do gado, plantações de arroz inundadas, mineração e queima de biomassa.

N<sub>2</sub>O – O óxido nitroso é liberado por microorganismos no solo (por um processo denominado nitrificação). A concentração deste gás na atmosfera tem aumentado devido ao uso de fertilizantes químicos, à queima de biomassa, ao desmatamento e às emissões de combustíveis fósseis.

CFCs - os clorofluorcarbonetos são obtidos a partir da halogenação do CH<sub>4</sub>, onde os hidrogênios dos hidrocarbonetos são substituídos por cloro e flúor. São utilizados como propelentes em aerossóis e extintores, gases de refrigeração e solventes. Quando emitidos para a atmosfera favorecem a degradação da camada de ozônio.

O<sub>3</sub> - O ozônio é formado, na baixa atmosfera, pela dissociação de oxigênio por radiação solar ultravioleta com comprimento de onda menor que 242,5 nm, e pela presença de precursores, como NOx e hidrocarbonetos produzidos pelas usinas termelétricas, uso de solventes, queimadas e pelos motores de combustão interna.

(Fonte: IPCC, 2007; Proclima, 2008).



A previsão de impactos econômicos e sócio-ambientais decorrentes do aquecimento global indica que todas as regiões do mundo serão afetadas (IPCC, 2007). Caso não sejam tomadas medidas necessárias para reverter o processo atualmente em curso, o futuro do planeta pode estar ameaçado. O aumento da temperatura do ar nos últimos anos, juntamente com o derretimento de geleiras nos pólos e a elevação do nível do mar são algumas das conseqüências do aquecimento global. Assim, os cenários climáticos futuros devem ser vistos como matéria-prima para estudos mais aprofundados sobre os impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade, a saúde, a agricultura e a economia.

### **INFLUÊNCIA DO CLIMA NA OCORRÊNCIA DE DOENÇAS**

As doenças de plantas resultam da interação entre patógenos, hospedeiros e o ambiente (AGRIOS, 1997). Assim, a ocorrência de uma doença só se dará na presença de plantas suscetíveis, com uma população de patógenos virulentos e condições ambientais favoráveis, o clássico triângulo de doença (Figura 3). Qualquer modificação em um desses fatores provocará uma redução ou aumento na intensidade da doença ou de sua taxa de desenvolvimento.

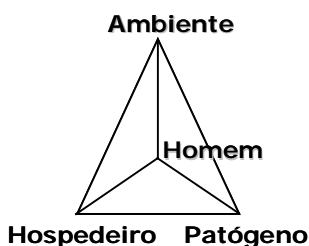


Figura 3. Triângulo de doença: relações entre fatores determinantes para a ocorrência de uma doença.

O clima e a ocorrência de doenças estão relacionados diretamente, assim o aumento da temperatura, a ocorrência de secas e o aumento da concentração de dióxido de carbono são

alguns dos fatores chaves que poderão alterar o padrão da ocorrência das doenças de plantas. Modificações nos componentes abióticos e bióticos podem promover novas interações entre patógeno-hospedeiro nos diversos sistemas de cultivo, causando perdas na produção agrícola pelo ataque de doenças, alterando a eficácia das estratégias de manejo e modificando a distribuição geográfica e temporal dos diversos patógenos (CHAKRABORTY et al., 2000).

Na agricultura, inúmeros exemplos mostram que as alterações climáticas têm efeito direto no risco da ocorrência de patógenos (CHALFOUN et al., 2001; SHARMA et al., 2007; DEL PONTE et al., 2009; EVANS et al., 2008; MILUS et al., 2009). No sul da Ásia, o aumento da temperatura noturna provocou o aumento da severidade da helmintosporiose do trigo, causado pelo fungo *Cochliobolus sativus*, e consequente diminuição na produção (SHARMA et al., 2007). Do mesmo modo, isolados de *Puccinia striiformis*, agente causal da ferrugem do trigo, foram mais agressivos em altas temperaturas (MILUS et al., 2009).

A temperatura é um dos principais fatores climáticos que influencia diretamente o crescimento e o desenvolvimento da planta e do patógeno. Assim, esse fator poderá afetar tanto a suscetibilidade do hospedeiro, como o mecanismo de virulência do patógeno. De maneira que, o aumento da temperatura, segundo as projeções dos cenários climáticos futuros, pode resultar em um aumento da doença em função da redução na resposta de resistência do hospedeiro (WRIGHT et al., 2000). Além disso, as diferentes preferências térmicas ou diferentes capacidade de sobreviver em temperaturas extremas podem modificar o comportamento da planta hospedeira e dos agentes causadores de doenças, levando novos arranjos na comunidade, que incluem a adaptação de patógenos a novos hospedeiros e a interferência nos genes de resistência do hospedeiro e de virulência do patógeno (GARRET et al. 2009). Sendo que, a capacidade de gerar variações genéticas em resposta as alterações de temperatura permite que os patógenos e ou plantas se tornem organismos adptáveis (EVANS et al., 2010). Assim, o conhecimento sobre as respostas dos genes de defesa em populações de planta poderão ser de grande importância para

determinar o potencial de adaptação destas sobre mudanças na pressão do patógeno diante das mudanças climáticas (GARRET et al., 2006). Um exemplo é a resistência do tabaco ao vírus do mosaico (TMV) que em temperaturas acima de 27 °C, a planta é altamente suscetível ao patógeno, porque o gene N que é sensível à alta temperatura (WRIGHT *et al.*, 2000). Por outro lado, existem genes, como o gene de resistência Xa7 do arroz que é mais efetivo a temperaturas altas a 35-29 ° C (WEB et al., 2010). Estas respostas diferenciais irão influenciar as pressões de seleção dos patógenos em diferentes locais, principalmente porque a temperatura oscila anualmente, sofrendo alterações ao longo dos anos. O patossistema Brassica napus - *Leptosphaeria maculans* (cancro da haste) é um exemplo da variação da severidade do patógeno em diferentes regiões (WEST et al., 2001). A quebra de resistência influenciada pelo aumento de temperatura pode inviabilizar a produção em locais que apresentem condições climáticas favoráveis para a diminuição da resistência do hospedeiro. Assim a escolha dos locais onde serão instalados os ensaios para o melhoramento de cultivares resistentes deverá incluir regiões temperadas e tropicais (BUTTERWORTH et al., 2010). Diante desse contexto, o Nordeste brasileiro será uma das regiões potenciais para ensaios futuros, visto que a temperatura média, por exemplo, da região do Submédio do Vale São Francisco, varia em torno de 26 °C.

A temperatura pode atuar desde o início do ciclo de relação patógeno-hopedeiro, iniciando no processo de infecção. Após a infecção, a temperatura pode afetar a taxa de colonização do tecido do hospedeiro, tendo papel decisivo na reprodução do patógeno, aumentando ou diminuindo a taxa de germinação dos esporos (CAMPBELL & MADDEN, 1990). Quando a temperatura permanece favorável durante estas fases, os patógenos completam o ciclo da doença em menos tempo, resultando em mais ciclos durante a estação de cultivo. Quando a temperatura não é favorável para o patógeno pode reduzir a quantidade de inóculo de fungos.

O aumento do dióxido de carbono além de aumentar a temperatura na terra pode causar impactos diretos nos agroecossistemas. Este gás é um componente básico da

fotossíntese, e em alta concentração, pode causar alterações na morfologia e nos processos fisiológicos das plantas, assim como na interação destas com fitopatógenos. As alterações no metabolismo e processos fisiológicos do hospedeiro podem resultar em mudanças na predisposição da planta, sendo este e outros mecanismos ainda pouco elucidados (MANNING; TIEDEMANN, 1995; GHINI, 2005). Em um levantamento realizado por Ghini (2005), o aumento da concentração de dióxido de carbono provocou um aumento da severidade para as seguintes interações patógeno-hospedeiro: *Cladosporium fulvum* – tomate; *Fusarium nivale* – centeio; *Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis* – ciclame; *Fusarium* sp. – trigo; *Plasmodiophora brassicae* – repolho; *Rhizoctonia solani* – algodão; *Seiridiumcardinale* – *Cupressus sempervirens*; *Ustilago* spp. – cevada, milho. Já para os patossistemas: *Colletotrichum gloeosporioides* – *Stylosanthes scabra* *Rhizoctonia solani* – beterraba açucareira; *Phytophthora parasitica* – tomate; *Puccinia* sp. – gramínea; *Xanthomonas campestris* pv. *pelargonii* – gerânio, houve redução na severidade da doença frente ao aumento da concentração de CO<sub>2</sub>.

Estudos sobre aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na interação patógeno-hospedeiro para fungos biotróficos demonstraram que a alta concentração de carboidrato no tecido da plantas hospedeira promoveu um maior desenvolvimento de ferrugens e inibiu o desenvolvimento de míldios (MANNING; TIEDEMANN, 1995; HIBBERD et al., 1996).

No Brasil, os estudos sobre o aumento da concentração sobre problemas fitossanitários foram iniciados em estufas de topo aberto. Os experimentos nas estufas permitiram verificar um aumento significativo na severidade de oídio e uma redução da ferrugem asiática em plantas de soja crescidas em ambiente enriquecido com CO<sub>2</sub> (LESSIN, 2008).

Em agosto deste ano, foi instalado o primeiro FACE ("Free Air Carbon Dioxide Enrichment"), que permite a realização de experimentos com a injeção de CO<sub>2</sub> em agroecossistemas intactos, sem a necessidade do uso do plástico. Este é o primeiro FACE com estudos sobre a cultura do café, ele foi instalado em uma área na Embrapa Meio Ambiente, na região Sudeste.

## MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DOENÇAS DA VIDEIRA

A cultura da videira está sujeita a uma série de fatores ambientais que, direta ou indiretamente, podem comprometer a sua produtividade. Dentre os fatores bióticos que contribuem para a baixa produtividade desta cultura, destacam-se as perdas ocasionadas por doenças.

As principais doenças da videira são o míldio [*Plasmopara viticola* (Berk. & Curtis)], o oídio [*Erysiphe necator* (Schw.)], a antracnose [*Elsinoe ampelina* (de Bary)], as podridões do cacho, cancro bacteriano (*Xantomonas campestris* pv. *viticola*) e, mais recentemente, a ferrugem da videira [*Phakopsora euvitis* (Ono)].

No Brasil, tem sido desenvolvidos trabalhos para a avaliação do impacto das mudanças climáticas sobre os problemas fitossanitários da videira. As pesquisas fazem parte do projeto "Impactos das mudanças climáticas globais sobre problemas fitossanitários" (Climapest) que tem como objetivo avaliar o impacto das mudanças climáticas sobre doenças, pragas e plantas invasoras de importantes culturas para o agronegócio brasileiro, visando ao desenvolvimento de alternativas de adaptação para o controle dos problemas fitossanitários predominantes nos cenários climáticos futuros (<http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/climapest>).

Para a cultura da videira, estão sendo estudados os efeitos do aumento da temperatura, da concentração de CO<sub>2</sub>, e também realizada a elaboração de mapas de distribuição dos problemas fitossanitários nos cenários futuros.

Os estudos sobre alterações de temperatura estão sendo realizados em câmaras de crescimento (Figura 4) para os patógenos *P. viticola*, *P. euvitis* e *E. necator*. Na câmara é realizado o controle da temperatura, umidade, luz e fotoperíodo.

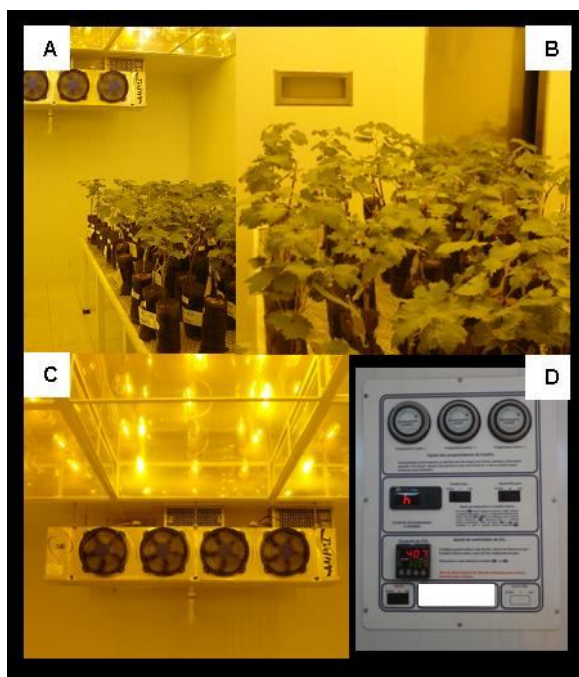


Figura 4. Câmara de crescimento: (A e B) Mudas de videira para estudos sobre efeito das mudanças climáticas em problemas fitossanitários; (C) Sistema de iluminação e umidificação; (D) Painel para regulação das condições ambientais.

Para a avaliação do impacto do aumento da concentração de  $\text{CO}_2$ , foram montados experimentos em estufas de topo aberto modificada (Figura 5). As estufas permitem a injeção de  $\text{CO}_2$  em ambiente natural, onde as mudas são plantadas diretamente no solo. O monitoramento da concentração de  $\text{CO}_2$  é realizado com o auxílio de analisadores infravermelho de gás (IRGA, "infrared gas analyzer"), que fornecem as informações para um controlador que regula a abertura de válvulas para injeção de  $\text{CO}_2$  na estufa. No campo, a leitura imediata de cada sensor será realizada por

computadores de bolso (Personal Digital Assistant, PDAs) devidamente adaptados e executando programas específicos para possibilitar a comunicação com os 'nós' da rede de instrumentação sem fio.

Figura 5. Estufas de topo aberto para estudos sobre o impacto do aumento da concentração de dióxido de carbono sobre o míldio da videira, Petrolina – PE.

### Míldio da Videira



O míldio da videira, causado por *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt) Berl. & de Toni, é uma doença de grande impacto econômico em várias regiões do mundo. Os sintomas da doença são manchas verde-clara, conhecidas como mancha-óleo, formadas na face superior da folhas. As manchas evoluem para necroses de coloração castanho-avermelhadas e podem cobrir grande extensão do limbo foliar. Na face inferior, sob condições climáticas favoráveis, formam-se estruturas de frutificação de coloração esbranquiçada, o esporângioforo. A doença causa

danos em ramos, folhas e cachos, podendo causar perdas de até 100% da produção. O ataque severo da doença pode causar desfolha precoce das folhas e má formação dos ramos, comprometendo as safras seguintes (LAFON & CLERJEAU, 1988; AMORIN & KUNIUKI, 1997). Na inflorescência, o patógeno provoca a seca do ráquis e a queda da baga.

Avaliando a influência do aumento da temperatura no processo de infecção de *P. viticola*, Angelotti et al. (2011), verificaram que o aumento de temperatura diminuiu a severidade da doença na cultivar Thompson seedless. As análises de regressão da temperatura mostraram que os maiores de níveis de infecção ocorreram a 26 °C e os menores a 31,8 °C (Figura 6). As mudas de videira submetidas a 33 °C não apresentaram sintomas da doença.

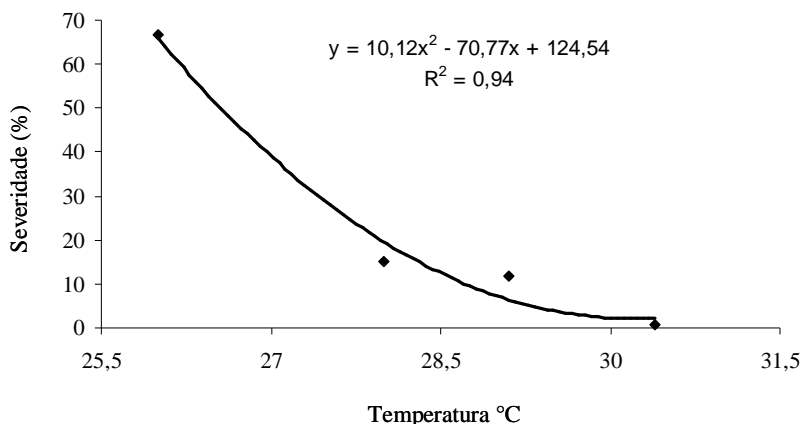


Figura 6. Severidade de do míldio da videira em função do aumento da temperatura do ar, em cultivar Thompson Seedless, Petrolina - PE. (Fonte: Angelotti et al., 2011).

Pinheiro et al., (2011), verificaram que o aumento da concentração de dióxido de carbono na interferiu na severidade do míldio da videira na cultivar Sagraone (Figura 7), Entretanto o



efeito da fertilização com CO<sub>2</sub> depende da resistência da planta hospedeira, ocorrendo variações entre cultivares.

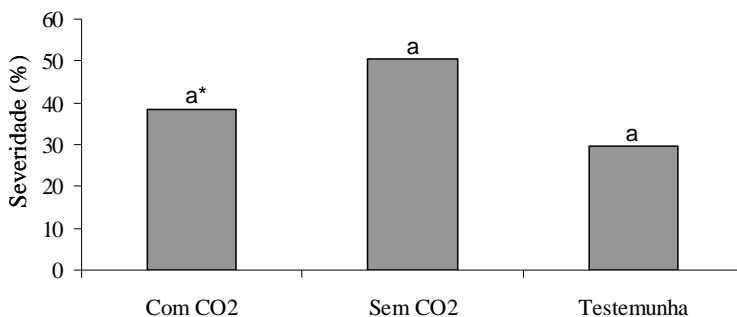


Figura 7. Severidade do míldio da videira em mudas da cultivar Sugaone. (Fonte: Pinheiro et al., 2011).

- Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

### Oídio da Videira

O oídio da videira, causado pelo fungo *E. necator*, provoca maiores danos na cultura quando a incidência do fungo ocorre sobre as bagas provocando rachaduras e posteriormente podridões dos cachos. Quando ataca as folhas, reduz a área fotossintética. Este fungo causa importantes perdas principalmente na região Nordeste do Brasil. No Submédio do Vale do São Francisco, a doença ocorre durante o ano todo do sendo mais expressiva no segundo semestre do ano devido a ocorrência de temperaturas entre 20 e 30 °C e umidade relativa entre 40 a 70% (ANGELOTTI et al., 2009).

Dentre os fatores climáticos, a temperatura e a umidade relativa do ar são os principais determinantes no processo de infecção do oídio da videira. Estudos desenvolvidos em câmaras de crescimento, na região do Submédio do Vale do São Francisco, observaram maiores índices de infecção do oídio em plantas submetidas a 26 e 28°C. A severidade da doença diminuiu com o aumento de temperatura e os menores índices de infecção foram obtidos a 30, 4 e 31, 8°C em uva da cultivar Thompson (Figura 8).

Para o oídio o aumento da temperatura diminuiu a taxa de germinação dos esporos. O maior índice de germinação ocorreu sob temperaturas de 19 a 27 °C e o menor índice a 31 °C, não ocorrendo germinação a partir de 35 °C (ANGELOTTI et al., 2010).

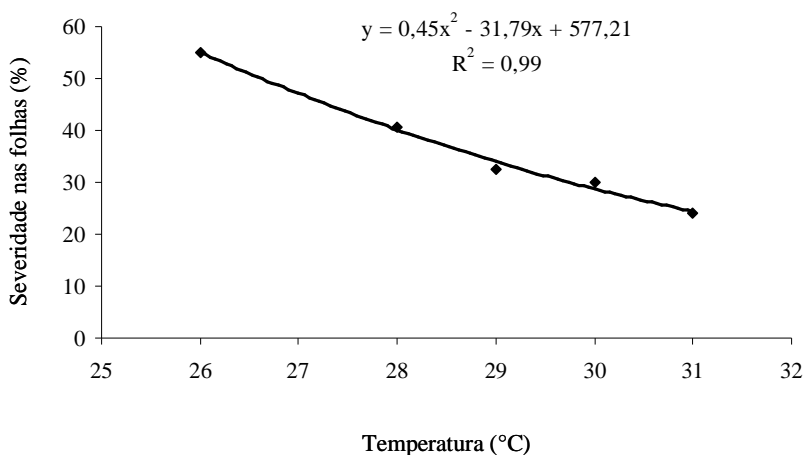


Figura 8. Severidade do oídio da videira, em mudas da cv. Thompson Seedless submetidas a diferentes aumentos de temperatura. Petrolina, PE. (Fonte: Magalhães et al., 2011).

### Ferrugem da videira

A ferrugem da videira, causada pelo fungo *Phakopsora euvitis* Ono, ocorre com maior intensidade no final do ciclo de

produção, causando desfolha antecipada das plantas podendo prejudicar a maturação de frutos e ramos. No Paraná, a doença ocorre em maior intensidade nos meses mais quentes e úmidos (dezembro a março), nos quais são registradas temperaturas mínimas noturnas superiores a 18 °C, associadas com períodos prolongados de molhamento foliar. Na Região Nordeste, altos índices de severidade têm sido observado nos meses de março a maio (ANGELOTTI, 2006; TESSMANN et al., 2007).

No ciclo de desenvolvimento da ferrugem, a temperatura tem um papel importante em todo o ciclo de desenvolvimento do patógeno. A ferrugem da videira pode se desenvolver numa ampla faixa de variação de temperatura (15 a 30°C), mas, flutuações extremas são altamente desfavoráveis. Os maiores níveis de infecção foram observados a 20°C e o menor a 30°C (Figura 9).

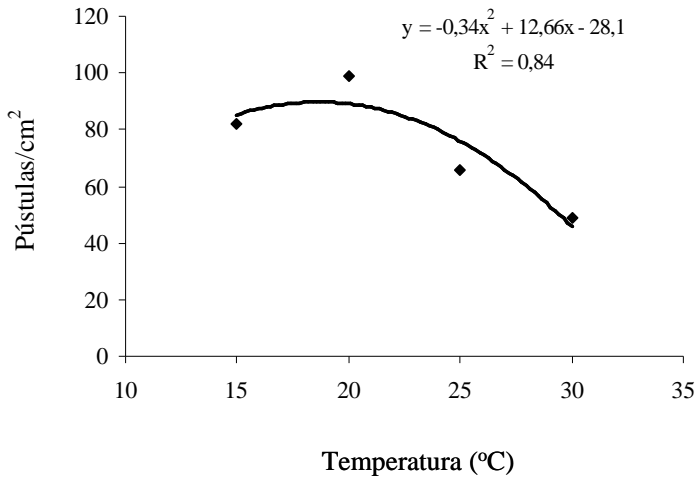


Figura 9. Efeito da temperatura no desenvolvimento de *Phakopsora euvitis*. (Fonte: Angelotti, 2006).

A temperatura exerce efeito sobre a duração do período entre a penetração e a produção de novas estruturas de

reprodução do patógeno, cujo período pode ser mais prolongado se as condições de temperatura e umidade forem desfavoráveis à infecção. Sob condições de alta umidade e temperatura de 20-25 °C, o período latente do fungo *Phakopsora euvitis* é de seis a sete dias, enquanto que na temperatura de 15 °C demora cerca 15 dias. O curto período latente do fungo *P. euvitis* observado a 20-25 °C é um fator que contribui para que epidemias da doença sejam explosivas. Para a maioria dos patógenos, a temperatura pode determinar a rapidez e a extensão da infecção e o período de molhamento foliar é um fator importante no estabelecimento do processo de infecção (ANGELOTTI, 2006).

Após o aparecimento dos sintomas e crescimento da lesão, ocorrerá a reprodução do microrganismo por meio de esporulação que servirá de nova fonte de inóculo. Para a ferrugem em condições de baixa temperatura a produção de esporos é reduzida. À medida que a temperatura aumenta, a esporulação aumenta até atingir um ponto máximo. O aumento da temperatura também diminuiu a taxa de germinação dos urediniosporos (ANGELOTTI et al., 2011). No Submédio do Vale do São Francisco, a temperatura média da região é de 26 °C, teste realizados in vitro verificaram que aumentos de 4.4 e 5.8 °C sob a temperatura média provocaram uma redução na porcentagem de esporos germinados (MAGALHÃES et al., 2011).

Resultados preliminares na avaliação do aumento da concentração de dióxido de carbono sobre a severidade da ferrugem da videira em mudas da cv. Sagraone, inferiram que mudas crescidas em ambiente com 550 ppm de CO<sub>2</sub> apresentaram maior severidade da doença. Entretanto outras cultivares de videira estão sendo avaliadas para verificar as diferenças entre a resistência do hospedeiro (FERNANDES et al., 2011) (Figura 10).

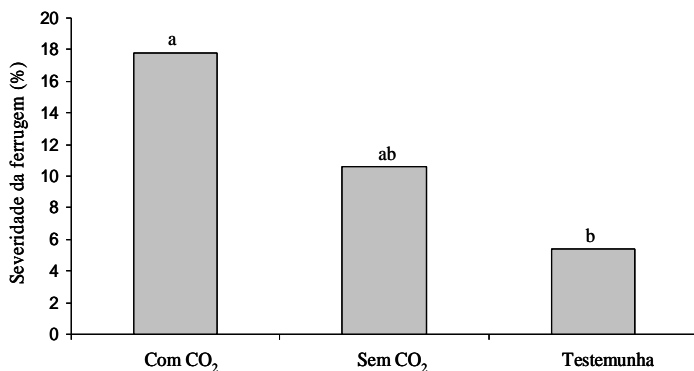


Figura 10. Severidade da ferrugem da videira em mudas da cultivar Sograone. (Fonte: Fernandes et al., 2011) \*Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### **Considerações finais**

A análise dos possíveis impactos das alterações climáticas sobre míldio, oídio e ferrugem da videira será fundamental para a adoção de medidas de adaptação, sendo estratégico para a viticultura brasileira, com a finalidade de evitar prejuízos mais sérios. A pesquisa terá como desafio o estudo do comportamento fisiológico das diversas cultivares e da adaptabilidade das populações de patógenos nas diferentes regiões produtoras de uva. O estudo detalhado da resposta das espécies ou cultivares e suas doenças em relação às alterações do clima nas diversas regiões do país, será de extrema importância devido a variação nas respostas de diferentes patossistemas aos fatores do ambiente. As incertezas quanto aos impactos das mudanças climáticas sobre doenças de planta só serão minimizados por meio da geração de conhecimentos que podem ser obtidos ao longo dos anos.

### **Bibliografia consultada**

AGRIOS, G. N. Plant pathology. New York, Academic Press, 1997. 635 p.

AMORIM, L.; KUNIYUKI, H. Doenças da videira. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Ed.). Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v. 2. p. 736-757.

ANGELOTTI, F. Epidemiologia da ferrugem (*Phakopsora euvitidis*) da videira (*Vitis* spp.). 2006. 66p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

ANGELOTTI, F.; MAGALHÃES, E. E. de; SANTOS, T. T. de C.; BASTOS, D. C. Análise da favorabilidade das condições climáticas à ocorrência de oídio da videira no Vale do São Francisco no período de 1996 a 2006. In: Seminário Brasileiro de Produção Integrada de Frutas, 11.; Seminário Sobre Sistema Agropecuário de Produção Integrada, 3., 2009, Petrolina.

ANGELOTTI, F.; MAGALHAES, E.; FERNANDES, H. A.; BARROS, J. R.; BARBOSA, L. G. Efeito da temperatura e da luz na germinação de conídios de *Uncinula necator*. In: XLIII Congresso Brasileiro de Fitopatologia. Brasília, 2010, Cuiabá. Tropical Plant Pathology. Brasília: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2010 a. v. 35.

ANGELOTTI, F.; TESSMANN, D.J.; SCAPIN, C.R.; VIDA, J.B. Efeito da temperatura e da luz na germinação de urediniósporos de *Phakopsora euvitidis*. Summa Phytopathologica, v.37, p.295-297, 2011.

ANGELOTTI, F.; MAGALHAES, E; FERNANDES, H. A.; BARBOSA, L.G.; PINHEIRO, G.P. Severidade do míldio da videira em função do aumento da temperatura do ar. In: III Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro, 2011, Petrolina.

BOYER, J.S. Biochemical and biophysical aspects of water deficits and the predisposition to disease. Annual Review of Phytopathology, v.33, p.251–74, 1995.

BUTTERWORTH, M.H.; SEMENOV, M.A.; BARNES, A.; MORAN, D.; WEST, J.S.; FITT, B.D.L. North-south divide: contrasting impacts of climate change on crop yields in Scotland and England. Journal of the Royal Society Interface, v.7, p.123–130, 2010.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. (1990) Introduction to Plant Disease Epidemiology. New York, USA: John Wiley & Sons, Inc.

CHAKRABORTY, S.; NEWTON, A.C. Climate change, plant diseases and food security: an overview. *Plant Pathology*, v.60, p.2–14, 2011.

CHAKRABORTY, S.; TIEDEMANN, A.V.; TENG, P.S. Climate change: potential impact on plant diseases. *Environmental Pollution*, v.108, p.317–26, 2000.

CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, V.L.; PEREIRA, M.C. Efeito de alterações climáticas sobre o progresso da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk.&Br.) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, v.25, p.1248–52, 2001.

DECONTO, J. G. (Coord.). Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária: Unicamp, 2008. 82 p. il., color. Esta publicação foi produzida a partir do estudo "Aquecimento Global e Cenários Futuros da Agricultura Brasileira", coordenado pelos pesquisadores Eduardo Assad e Hilton Silveira Pinto.

DEL PONTE E.M.; FERNANDES, J.M.C.; PAVAN, W.; BAETHGEN, W. A model-based assessment of the impacts of climate variability on *Fusarium* head blight seasonal risk in southern Brazil. *Journal of Phytopathology*, v.157, p.675-681, 2009.

Eastburn DM, McElrone AJ, Bilgin DD (2011) Influence of atmospheric and climatic change on plant–pathogen interactions. *Plant Pathology* 60: 54–69.

EVANS, N.; BAIERL, A.; SEMENOV, M.A.; GLADDERS, P.; FITT, B.D.L. Range and severity of a plant disease increased by global warming. *Journal of the Royal Society Interface*, v.5, p.525-531, 2008.

FERNANDES, H.A.; ANGELOTTI, F.; PINHEIRO, G.S; CALGARO, M.; GHINI, R.; TORRE NETO, A.; BARBOSA, L.G. Severidade da ferrugem em videira cv. Sugaone sob o aumento da

concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico. In: III Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro, 2011, Petrolina.

GARRETT, K.A.; NITA, M.; DE WOLF, E.D.; GOMEZ, L.; SPARKS, A.H. Plant pathogens as indicators of climate change. Pages 425-437 in *Climate and Global Change: Observed Impacts on Planet Earth*. T. Letcher, editor. Elsevier, 2009.

GARRETT, K.A.; DENDY, S.P.; FRANK, E.E.; ROUSE, M.N.; TRAVERS, S.E. Climate change effects on plant disease: Genomes to ecosystems. *Annual Review Phytopathology*, v.44, p.489-509, 2006.

GHINI, R. Mudanças climáticas globais e doenças de plantas. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2005, 104p.

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.

GREGORY, P.J.; JOHNSON, S.N.; NEWTON, A.C.; INGRAM, J.S.I. Integrating pests and pathogens into the climate change/food security debate. *Journal Experimental Botany*, v. 60, p.2827-2838, 2009.

HIBBERD, J.M., WHITBREAD, R., FARRAR, J.F. Effect of 700 µmol per mol CO<sub>2</sub> and infection of *powdery mildew* on the growth and partitioning of barley. *New Phytologist*, 1348, 309-345, 1996.

IPCC Climate Change 2007: Summary for policymakers. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

JESUS JUNIOR, W.C.; MORAES, W.B.; COSMI, F.C.; JÚNIOR, R.V.; CECÍLIO, R.A.; ALVES, F.R.; VALE, F.X.R. Aquecimento global e o potencial impacto na agricultura In: XX Congresso Brasileiro de Fruticultura, 54<sup>th</sup> Annual Meeting of the



Interamerican Society for Tropical Horticulture, Vitória, Espírito Santo, 2008.

LESSIN, R.C. Efeito do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico sobre o oídio, a ferrugem e o desenvolvimento de plantas de soja. 2008. 66p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu.

LOLADZE, L. Rising atmospheric CO<sub>2</sub> and human nutrition: toward globally imbalanced plant stoichiometry? *Trends in Ecology & Evolution*, v. 17, p. 457-461, 2002.

MAGALHAES, E.; ANGELOTTI, F.; FERNANDES, H. A.; Germinação de urediniósporos de *Phakopsora euvitidis* sob diferentes aumentos da temperatura. In: 44° Congresso Brasileiro de Fitopatologia. Brasília, 2011, Bento Gonçalves. Tropical Plant Pathology. Brasília: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2011.

MAGALHAES, E.; ANGELOTTI, F.; FERNANDES, H. A. PEIXOTO; A.R.; BARBOSA, L.G.; PINHEIRO, G.P. Severidade do oídio da videira em função do aumento da temperatura do ar. In: III Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro, 2011, Petrolina.

MANNING, W. J.; TIEDEMANN, A. V. Climate change: potential effects of increased atmospheric carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), ozone (O<sub>3</sub>), and Ultraviolet-B (UV-B) radiation on plant diseases. *Environmental Pollution*, v. 88, p. 219-245, 1995.

MILUS, E.A.; KRISTENSEN, K.; HOVMOLLER, M.S. Evidence for increased aggressiveness in a recent widespread strain of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* causing stripe rust of wheat. *Phytopathology*, v.99, p.89–94, 2009.

OERKE, E.C. Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, v.144, p.31–43, 2006.

PINHEIRO, G. S.; FERNANDES, H. A.; ANGELOTTI, F.; BARBOSA, L.G.; BARROS, J.R.; CALGARO, M.; GHINI, R.; TORRE NETO, A.

Severidade do míldio em videira cv. Sugaone sob o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico. In: VI Jornada de Iniciação Científica, 2011, Petrolina. Série Documentos. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.

SENTELHAS, P. C. Aspectos climáticos para a viticultura tropical. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 19, n. 194, p. 9-14, 1998.

SHARMA, R.C.; DUVEILLER, E.; ORTIZ-FERRARA, G. Progress and challenge towards reducing wheat spot blotch threat in the Eastern Gangetic Plains of South Asia: is climate change already taking its toll? *Field Crops Research* 103:109–18.

SÔNEGO, O.R.; GARRIDO, L. da R.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. Doenças fúngicas. In: FAJARDO, T.V.M.(ed.). Uva para processamento. Fitossanidade. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p.11-44.

TESSMANN, D.J.; VIDA, J.B.;GENTA, W.; KISHINO,A.Y. 10 Doenças e seu manejo. In.: KISHINO, A.Y.; CARVALHO, S.L.C. de; ROBERTO, S.R. (Ed.). Viticultura tropical. O sistema de produção do Paraná. Londrina: IAPAR, 2007. P. 255-287.

WEBB, K.M.; ONA, I.; BAI, J.; GARRETT, K.A.; MEW, T.; VERA CRUZ, C.M.; LEACH, J.E. A benefit of high temperature: increased effectiveness of a rice bacterial blight disease resistance gene. *New Phytol*, v.185, p.568-576, 2010.

WEST, J.S.; KHARBANDA, P.D.; BARBETTI, M.J.; FITT, B.D.L. Epidemiology and management of *Leptosphaeria maculans* (phoma stem canker) on oilseed rape in Australia, Canada and Europe. *Plant Pathology*, v.50, p.10–27, 2001.

WRIGHT, K.M.; DUNCAN, G.H.; PRADEL. K.S.; CARR, F.; WOOD, S.; OPARKA, K.J.; CRUZ, S.S. Analysis of the N gene hypersensitive response induced by a fluorescently tagged tobacco mosaic virus. *Plant Physiology*, v.123, p.1375–1385, 2000.