

IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA AO *Pepper yellow  
mosaic virus* EM *Capsicum* spp. E RESPOSTA ECOFISIOLÓGICA  
DE ACESSOS DE *Capsicum chinense* INFECTADOS COM ESSE  
VÍRUS

**CÍNTIA DOS SANTOS BENTO**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY  
RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
FEVEREIRO - 2008

IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA AO *Pepper yellow mosaic virus* EM *Capsicum* spp. E RESPOSTA ECOFISIOLÓGICA DE ACESSOS DE *Capsicum chinense* INFECTADOS COM ESSE VÍRUS

**CÍNTIA DOS SANTOS BENTO**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas”

Orientadora: Profa. Rosana Rodrigues

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
FEVEREIRO – 2008

IDENTIFICAÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA AO *Pepper yellow mosaic virus* EM *Capsicum* spp. E RESPOSTA ECOFISIOLÓGICA DE ACESSOS DE *Capsicum chinense* INFECTADOS COM ESSE VÍRUS

**CÍNTIA DOS SANTOS BENTO**

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas”

Aprovada em 12 de fevereiro de 2008

Comissão Examinadora:

---

Prof. Francisco Murilo Zerbini Jr. (Ph.D., Virologia Vegetal) – UFV

---

Prof. Messias Gonzaga Pereira (Ph.D., Melhoramento de Plantas) – UENF

---

Profa. Telma Nair Santana Pereira (Ph.D., Melhoramento de Plantas) – UENF

---

Profa. Rosana Rodrigues (Doutora, Produção Vegetal/Melhoramento Genético) –  
UENF  
Orientadora

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, pela vida e por me permitir chegar até aqui.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, pela oportunidade concedida para a realização do curso de pós-graduação em nível de mestrado e pela concessão da bolsa de estudo.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À professora Rosana Rodrigues, pela orientação, paciência e ajuda durante a minha caminhada na vida acadêmica.

À professora Telma Nair Santana Pereira, pela ajuda, amizade e incentivo durante todo o curso.

Ao professor Messias Gonzaga Pereira, pela grande ajuda durante esses sete anos de UENF e por não ter me deixado desistir diante da genética quantitativa, meu muito obrigada!

Ao professor Murilo Zerbini, pela co-orientação neste trabalho, pela paciência em esclarecer minhas dúvidas, por ter cedido o inóculo do PepYMV, por ter aberto as portas do seu laboratório durante a realização do teste ELISA e pela oportunidade que me deu de assistir às excelentes aulas de sorologia, meu muitíssimo obrigada também por ter me dado a oportunidade de conhecer um pouco de virologia.

À Gloria Patrícia Castillo Urquiza, pela paciência e grande auxílio durante a realização do teste ELISA no Laboratório de Virologia Vegetal.

À Daniella, Polly, Renan e a todos do Laboratório de Virologia Vegetal, pelo carinho com que me receberam.

À professora Ângela Vitória Pierre, pela liberação dos equipamentos durante o experimento da resposta ecofisiológica e pela orientação e ensinamentos de fisiologia. Aos seus alunos Douglas e Anandra, pelo auxílio durante a utilização dos equipamentos.

A minha mãe, Maria; aos meus irmãos, Roseane, Sheila, Marilúzia, Max e Ana, pela valiosa ajuda nos fins de semana na Pesagro. Aos meus sobrinhos, Gabriela, Yhan, Lara, Rebeca e Pedro, pela alegria que sempre me deram. Aos meus cunhados, Humberto e Rodrigo, pelas caronas em todos os fins de semana que fui à Pesagro.

Ao meu pai, Mario, que, embora não esteja mais entre nós, sei que sempre esteve e estará ao meu lado em todos os meus dias, incentivando-me a continuar sempre.

Às minhas grandes amigas de hoje e sempre, Rozana, Cláudia e Kelly, que sempre me incentivaram a continuar e me ensinaram o sentido da verdadeira amizade, amo muito vocês!

Aos meus amigos de hoje e sempre Joziel e Jozias, pela amizade verdadeira que sempre tiveram por mim.

Aos meus amigos de laboratório, Leandro, Kenea, Sarah, Monique, Rebeca, Gil, Cláudio (mineiro), Cicero, Marilene, Graziela e Francisco, pela ajuda durante todo o experimento.

Ao Sergio, Carlos e Silvana pelo carinho e amizade.

À Isa, Laila, Vitória e ao Antonio Carlos, pelos empréstimos (que não foram poucos) e por sempre estarem dispostos a me ajudar.

Ao José Manoel, pela construção das gaiolas, pelas grandes idéias, incentivos, amizade e por ter me aturado durante esses dias. A sua equipe, Enildo, João, Josimar e Marquinhos, pela ajuda e por sempre estarem dispostos a me ajudar mesmo quando deixava tudo para última hora; obrigada por me permitir ter vocês como amigos.

À Maria Moura, pela caracterização de parte dos acessos utilizados neste trabalho.

A todos vocês, meu muito obrigada!

## SUMÁRIO

|   |     |
|---|-----|
| RESUMO.....   | x   |
| ABSTRACT.....   | xii |
| 1.INTRODUÇÃO.....   | 1   |
| 2.REVISÃO DE LITERATURA.....  | 4   |
| 3. TRABALHOS.....   | 20  |
| 3.1. Fontes de resistência ao <i>Pepper yellow mosaic virus</i> em pimentas.....                            | 21  |
| Resumo.....   | 21  |
| Abstract.....   | 22  |
| Introdução.....   | 22  |
| Material e métodos.....   | 24  |
| Resultados e discussão.....   | 25  |
| Literatura citada.....  | 28  |
| 3.2. Respostas ecofisiológicas de plantas de pimenta infectadas com <i>Pepper yellow mosaic virus</i> ..... | 33  |
| Resumo.....   | 33  |
| Abstract.....   | 34  |
| Introdução.....   | 35  |
| Material e métodos.....   | 36  |
| Resultados e discussão.....   | 40  |
| Literatura citada.....  | 45  |
| 4. RESUMO E CONCLUSÕES.....   | 52  |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 55  |
| APÊNDICE.....   | 71  |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 (Trabalho 1) Número de registro, espécie, procedência, médias das notas, resultado do ELISA indireto e avaliação final dos acessos de <i>Capsicum</i> spp. resistentes ao PepYMV.....   | 31 |
| Tabela 1 (Trabalho 2) Médias obtidas para a variável Fv/Fm em dois acessos de <i>Capsicum chinense</i> avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV.....   | 49 |
| Tabela 2 (Trabalho 2) Médias obtidas para a variável Fv/Fo em dois acessos de <i>Capsicum chinense</i> avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV.....   | 50 |
| Tabela 3 (Trabalho 2) Médias obtidas para conteúdo de clorofila <i>a</i> , clorofila <i>b</i> , carotenóides, clorofila total e relação clorofila <i>a</i> /clorofila <i>b</i> , em dois acessos de <i>Capsicum chinense</i> avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV..... | 51 |
| Tabela 1 (Apêndice) Dados de passaporte dos 128 acessos de <i>Capsicum</i> spp. avaliados quanto à resistência ao PepYMV.....  | 72 |
| Tabela 2 (Apêndice) Características morfoagronômicas dos nove acessos de <i>Capsicum</i> resistentes ao PepYMV .....   | 79 |
| Tabela 3 (Apêndice) Médias da reação ao PepYMV avaliada por meio de notas nos 75 acessos segundo o procedimento de Scott e Knott .....   | 84 |

|   |    |
|---|----|
| Tabela 4 (Apêndice) - Médias da reação ao mosaico amarelo do pimentão, avaliada por meio de notas nos 53 acessos agrupados segundo o procedimento de Scott e Knott.....   | 85 |
| Tabela 5 (Apêndice) Médias da reação ao mosaico amarelo do pimentão, avaliada por meio da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) nos 75 acessos agrupados segundo o procedimento de Scott e Knott.....   | 86 |
| Tabela 6 (Apêndice) Médias da reação ao mosaico amarelo do pimentão, avaliada por meio da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) nos 53 acessos agrupados segundo o procedimento de Scott e Knott  | 87 |
| Tabela 7 (Apêndice) Análise de variância para a emissão da fluorescência da clorofila <i>a</i> e para a determinação da intensidade de clorofila nos quatro tratamentos (planta resistente não inoculada, planta suscetível não inoculada, planta resistente inoculada e planta suscetível inoculada) nos acessos de <i>Capsicum chinense</i> ..... | 89 |
| Tabela 8 (Apêndice) Análise de variância para as trocas gasosas avaliadas nos quatro tratamentos (planta resistente não inoculada, planta suscetível não inoculada, planta resistente inoculada e planta suscetível inoculada), nos acessos de <i>Capsicum chinense</i> .....   | 90 |
| Tabela 9 (Apêndice) Médias obtidas para a variável intensidade de clorofila, em dois acessos de <i>Capsicum chinense</i> avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV.....  | 91 |
| Tabela 10 (Apêndice) Médias obtidas para a variável $F_o$ , em dois acessos de <i>Capsicum chinense</i> avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV.....   | 92 |
| Tabela 11 (Apêndice) Médias obtidas para a variável $F_m$ , em dois acessos de <i>C. chinense</i> avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV  | 93 |
| Tabela 12 (Apêndice) Médias obtidas para a variável $F_v$ , em dois acessos de <i>Capsicum chinense</i> avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV.....   | 94 |
| Tabela 13 (Apêndice) Médias obtidas para a variável $qP$ , em dois acessos de <i>Capsicum chinense</i> avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV.....  | 95 |

|  |    |
|--|----|
| Tabela 14 (Apêndice) Médias obtidas para a variável qN, em dois acessos de <i>Capsicum chinense</i> avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV.....  | 96 |
| Tabela 15 (Apêndice) Médias obtidas para a variável NPQ, em dois acessos de <i>Capsicum chinense</i> avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV..... | 97 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 (Trabalho 1) Absorbâncias (405 nm) obtidas para alguns dos acessos de <i>Capsicum</i> spp. analisados para resistência ao PepYMV.....   | 32 |
| Figura 1 (Apêndice) Dados climáticos relativos à primeira parte do experimento de campo: temperatura máxima (T <sub>máx</sub> ) e temperatura mínima (T <sub>mín</sub> ).....                                    | 80 |
| Figura 2 (Apêndice) Dados climáticos relativos à segunda etapa do experimento de campo: temperatura máxima (T <sub>máx</sub> ) e temperatura mínima (T <sub>mín</sub> ).....                                     | 80 |
| Figura 3 (Apêndice) Dados climáticos relativos à primeira etapa do experimento de campo: umidade máxima e mínima do ar.....  | 81 |
| Figura 4 (Apêndice) Dados climáticos relativos à primeira etapa do experimento de campo: umidade máxima e mínima do ar.....  | 81 |
| Figura 5 (Apêndice) Escala de notas utilizadas na avaliação dos 128 acessos de <i>Capsicum</i> spp. inoculados com o PepYMV.....   | 82 |
| Figura 6 (Apêndice) Variação dos estágios de infecção viral nos acessos avaliados.....   | 83 |
| Figura 7 (Apêndice) Dados climáticos relativos aos dias de avaliações, do experimento de campo, da resposta ecofisiológica: temperatura máxima (T <sub>máx</sub> ) e temperatura mínima (T <sub>mín</sub> )..... | 88 |

Figura 8 (Apêndice) Dados climáticos relativos aos dias de avaliações, do experimento de campo, da resposta ecofisiológica: umidade máxima e mínima do ar ..... 88

## RESUMO

Bento, Cíntia dos Santos; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; fevereiro, 2008; Identificação de fontes de resistência ao *Pepper yellow mosaic virus* e resposta fisiológica de acessos de *Capsicum chinense* infectados com esse vírus; orientadora: Rosana Rodrigues; Conselheiros: Telma Nair Santana Pereira e Messias Gonzaga Pereira.

O vírus do mosaico amarelo ou *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV), uma espécie do gênero *Potyvirus*, tem-se disseminado rapidamente pelas regiões produtoras de pimentão no Brasil. A identificação de fontes de resistência ao PepYMV, a partir da avaliação de acessos de bancos de germoplasma, é a etapa inicial de um programa que visa à obtenção de genótipos resistentes, a qual se tornou um dos principais objetivos do melhoramento da cultura. Este trabalho teve como objetivos avaliar 127 acessos de *Capsicum* spp., existentes no banco de germoplasma da UENF, quanto à reação ao PepYMV para identificar acessos resistentes ao vírus, e estudar a resposta fisiológica de acessos de *Capsicum chinense* identificados como resistentes em condições de infecção com o vírus. O experimento para avaliar a reação dos acessos de *Capsicum* ao PepYMV foi conduzido em condições protegidas, em telados antiafídeos, em duas etapas, no período de maio a novembro de 2007. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com oito repetições. Plantas de *Nicotiana debneyi* infectadas com o isolado 3 do PepYMV foram utilizadas como fonte de inóculo. A

inoculação foi realizada via extrato vegetal tamponado. Os acessos foram inoculados no estágio de três a quatro folhas definitivas e reinoculados num período de 48 horas após a primeira inoculação, para minimizar a incidência de escapes. As plantas foram avaliadas visualmente, utilizando-se o sistema de notas de 1 a 5. Todas as plantas assintomáticas foram submetidas ao teste sorológico ELISA indireto empregando-se anti-soro policlonal produzido contra o isolado 3 do PepYMV. Dos 127 acessos inoculados, nove foram identificados como resistentes ao PepYMV, sendo dois acessos da espécie *C. baccatum* var. *pendulum* e sete da espécie *C. chinense*. Estes acessos podem ser utilizados em programas de melhoramento para desenvolvimento de cultivares de pimentão e pimentas resistentes ao PepYMV. O estudo da influência do vírus na fisiologia das plantas resistentes foi conduzido no período de outubro a dezembro de 2007, com dois acessos de *Capsicum chinense*, um identificado como resistente e outro, como suscetível na primeira fase do trabalho, considerando-se as mesmas condições experimentais. Determinaram-se as seguintes variáveis nas plantas inoculadas e nas testemunhas não-inoculadas: intensidade de clorofila, assimilação fotossintética (PN), condutância estomática (Gs), carbono interno (CI), fluorescência mínima ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), eficiência quântica potencial ( $F_v/F_m$ ), eficiência quântica efetiva ( $F_v'/F_m'$ ), coeficientes de extinção da fluorescência fotoquímica (qP) e não-fotoquímica (qN e NPQ), clorofila *a*, clorofila *b*, carotenóides, clorofila total, clorofila *a*/clorofila *b* e clorofila total/carotenóides. Houve diferença significativa para todas as variáveis analisadas, porém, apesar da diferença detectada, não puderam ser observadas diferenças entre as médias dos tratamentos. Uma queda nos valores das variáveis PN, Gs, CI,  $F_v/F_m$ , qP e qN pôde ser observada ao longo do tempo para plantas não-inoculadas, indicando um estresse destas mesmas a algum fator, provavelmente ambiental, como a temperatura. Na análise de pigmentos, foi identificado um aumento de clorofila *a* e de carotenóides para as plantas suscetíveis inoculadas pelo vírus, sugerindo que a planta estava tentando melhorar a sua eficiência fotossintética para combater a ação do vírus.

**Palavras-chave:** avaliação de germoplasma, *Potyvirus*, resistência a doenças, pimentão, pimentas, resposta ecofisiológica.

## ABSTRACT

Bento, Cíntia dos Santos; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; February; 2008. Screening for Pepper yellow mosaic virus resistance in *Capsicum* germplasm and physiological response of virus-infected *Capsicum chinense* accessions; Advisor: Rosana Rodrigues; Committee Members: Telma Nair Santana Pereira and Messias Gonzaga Pereira.

*Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV), a *Potyvirus* species, has quickly spread across all pepper production areas in Brazil. The identification of resistance sources to PepYMV based on germplasm collection screening became one of the major goals of pepper breeding. This research aimed to evaluate 127 *Capsicum* spp accessions of the UENF germplasm collection considering their reaction to PepYMV, aiming to identify resistant accessions. Moreover, the physiological response of *Capsicum chinense* accessions identified as resistant to the virus was studied under infection conditions. Resistant *Capsicum* accessions were identified in an insect-protected greenhouse in two phases, from May to November 2007. The experiment was performed in a completely randomized design, with eight replications. *Nicotiana debneyi* plants infected with PepYMV isolate 3 were used as inoculum source. The accessions were inoculated with buffered plant extract at the stage of 3-4 definitive leaves and inoculated again 48 hours after the first inoculation to reduce the risk of escape. The plants were visually evaluated on a 1 to 5 rating scale. All asymptomatic plants were tested by the indirect ELISA test

using antiserum against PepYMV isolate 3. Nine of 127 tested accessions were identified as PepYMV-resistant: two *C. baccatum* var. *pendulum* accessions and five *C. chinense* accessions. These accessions are promising for the immediate use by chili pepper growers as well as in breeding programs to obtain new sweet and PepYMV-resistant chili pepper genotypes. The virus influence on the physiology of resistant plants was studied from October to December 2007, in two *Capsicum chinense* accessions (one resistant and one susceptible), based on the results of the first phase of the study. The following variables were determined: chlorophyll intensity; net photosynthetic rate (PN), stomatal conductance (Gs), internal carbon (CI), minimum fluorescence ( $F_0$ ), maximum fluorescence ( $F_m$ ), ratio of variable to maximum fluorescence ( $F_v/F_m$ ), effective quantum efficiency ( $F_v'/F_m'$ ), photochemical (qP), quenching and non-photochemical quenching (qN and NPQ), chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, carotenoids, total chlorophyll, chlorophyll *a*/chlorophyll *b* ratio and total chlorophyll /carotenoid ratio. Despite the significance of the differences for all variables examined, no difference was detected between the treatment means. In comparison with inoculated plants, a drop was observed in the values of PN, Gs, CI,  $F_v/F_m$ , qP and qN in non-inoculated plants. This indicates another stress source, probably an abiotic factor such as high temperature. An increase in chlorophyll *a* and carotenoid contents was observed in susceptible inoculated plants, indicating a defense attempt against the virus by increasing the photosynthetic efficiency and levels of these pigments.

**Key words:** germplasm evaluation, *Potyvirus*, disease resistance, sweet pepper, chili pepper, physiological responses.

## 1. INTRODUÇÃO

O gênero *Capsicum* é originário dos trópicos americanos, onde cinco espécies foram domesticadas (Pickersgill, 1997). O Brasil é considerado o centro de diversidade secundária desse gênero, porém sua variabilidade genética é pouco conhecida (Lourenço et al., 1999). Estima-se que o país apresente o maior número de espécies silvestres do gênero e que a Região Sudeste seja o principal centro de diversidade (Bianchetti, 1996). A coleta, conservação e a descrição dessas espécies silvestres podem levar a descobertas de genes úteis que confirmam adaptação a diferentes ambientes ou resistência a doenças (Pickersgill, 1980, citado por IBPGR, 1983), além de outras características de interesse econômico (Ramos et al., 2000).

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é cultivado em todo o território brasileiro e está entre as dez hortaliças de maior importância econômica no mercado nacional. A Região Sudeste é a principal região produtora do país e também um grande centro consumidor (Echer et al., 2002). Esta hortaliça é bem aceita no país, com uma produção anual de aproximadamente 350.000 toneladas em cerca de 13.000 ha, com uma produtividade média de 27 toneladas/ha (Fontes, 2003).

As pimentas e pimentões representam um novo mercado para a agricultura brasileira e para as indústrias alimentícias, farmacêuticas e cosméticas. Os produtos à base de pimentões e pimentas são consumidos por um quarto da população mundial, principalmente na forma de condimentos. Devido ao agronegócio *Capsicum* estar crescendo, existe demanda por novas cultivares com

maior produtividade e qualidade (Carvalho et al., 2003). Entretanto, o aparecimento de doenças representa um dos fatores limitantes à produção destas culturas (Lopes e Ávila, 2003). Entre essas doenças pode-se citar o mosaico amarelo do pimentão, causado pelo *Pepper yellow mosaic virus*, uma nova espécie do gênero *Potyvirus* que ocorre de forma natural em pimentão (Inoue-Nagata et al., 2002), provocando diversas perdas na cultura, nas Regiões Centro-Oeste e Sudeste do país (Maciel-Zambolim et al., 2004).

O número de cultivares de pimentão e pimenta resistentes a doenças está abaixo do desejável (Silva, 2003). Portanto, existe um crescente interesse em desenvolver cultivares resistentes. Contudo, uma cultivar além de resistente precisa ser tão boa quanto as que dominam o mercado, caso contrário, ela não será adotada, por melhor que seja o nível de resistência que possa apresentar (Reifschneider e Lopes, 1998).

A obtenção de fontes de resistência é uma importante etapa para o desenvolvimento de programas de melhoramento que visam à obtenção de cultivares resistentes a doenças (Faleiro et al., 2001).

A caracterização morfológica e a documentação da coleção de bancos de germoplasma de *Capsicum* representam ações de grande importância, pois possibilitam a manutenção da base genética que permitirá a utilização da variabilidade genética em programas de melhoramento que visam ao desenvolvimento de cultivares precoces, produtivas, e à identificação de genótipos resistentes a pragas e doenças.

A maioria das informações geradas nos bancos de germoplasmas pode ser utilizada pelos melhoristas para o desenvolvimento de populações e linhagens de *Capsicum* com resistência múltipla a doenças (Carvalho et al., 2001).

O desenvolvimento de cultivares resistentes é uma das maiores contribuições ao melhoramento das hortaliças, devido, diretamente, aos ganhos de produtividade e redução dos custos de produção e, indiretamente, por auxiliar sobremaneira o controle integrado de pragas e doenças, resultando em produtos de melhor qualidade (Carrijo, 2001).

Os patógenos como fungos e bactérias levam à redução do sistema fotossintético da planta hospedeira, devido à liberação de toxinas que afetam as enzimas envolvidas na fotossíntese. Os vírus, ao contrário desses patógenos, ocupam os espaços da célula vegetal induzindo desordens fisiológicas capazes

de alterar as funções da fotossíntese e outras funções metabólicas, tais como a respiração, atividade enzimática, transporte de assimilados e balanço hormonal (Agrios, 1997). Essas alterações no sistema metabólico das plantas produzem uma redução da capacidade fotossintética que varia conforme o estresse causado pelo vírus (Chagas, 2007). A redução da fotossíntese promove uma alteração na fisiologia da planta infectada, pois leva à diminuição da fluorescência da clorofila *a*, da razão clorofila *a*/clorofila *b* e das trocas gasosas, redução da pigmentação foliar, da eficiência quântica fotoquímica potencial do fotossistema II (PSII) e redução das taxas de troca líquida de CO<sub>2</sub> (Gonçalves et al., 2005).

Este trabalho teve como objetivos: avaliar e identificar acessos de *Capsicum* existentes no banco de germoplasma da UENF que sejam resistentes ao PepYMV e que possam ser indicados para uso imediato pelos produtores ou para uso em programas de melhoramento para resistência a doenças; estudar a influência do vírus do mosaico amarelo na fisiologia de plantas resistentes e suscetíveis.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Origem do gênero *Capsicum*

De acordo com Nikolai Vavilov, o gênero *Capsicum* teve origem no Sul do México e na América Central, incluindo as Antilhas (Lam-Sanchez, 1992). Porém, Moscone et al. (2007) propuseram um novo mapeamento da origem desse gênero. Segundo estes autores, o gênero *Capsicum* teve sua origem na Bolívia e possui como ancestral comum *Capsicum chacoense*. Com o passar dos anos, essa espécie (*C. chacoense*) sofreu migração e especiação para as regiões andinas e amazônicas (Esbaugh et al., 1983). Esse gênero possui 31 espécies confirmadas e cinco em vias de classificação (Moscone et al., 2007). Dessas, cinco são domesticadas: *Capsicum annuum* L., *C. frutescens* L., *C. chinense* Jacq., *C. baccatum* L. e *C. pubescens* R. (IBPGR, 1983; Govindarajan, 1985; Viñals et al., 1996).

Cada espécie domesticada tem o seu centro de origem específico: *C. annuum* tem origem na América Latina, e o México é considerado o seu centro de diversidade (Esbaugh et al., 1983); *C. chinense* e *C. frutescens* possuem como centro de origem o norte da Amazônia (Pickersgill, 1971); *C. pubescens* teve origem na região dos Andes, na América do Sul (Esbaugh, 1979); a espécie domesticada *C. baccatum* var. *pendulum* é amplamente difundida nas regiões tropicais da América do Sul, principalmente da costa do Peru ao Brasil. A

variedade silvestre *C. baccatum* var. *baccatum* tem distribuição semelhante à domesticada (Eshbaugh, 1970).

Acredita-se que as espécies de *Capsicum* podem ter sido selecionadas em suas regiões de origem, chamadas de centro primário e, posteriormente, levadas para outras regiões denominadas de centro secundário. Nessas novas áreas, devido ao processo de seleção, acaba ocorrendo o surgimento de novos tipos morfológicos (Reifschneider, 2000).

Apesar de ser exclusivo das Américas, a partir do século XVI, esse gênero expandiu-se por outras partes do mundo, quando a movimentação das populações europeias entre as comunidades indígenas foi intensificada (Luz, 2001). Esta migração também pode ter sido favorecida por pássaros migratórios que vão de uma região para outra dispersando as sementes em novas áreas (De Witt e Bosland, 1997). Essas novas áreas são chamadas de centro secundário e, dentre elas, podem-se citar: o Sudeste e o Centro da Europa, África, Ásia e parte das Américas. O Brasil é considerado um importante centro secundário desse gênero, por se observar considerável diversidade genética entre as espécies de *Capsicum* (Reifschneider, 2000).

Vinãls et al. (1996) sugerem que a ampla distribuição geográfica desse gênero ocorreu de acordo com o complexo gênico das espécies, com o auxílio das condições climáticas, favoráveis a cada complexo. Segundo os autores, o complexo *C. pubescens*, caracterizado pelas espécies que possuem flores de cor púrpura, pode ter se originado nas regiões altas dos Andes, passando pelo Norte da América Central e México. O complexo *C. baccatum*, que possui flores brancas e é beneficiado por ambientes secos, pode ter surgido na região Centro-Sul da Bolívia. Já as espécies pertencentes ao complexo *C. annuum*, caracterizadas por possuírem flores brancas, provavelmente se originaram nas regiões tropicais da América do Sul e Central.

## **2.2. Importância econômica e nutricional**

O cultivo de hortaliças vem sendo muito utilizado pelo pequeno produtor que utiliza a mão-de-obra familiar. Esse cultivo ocupa aproximadamente 800 mil hectares, proporcionando cerca de 2,5 milhões de empregos no campo, com

cerca de 15 milhões de toneladas de produtos anualmente no setor agrícola (Queiroz, 2003).

O agronegócio envolvendo o gênero *Capsicum* é de grande importância na agricultura familiar, pois permite uma integração entre o pequeno produtor e a indústria (Ribeiro, 2004). No mercado brasileiro, cerca de 12.000 ha são cultivados com esta cultura, permitindo uma produção de aproximadamente 280 mil toneladas de frutos em todos os Estados brasileiros. Os Estados de São Paulo e Minas Gerais são responsáveis por uma produção de 120 mil toneladas, em 5.000 ha de área plantada (Ribeiro e Cruz, 2002). O Rio de Janeiro é responsável por uma produção de 24 mil toneladas, com valor aproximado de 10 milhões de reais (IBGE, 2003).

Nos aspectos nutricionais, o pimentão e a pimenta são fontes de vitaminas A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e, quando consumidos *in natura*, são ricos em vitamina C. Os frutos de cor vermelha também são ricos em carotenóides (Vinãls et al., 1996). Na culinária, contribuem para acentuar o sabor, o aroma e a cor de diversos pratos típicos em várias partes do mundo (Lúcio et al., 2003).

A comercialização dos frutos pode ser feita na forma *in natura* ou em conserva. Os frutos consumidos *in natura* são utilizados em molhos, pratos principais, saladas e condimentos. As espécies desse gênero também podem ser utilizadas em outros tipos de mercado, como o medicinal, pois têm função digestiva, auxilia no combate à disenteria e infecções intestinais, e ainda têm funções antiparasitárias e cicatrizantes (Vinãls et al., 1996).

As pimentas vêm sendo muito utilizadas como repelentes contra roedores que danificam cabos elétricos subterrâneos, percevejos, assim como *spray* de pimenta contra assaltos (Bosland, 1996). Também são comercializadas na forma de geléias, molhos e *blends* (vidros enfeitados para decoração de casas) de pimentas (Moura, 2006).

### **2.3. Botânica**

O gênero *Capsicum* é composto por um grupo de plantas que não possuem pungência, denominadas de pimentão (*C. annuum* L.), e um outro grupo formado por plantas pungentes, devido a alcalóides chamados de capsaicinóides, denominadas de pimenta (Bosland, 1996).

O pimentão e as pimentas são classificados como Angiosperma, Dicotyledonea, divisão Spermatophyta, ordem Solanales, família Solanaceae, subfamília Solanoideae e tribo Solaneae (Vinãls et al., 1996).

São cultivadas como anuais (Filgueira, 2000), porém existem espécies anuais, bienais e perenes (Bosland, 1996). São plantas arbustivas e de caule resistente (Filgueira, 2000), variam em altura e forma de desenvolvimento, em função do genótipo e das condições de cultivo (Vinãls et al., 1996).

As pimentas e pimentões possuem flores hermafroditas, sendo consideradas plantas autógamas por terem mais de 95% de autopolinização. Porém, existe uma pequena taxa de polinização cruzada que dependerá da ação de insetos polinizadores (Filgueira, 2000). Todavia, espécies silvestres são auto-incompatíveis, o que facilita a polinização cruzada. Em relação ao número de cromossomos, estudos vêm demonstrando que existem dois grupos distintos, um com  $2n=24$  e outro com  $2n=26$  cromossomos. As espécies domesticadas são diplóides pertencentes ao grupo das espécies com  $2n=24$  cromossomos (Pozzobon et al., 2006; Moscone et al., 2007).

As espécies domesticadas têm características botânicas que permitem diferenciá-las, sobretudo no que diz respeito à coloração da flor e da corola, número de flores por nó, posição e formato dos frutos (Teixeira, 1996).

A espécie *C. annuum*, na qual estão presentes o pimentão, a pimenta doce e as pimentas do tipo “jalapeño” (Reifschneider, 2000), pode ser identificada por possuir flor isolada em cada nó, corola de cor branca leitosa, sem manchas difusas na base das pétalas e antera azul ou arroxeadas (Vinãls et al., 1996).

Na espécie *C. baccatum*, existem duas variedades bem cultivadas: a *C. baccatum* var. *pendulum* que possui corola branca com manchas amareladas e uma única flor por nó (Vinãls et al., 1996), e a *C. baccatum* var. *baccatum* que se diferencia da primeira por possuir manchas esverdeadas nas corolas e de duas a três flores por nó, sendo as únicas diferenças entre essas variedades (IBPGR, 1983). O fruto é pequeno, semelhante a uma baga; e na América do Sul essas pimentas são conhecidas como “aji”. No Brasil, são conhecidas como “dedo-de-moça”, “chapéu-de-frade” e “cumari”; esta última bem popular na Região Sudeste do país (Reifschneider, 2000).

A pimenta “malagueta”, pertencente à espécie *C. frutescens*, pode ser distinguida das outras espécies por conter de duas a cinco flores por nó, corola

paleácea ou branco-esverdeada e por ser altamente ramificada (Vinãls et al., 1996).

Apesar do nome da espécie *C. chinense* significar “da China”, ela é a mais brasileira das espécies domesticadas. As mais consumidas no Brasil são a “pimenta-de-cheiro”, “pimenta-de-bode”, “murici” e a “habanero” (Reifschneider, 2000). Elas possuem frutos pendentes de diferentes tamanhos e uma constrição anular na junção do cálice com o pedicelo. Esta última característica difere da espécie *C. frutescens*, já que as duas são muito próximas e, segundo alguns autores, deveriam pertencer à mesma espécie (Heiser Jr., 1976).

A espécie *C. pubescens* possui corola e antera roxa, uma única flor por nó, com grandes nectários, folhas pubescentes, frutos de formato maçã ou pêra e as sementes de cor negra. Na América do Sul é conhecida como “rocoto” ou “locoto” (Bosland, 1996).

#### **2.4. Complexos gênicos do gênero *Capsicum***

Com a finalidade de organizar os germoplasmas de acordo com a facilidade de se realizarem cruzamentos entre as espécies e de se conseguir o híbrido fértil, foi proposto o conceito de complexo gênico, que é dividido em três tipos: o complexo gênico primário (cujo cruzamento ocorre normalmente originando híbridos com alta fertilidade, que assegura a transferência do gene); o complexo secundário (nesse complexo, o cruzamento e a obtenção do híbrido são mais complicados, requerendo técnicas mais elaboradas), e o complexo gênico terciário (neste caso, o cruzamento é mais difícil de ser conseguido e o híbrido resultante é estéril ou inviável) (Harlan e De Wet, 1971, citado por Campos, 2006).

De acordo com a estrutura cromossômica, bandeamento isoenzimático e polimorfismo de DNA cloroplastídico, as espécies do gênero *Capsicum* foram classificadas em três complexos: o complexo *annuum*, constituído pelas espécies *C. annum*, *C. chinense* e *C. frutescens*; o complexo *baccatum*, formado pela espécie *C. baccatum* e *C. pratermissum*; e o complexo *pubescens*, constituído pelas espécies *C. eximium*, *C. cardenasii* e *C. pubescens* (Choong, 1998, citado por Campos, 2006). O cruzamento entre as espécies de um mesmo complexo (cruzamento interespecífico) é considerado possível, porém entre espécies de

complexos diferentes não é tão fácil, devido a barreiras de pré- e pós-fertilização (Campos, 2006).

No complexo *annuum*, a compatibilidade entre as espécies é bilateral. Lanteri e Pickersgill (1993), ao estudarem os híbridos obtidos do cruzamento entre *C. annuum* x *C. chinense*, observaram diferenças nos cariótipos dessas espécies. Na espécie *C. annuum*, existem dez pares de cromossomos sub ou metacêntricos e dois pares acrocêntricos (um par sem satélite e outro com um pequeno satélite no braço curto). Já a espécie *C. chinense* possui 11 pares de cromossomos sub ou metacêntricos e um par de cromossomos acrocêntricos (com um pequeno satélite no braço curto). Os híbridos obtidos deste cruzamento foram confirmados por possuírem três cromossomos acrocêntricos, dois com satélites (um pequeno e um outro maior) e um sem satélite.

O complexo *pubescens* também possui compatibilidade bilateral. Entretanto, existe incompatibilidade unilateral entre espécies desse complexo com as outras espécies. Um exemplo disso é a espécie *C. tovarii* que, apesar de ser morfológicamente mais próxima das espécies do complexo *pubescens*, possui incompatibilidade unilateral com as espécies deste complexo gênico (Onus e Pickersgill, 2004). Essa incompatibilidade entre a espécie *C. tovarii* e as espécies do complexo *pubescens* ocorre, provavelmente, devido à espécie *C. tovarii* não pertencer ao complexo *pubescens* e sim ao complexo *baccatum*, conforme relatam Tong e Bosland (1999) que, ao realizarem estudos nas progêneses F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> e retrocruzamento obtidos a partir do cruzamento entre *C. baccatum* x *C. Tovarii*, observaram que a maioria dos cromossomos na meiose parearam como bivalentes. Porém, existem outras características que sugerem diferenças por, no mínimo, uma translocação recíproca entre essas duas espécies.

Cruzamentos realizados por Campos (2006) entre espécies do complexo *annuum* com espécies do complexo *baccatum* mostraram-se viáveis, porém não foi possível a formação de todos os híbridos recíprocos.

## **2.5. Germoplasma de *Capsicum*: diversidade, caracterização e avaliação**

Devido ao agronegócio *Capsicum* estar crescendo, existe demanda por novas cultivares com maior produtividade, qualidade e resistência às doenças. A obtenção dessas novas cultivares está baseada na variabilidade genética dos

acessos mantidos nas coleções de germoplasma de *Capsicum* spp. (Carvalho et al., 2003).

Uma coleção de germoplasma pode ser definida como o conjunto de genótipos de uma espécie com origem geográfica e ambiental variadas, sendo matéria-prima para a pesquisa (Valois et al., 1996). Essa coleção também pode ser denominada banco de genes, banco de germoplasma ou banco genético, e constitui a base física onde é feita a conservação de todo o conjunto de materiais hereditários de uma espécie. Das espécies vegetais, são armazenadas, no banco de germoplasma, as sementes, partes da planta e até mesmo as células, consideradas úteis para o propósito de estudar, manejar ou utilizar a informação genética que possuem (Vilela-Morales et al., 1997).

Com o intuito de facilitar o manejo e a obtenção de informações sobre o germoplasma, este deve ser organizado em agrupamentos de gêneros, famílias ou produtos, ou grupos de produtos como forrageiras, frutíferas, etc. O termo acesso é utilizado para identificar toda amostra de germoplasma representativa de uma variação genética de uma população ou de um indivíduo. Praticamente todo acesso propagado adequadamente reproduz as características genéticas da população de onde foi obtido (Vilela-Morales et al., 1997).

Com o objetivo de se conhecer a diversidade genética existente no material presente no banco de germoplasma, este deve ser caracterizado e avaliado (Bueno et al., 2001). Para a caracterização dos acessos, podem-se utilizar caracteres morfoagronômicos, que consistem no uso de dados botânicos de alta herdabilidade, de fácil mensuração e com pouca interação genótipo x ambiente.

Os aspectos morfológicos e fenológicos também devem ser observados de forma sistemática nos acessos por meio de descritores, que são características utilizadas para descrever um acesso. A avaliação de germoplasma, por sua vez, baseia-se em caracteres de baixa herdabilidade, por isto, para maior confiabilidade dos dados, torna-se necessário o uso de um modelo experimental que obedeça aos princípios básicos da experimentação agrícola (Valls, 1988).

Considerando que o aumento do uso de germoplasma em programas de melhoramento está relacionado à disponibilidade de informações sobre os acessos contidos numa coleção ou banco, as informações geradas a partir de estudos morfoagronômicos e da divergência genética permitirão o maior

conhecimento dos acessos preservados e a possibilidade de sua ampla utilização (Schuelter, 1996).

Os melhoristas, de uma maneira geral, reconhecem a importância dos recursos genéticos armazenados em bancos de germoplasma. Porém, apenas 4% desses recursos são utilizados no mundo (Vasconcelos et al., 2007). Isso ocorre devido, principalmente, à falta de conhecimento acerca dos fatores bióticos e abióticos que afetam o germoplasma, a não divulgação das informações sobre os acessos que compõem as coleções, além de documentação inadequada (Nass, 2001). Segundo Vilela-Morales et al. (1997), as dificuldades em se adquirir o germoplasma podem estar em impedimentos burocráticos e em procedimentos de quarentena muitas vezes inadequados.

O número e a abrangência dos acessos de um banco de germoplasma e a informação sobre as características são alguns dos fatores mais frequentemente mencionados como fundamentais para o uso do germoplasma em melhoramento de plantas (Netto, 2003).

Entre as instituições brasileiras detentoras dos maiores bancos de germoplasma de *Capsicum* no Brasil, estão a Embrapa Hortaliças, com cerca de 650 acessos já caracterizados morfoagronomicamente (Embrapa, 2008), e a Universidade Federal de Viçosa, com 1.090 acessos, que foram caracterizados e avaliados até o ano de 2001 (Silva et al., 2001).

O banco de germoplasma da UENF possui aproximadamente 250 acessos de *Capsicum* spp., caracterizados e avaliados tanto para caracteres morfoagronômicos quanto para resistência à mancha bacteriana causada por *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Sudré et al., 2005). Parte desses acessos também já foi caracterizada molecularmente (Costa et al., 2006).

## **2.6. O sistema fotossintético e a influência das viroses em seu funcionamento**

A fotossíntese é o processo mais importante que ocorre na terra. Durante esse processo, as plantas utilizam a energia solar para converter moléculas simples (dióxido de carbono e água) em moléculas orgânicas, que podem ser utilizadas por plantas e animais como fontes de energia e de moléculas estruturais (Raven et al., 2001)

A energia luminosa capturada e armazenada pelos vegetais superiores é utilizada em conjunto pelos complexos de pigmentos captadores de luz e pelo transporte seqüencial de elétrons do fotossistema II (PSII) para o fotossistema I (PSI). A utilização da luz pelos fotossistemas regula as reações de fixação de CO<sub>2</sub> e geração de ATP, pelas reações luminosas (Chagas, 2007).

O PSII, ao absorver energia luminosa, permite a excitação das moléculas de clorofila ali presentes, que, conseqüentemente, passam para um estado instável liberando parte da sua energia ao meio na forma de calor, sem a emissão de fótons. A clorofila excitada também pode perder energia por fluorescência, reemitindo fótons e retornando ao estado basal. Parte da energia pode ser direcionada para as reações fotoquímicas ou ainda ser transferida fracamente para o PSI, pelo contato entre moléculas de clorofila (Taiz e Zeiger, 2004).

Os pigmentos fotossintéticos auxiliam os processos fotoquímicos do PSII. Por exemplo, em condições de luz baixa, aproximadamente 95% dos fótons absorvidos são utilizados na fase fotoquímica da planta, 4,5% são transformados em calor e 0,5% são reemitidos como luz fluorescente. Entretanto, se por algum motivo os centros de reação do PSII estiverem bloqueados e não ocorrer a fotossíntese, 95-97% da energia pode ser dissipada como calor e 2,5-5,0% via fluorescência (Bolhar-Nordenkampf e Oquist, 1993).

A fluorescência basal ou mínima (F<sub>o</sub>) é a fluorescência medida quando todos os centros de reação estão abertos. Fluorescência máxima (F<sub>m</sub>) ocorre quando os centros de reação do PSII estão fechados. Já a fluorescência variável (F<sub>v</sub>) é determinada pelo estado do centro de reação (aberto ou fechado). Esta fluorescência pode ser definida como a diferença entre F<sub>m</sub> e F<sub>o</sub>. O rendimento quântico do PSII pode ser determinado pela razão F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>, que determina a capacidade do fotossistema em converter energia luminosa em energia química. Existem também algumas variáveis utilizadas na medição da dissipação ou extinção da fluorescência. Tais fatores são: coeficiente de extinção da fluorescência fotoquímica (qP), que mede a extinção fotoquímica, e os coeficientes de extinção não-fotoquímica (qN e NPQ), que medem a extinção não-fotoquímica (Van Kooten e Snel, 1990).

A fluorescência das clorofilas do PSII é muito variável, pois sofre influência do estado fisiológico da planta, podendo ser utilizada no monitoramento de coberturas vegetais ou na predição da fixação fotossintética de CO<sub>2</sub> (Rodrigues,

1998). A capacidade fotossintética da planta diminui de acordo com o tamanho do estresse a que ela está submetida (Chagas, 2007).

O estudo da fotossíntese permite detectar os efeitos de estresse ocasionados por diversos fatores, dentre eles os ambientais e os produzidos por patógenos causadores de danos no sistema fotossintético vegetal (Krause e Weis, 1991). Há anos, trabalhos vêm sendo realizados na tentativa de se evidenciar diferenças na regulação da atividade fotossintética em situação de estresse, possibilitando avaliações fisiológicas, como as medidas das trocas gasosas (Schultz, 1997).

Os vírus, assim como outros patógenos, influenciam o sistema fisiológico das plantas infectadas. Um exemplo foram os resultados obtidos por Gonçalves et al. (2005), quando foram observadas alterações no metabolismo fotossintético de plantas de cana-de-açúcar infectadas com *Sugarcane yellow leaf virus*. Tal estudo mostrou uma alteração nos pigmentos fotossintéticos da planta, assim como uma diminuição da relação clorofila *a*/clorofila *b*, indicando que, possivelmente, a replicação viral pode elevar o nível de energia no interior da célula interferindo na atividade fotoquímica das plantas infectadas.

O melhoramento vegetal visando à resistência genética às doenças vem incorporando, entre as características fisiológicas, o estudo sobre a fotossíntese e os pigmentos fotossintéticos, com o objetivo de identificar combinações e relações entre essas características de modo a possibilitar uma relação mais eficaz na interação genótipo x ambiente (Araus et al., 2000, citado por Flores, 2007).

## **2.7. Doenças prejudiciais à cultura**

O termo doença pode ser definido como qualquer anomalia provocada por microrganismos ou fatores abióticos que levam a distúrbios no metabolismo do tecido vegetal, assim como redução na produção ou na qualidade do produto final (Lopes e Ávila, 2003).

Todas as plantas estão sujeitas a inúmeras doenças e pragas, e por mais cuidados que se tenha e inovações tecnológicas que se empreguem na produção, os fatores fitossanitários ainda são os principais entraves na produção agrícola do país, ocasionando grandes perdas para o produtor. Na cultura do pimentão,

podem-se observar diversas doenças causadas por fungos, bactérias e vírus, quer seja em cultivo protegido ou no campo aberto (Azevedo et al., 2005).

A principal doença causada por fungo na cultura do pimentão no Brasil é a murcha-do-pimentão causada por *Phytophthora capsici* Leonian, que leva à perda das cultivares híbridas disponíveis (Santos e Goto, 2004). Outros fungos também levam a perdas na cultura, como o *Colletotrichum gloeosporioides* (Kurosawa e Pavan, 1997) que causa a antracnose, principalmente nos períodos chuvosos e em clima quente e úmido, podendo ocasionar perdas de até 100% na produção (Azevedo et al., 2005). O oídio, especialmente em estufa, também é uma importante doença do pimentão (Lima et al., 2004).

Entre as bactérias, a que mais causa danos à cultura do pimentão é *Ralstonia solanacearum*, que ocorre na maioria dos centros produtores, sobretudo na fase de viveiro (Kimura, 1984). Porém, existem relatos da sua disseminação nos campos de cultivo limitando os plantios em algumas áreas (Kurosawa e Pavan, 1997). Outra doença bacteriana que limita o cultivo do pimentão é a mancha-bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* ou, conforme nova classificação proposta por Jones et al., em 2004, *Xanthomonas euvesicatoria*), principalmente devido aos danos causados à cultura e a dificuldade de controle (Riva, 2006).

Entre os vírus na cultura do pimentão, destaca-se o PVY (*Potato virus Y*), que causa a doença denominada mosaico do pimentão. Essa doença dificulta o cultivo do pimentão em diversas regiões do Centro-Sul do país, ocorrendo principalmente nos períodos em que a temperatura oscila entre 18 e 22 °C, o que favorece a proliferação do pulgão, seu principal vetor (Kurozawa e Pavan, 1997). Em 1983, esse vírus era apontado como um dos grandes problemas para a produção de pimentão no Estado de São Paulo (Nagai, 1983).

Um outro vírus que vem causando grandes prejuízos, especialmente nas regiões serranas do Espírito Santo, mais precisamente nos municípios de Vargem Alta, Venda Nova do Imigrante e Domingos Martins, é o PepYMV (*Pepper yellow mosaic virus*) (Ávila et al., 2004). Inicialmente esse vírus foi descrito como sendo uma estirpe agressiva do PVY, porém hoje já se sabe que é uma espécie distinta dentro do gênero *Potyvirus* capaz de quebrar a resistência obtida pelas variedades ao PVY (Kurozawa et al., 2005).

### 2.7.1 Gênero *Potyvirus*

O gênero *Potyvirus* é um dos mais importantes dentre os fitovírus, infectando mais de 2.000 espécies de plantas (Berger et al., 2005). Aproximadamente 20% das espécies desse gênero já foram descritas (Fauquet et al., 2005), o que corresponde a cerca de 141 espécies que, coletivamente, causam prejuízos superiores a todos os outros gêneros de fitovírus (Spetz et al., 2003).

As espécies de vírus pertencentes ao gênero *Potyvirus* possuem características como partículas alongadas e flexuosas, com 680 a 900 nm de comprimento por 11 a 13 nm de diâmetro. Seu genoma é composto por uma única molécula de RNA de fita simples (ssRNA) de sentido positivo com cerca de 10.000 nucleotídeos. O RNA genômico do vírus possui uma proteína ligada covalentemente à extremidade 5' (denominada VPg) e uma cauda poli-A na extremidade 3', sendo envolto por aproximadamente 2.200 cópias de uma proteína capsidial de peso molecular de cerca de 34 kDa (Berger et al., 2005).

O material genético viral possui uma única fase de leitura (ORF), o que possibilita a síntese de uma poliproteína com peso molecular de aproximadamente 350 kDa. A partir da poliproteína, ocorre a formação de cerca de 10 proteínas virais, produzidas em quantidades iguais [P1, P3, Hc-Pro (*Helper Component-Proteinase*), CI (*Cylindrical Inclusion*), 6K<sub>2</sub>, NIa (*Nuclear Inclusion a*), NIb (*Nuclear Inclusion b*) e CP (*Capsid Protein*)] (revisado por Zerbini e Maciel-Zambolim, 1999).

Tais proteínas produzidas pelos potyvírus são multifuncionais, pois atuam em mais de um processo do ciclo de infecção. As proteínas CI, NIb, NIa (VPg-Pro), 6K<sub>2</sub>, P1, HC-Pro e P3 atuam na replicação viral. A proteína 6K<sub>2</sub>, além da replicação viral, também atua mantendo o complexo replicativo ancorado na membrana plasmática do hospedeiro. As proteínas VPg-Pro, P1 e HC-Pro são proteases virais, porém a VPg-Pro é considerada a mais importante, pois é a responsável pela clivagem de todos os sítios da poliproteína, com exceção da proteína intermediária, que é clivada pelos próprios terminais carboxílicos de P1 e HC-Pro. A CP, responsável pela formação do capsídeo, atua em conjunto com a HC-Pro na movimentação viral célula-a-célula e a longa distância, e ainda na transmissão por afídeos (revisado por Revers et al., 1999, citado por Juhász, 2006).

As espécies desse gênero são cosmopolitas, ou seja, são encontradas em todas as regiões produtoras do mundo, infectando mais de 2.000 espécies de plantas em mais de 550 gêneros de 81 famílias (Brunt et al., 1996). A maioria dos potyvírus possui uma gama de hospedeiros naturais restrita a espécies dentro de um gênero ou gêneros relacionados. O PVY e o PepYMV, por exemplo, infectam naturalmente apenas espécies da família Solanaceae (De Bokx e Huttinga, 1981, citado por Zerbini e Maciel-Zambolim, 1999).

A maioria dos fitovírus são transmitidos na natureza por insetos vetores, porém algumas viroses de grande importância econômica podem ser transmitidas por outros organismos, como fungos, ácaros e nematóides. No caso dos potyvírus, a transmissão ocorre por meio de afídeos (Zerbini et al., 2006).

Após a penetração do vírus na célula hospedeira (por meio de ferimentos ou inseto vetor), o RNA viral dissocia-se do capsídeo e ocorre a tradução da poliproteína, pois a planta hospedeira em vez de realizar a tradução do seu RNA passa a realizar a tradução do RNA viral. Simultaneamente com a tradução, a poliproteína sofre autoproteólise e forma as proteínas necessárias ao ciclo de infecção (Leonard et al., 2002). Posteriormente, o RNA viral replicado pode ser transportado para a mesma célula vegetal em que ocorreu a replicação, ou pode formar novas partículas virais (Juhász, 2006).

O RNA viral faz dois tipos de movimento no interior da planta, o movimento célula-a-célula (curta distância) e o movimento sistêmico (via floema). O movimento célula-a-célula ocorre em função do aumento das exclusões dos plasmodesmas, devido à interação das proteínas de movimento com o RNA viral, permitindo a locomoção da proteína de movimento e do RNA de uma célula para outra. Já no movimento sistêmico, o vírus entra no sistema vascular da planta e segue o fluxo da rota de translocação de fotoassimilados no sentido fonte-dreno, infectando os tecidos mais novos da planta via floema (Lucas, 2006).

Os sintomas virais variam com a espécie de vírus, com a estirpe, o genótipo do hospedeiro e com as condições ambientais, indo desde infecção latente, seguida ou não de deformação foliar, até necrose de folhas, entre outros (Zerbini et al., 2006).

Todos os vírus que infectam células vegetais são parasitas intracelulares obrigatórios, ou seja, só se multiplicam dentro de uma célula hospedeira. Esses organismos utilizam os ribossomos e aminoácidos da célula vegetal para

sintetizar suas proteínas, e também nucleotídeos e enzimas do hospedeiro para a síntese de novas cópias do ácido nucléico viral, assim como toda energia exigida para a realização desses processos (Zerbini et al., 2006).

#### **2.7.1.1. *Pepper yellow mosaic virus* no Brasil**

Vários surtos epidêmicos de doenças virais, especialmente as causadas pelos vírus do gênero *Potyvirus*, vêm sendo relatados no Brasil desde a introdução do pimentão no país (Melo e Melo, 2003). Somente em 1961 teve início o primeiro programa de melhoramento do gênero *Capsicum* visando ao desenvolvimento de cultivares resistentes a viroses, sobretudo ao mosaico do pimentão causado pelo PVY, principal virose na época (Echer e Costa, 2002).

A partir dessa época, várias cultivares de polinização livre resistentes a vírus foram desenvolvidas, como a 'Agrônomico 10G'. Na década de 1980, um novo surto de um vírus, considerado inicialmente como uma estirpe do PVY (PVY<sup>M</sup>), hoje conhecida como *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV), foi observado em plantações comerciais de Minas Gerais e São Paulo. Restrito inicialmente a poucas regiões de cultivo, o vírus passou a predominar nos principais Estados produtores do país, causando grandes prejuízos (Valle et al., 2002).

Inoue-Nagata et al. (2002), utilizando técnicas de seqüenciamento e de RT-PCR (*Real Time - Polymerase Chain Reaction*), identificaram novas espécies de viroses em pimentão, entre elas a estirpe PVY<sup>m</sup>, que surgiu na década de 80. Os mesmos autores identificaram essa estirpe como sendo o *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV).

Em 2002, no Município de Venda Nova do Imigrante, no Estado do Espírito Santo, ocorreu um surto epidemiológico desse novo vírus na cultura do tomateiro, na qual acarretou uma perda de 60 a 80% (Costa et al., 2003).

O mosaico amarelo, causado pelo PepYMV, ocorre de forma natural em pimentão (Inoue-Nagata et al., 2002) e tomate (Cunha et al., 2002), provocando grandes perdas nas Regiões Centro-Oeste e Sudeste do país, principalmente em pimentão (Maciel-Zambolim et al., 2004). Surtos epidêmicos desse vírus vêm sendo detectados nos Estados do Amapá, Pernambuco, Bahia, Goiás, no Distrito

Federal, Minas Gerais e São Paulo, em plantações de pimentão e tomate (Inoue-Nagata et al., 2003; Maciel-Zambolim et al., 2004).

A distinção dos vírus por meio dos sintomas visuais é de difícil realização, pois diversos vírus possuem sintomas semelhantes ou mesmo indistinguíveis em determinados hospedeiros (Zerbini et al., 2006). Os principais sintomas do PepYMV são o mosaico amarelo e a distorção foliar, sendo custoso distinguir a infecção deste com o PVY. Acredita-se que o PepYMV pode ser a espécie de potyvírus responsável pela perda de resistência em pimentões na Região Sudeste, antes atribuída ao PVY (Kurozawa et al., 2005).

O PepYMV é transmitido por afídeos e encontra-se em diferentes regiões produtoras do país. As formas de controle mais utilizadas para os vírus são: a produção de mudas em condições controladas, eliminação do inseto vetor por meio de pulverizações com inseticidas, eliminação de plantas daninhas e restos culturais que possam servir como hospedeiros do vírus e utilização de cultivares resistentes (Kurozawa et al., 2005).

Devido à grande variabilidade genética existente no gênero *Capsicum*, torna-se possível a utilização da resistência genética na busca de cultivares que façam face às espécies do gênero *Potyvirus*. Já se conhecem sete locos, com sete genes de resistência a potyvírus em pimentão. Destes, quatro são recessivos (*pvr1*; *pvr2*; *pvr3*; *pvr5*) e três dominantes (*Pvr4*; *Pvr6* e *Pvr7*) (Parrela et al., 2002).

Alguns híbridos de pimentão já possuem resistência ao PepYMV como o 'Magali R', 'Acuario', 'Nathalie', 'Myr-10', 'Myr-29', 'Bruna R', 'Dahra R', 'Martha R' (resistência ao alelo *Pvr4*), 'Rubia R' e o acesso mexicano CM-334 (resistência ao alelo *Pvr4*) (Echer e Costa, 2002).

Cultivares resistentes ao PepYMV continuam sendo um dos objetivos do melhoramento do pimentão no país (Nascimento et al., 2007). Um exemplo disso é o híbrido 'Magali R', que possui um gene de herança monogênica simples e dominante que impede a multiplicação do PepYMV (Valle et al., 2002). Resistência monogênica e dominante também pode ser encontrada no acesso mexicano CM-334, nas cultivares de polinização livre Myr-29, Myr-10 e em alguns híbridos como 'Laser', 'Konan R' e 'Natalie' (Nascimento, 2005).

Apesar de já existirem materiais resistentes ao PepYMV, a busca por novas fontes de resistência é fundamental uma vez que o vírus, assim como outros patógenos vegetais, podem quebrar a resistência desses materiais.

### **3. TRABALHOS**

## Fontes de resistência ao *Pepper yellow mosaic virus* em pimentas

Cíntia dos Santos Bento<sup>1</sup>, Rosana Rodrigues<sup>1</sup>, Francisco Murilo Zerbini Jr.<sup>2</sup>, Cláudia Pombo Sudré<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>UENF, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal, Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, RJ, CEP 28013-602; <sup>2</sup>UFV, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitopatologia, Av. P. H. Rolfs, s/n, Campus Universitário, Viçosa, MG, CEP 36570-000. E-mail: [rosana@uenf.br](mailto:rosana@uenf.br).

### RESUMO

O mosaico amarelo do pimentão é causado pelo *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV) e ocorre de forma natural na maioria das regiões produtoras de pimenta, pimentão e tomate do Brasil. Este trabalho teve como objetivo avaliar 127 acessos de *Capsicum* spp. quanto à resistência ao PepYMV, com o intuito de se identificar em novas fontes de resistência para serem utilizadas em programas de melhoramento. As plantas foram conduzidas utilizando o delineamento inteiramente casualizado, com dez repetições, em condições protegidas com tela antiafídeo para evitar a disseminação do vírus por insetos vetores. Como fonte de inóculo, foram utilizadas plantas de *Nicotiana debneyi* infectadas com o PepYMV. Os acessos foram inoculados no estágio de três a quatro folhas definitivas e reinoculados 48 horas após a primeira inoculação, para evitar a incidência de escapes. Em cada inoculação, foram inoculadas as folhas mais jovens completamente expandidas. Como controle negativo, duas plantas de cada acesso foram inoculadas apenas com solução tampão. A avaliação visual foi feita utilizando-se uma escala de notas que variou de 1 (para as plantas assintomáticas) a 5 (para as plantas com sintomas de mosaico bolhoso e redução da área foliar). Com as avaliações visuais, foi possível identificar nove acessos resistentes. Por meio do teste sorológico ELISA indireto, os acessos assintomáticos na avaliação visual tiveram sua resistência confirmada. Dos nove acessos resistentes, dois pertencem à espécie *Capsicum baccatum* var. *pendulum* e sete, à espécie *Capsicum chinense*. Acessos de *C. annuum* var. *annuum*, *C. annuum* var. *glabriusculum* e *C. frutescens* também foram testados e mostraram-se suscetíveis ao vírus.

**Palavras-chave:** *Capsicum* spp., *Potyvirus*, avaliação de germoplasma, resistência a doenças, pré-melhoramento.

## ABSTRACT

### **Resistance sources to *Pepper yellow mosaic virus* in peppers**

*Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV) has been found naturally infecting chili pepper, sweet pepper and tomato in Brazil. This study aimed to evaluate 127 *Capsicum* spp. accessions with regard to their reaction to PepYMV to identify resistance sources that could be used in breeding programs. The experiment was carried out using a completely randomized design with 10 replications, under greenhouse conditions with an aphid-proof screen to avoid virus dissemination by aphids. PepYMV-infected *Nicotiana debneyi* plants were used as inoculum source. The accessions were inoculated when plants had three or four fully expanded leaves. A second inoculation was performed after 48 hours, to avoid escapes. Two plants were buffer-inoculated as negative control. Visual evaluation was performed using a rating scale ranging from 1 (asymptomatic plants) to 5 (severe symptoms with leaf area reduction). The visual evaluation indicated nine accessions as resistant. The resistance of these nine accessions was confirmed by indirect ELISA. Of the resistant accessions, two are *C. baccatum* var. *pendulum* and seven *C. chinense*. None of the tested *C. annuum* var. *annuum*, *C. annuum* var. *glabriusculum*, or *C. frutescens* accessions were resistant.

**Keywords :** *Capsicum* spp., *Potyvirus*, germplasm evaluation, disease resistance, pre-breeding.

As pimentas e os pimentões pertencentes ao gênero *Capsicum* vêm se destacando ao longo dos anos como uma nova alternativa de renda para os pequenos produtores, incentivando a agricultura familiar no Brasil (Ribeiro, 2004). As pimentas representam um novo mercado para a agricultura brasileira e para as indústrias alimentícias, farmacêuticas e cosméticas. Os produtos que utilizam como matéria-prima substâncias extraídas dessas espécies são consumidos por um quarto da população mundial, principalmente na forma de condimentos (Carvalho *et al.*, 2003).

Apesar das novas tecnologias empregadas no sistema de produção dessas espécies, os problemas fitossanitários ainda são um dos maiores obstáculos à produtividade e à qualidade dessas olerícolas. Várias doenças causadas por fungos, bactérias e vírus são observadas tanto em cultivos protegidos como em campo aberto, sendo um dos principais motivos de perdas para o produtor (Azevedo *et al.*, 2005).

Entre as viroses que causam danos às culturas de pimentas e do pimentão, destacam-se as causadas por espécies do gênero *Potyvirus*: *Potato virus Y* (PVY), *Tobacco etch virus* (TEV), *Pepper veinal motle virus* (PVMV), *Chilli veinal motle virus* (ChiVMV) e *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV) (Inoue-Nagata *et al.*, 2001).

O PepYMV causa uma doença denominada mosaico amarelo do pimentão e ocorre de forma natural na maioria das regiões produtoras de pimenta e pimentão (Inoue-Nagata *et al.*, 2002) e tomate (Cunha *et al.*, 2004) do Brasil. Essa doença vem provocando grandes perdas econômicas para as Regiões Centro-Oeste e Sudeste do país, principalmente em pimentão (Zambolim *et al.*, 2004; Echer & Costa, 2002).

O PepYMV foi relatado pela primeira vez no Brasil em 1980, quando foi denominado PVY<sup>M</sup>, pois acreditava-se que era uma estirpe agressiva do PVY capaz de quebrar a resistência de algumas cultivares a esse vírus (Boiteux *et al.*, 1996). Entretanto, posteriormente, Inoue-Nagata *et al.* (2001) caracterizaram alguns isolados de PVY<sup>M</sup> com base em técnicas moleculares, e confirmaram tratar-se de uma nova espécie do gênero *Potyvirus*, que foi denominada *Pepper yellow mosaic virus*.

Uma das alternativas mais eficientes de controle dessa doença é a utilização de cultivares melhoradas que associem resistência ao vírus com uma boa qualidade dos frutos e elevada produtividade. Com esse intuito, os programas de melhoramento genético vegetal em andamento no país vêm buscando fontes de resistência em seus bancos de germoplasma de *Capsicum* spp.

Fontes de resistência ao PepYMV no gênero *Capsicum* têm-se mostrado bem eficientes e duradouras em condições de inoculação artificial, em nível de campo (Echer & Costa, 2002). É possível encontrar cultivares resistentes ao mosaico amarelo do pimentão, como por exemplo o híbrido Magali R, tido como padrão comercial de resistência à tal doença (Truta *et al.*, 2004), e as cultivares de polinização livre Myr-29 e Myr-10 (Echer & Costa, 2002), ambos *Capsicum annuum*.

Devido à capacidade dos vírus assim como de outros patógenos de quebrarem a resistência genética, torna-se necessária a busca por novos materiais resistentes para serem utilizados em programas de melhoramento.

Este trabalho teve como objetivo avaliar 127 acessos de *Capsicum* existentes no banco de germoplasma da UENF, com o intuito de se identificarem novas fontes de resistência no gênero *Capsicum* ao PepYMV para serem utilizadas em futuros programas de melhoramento.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Material vegetal e condições de cultivo**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área de convênio da UENF com a PESAGRO-RIO, Estação Experimental de Campos, em Campos dos Goytacazes, RJ, no período de maio a novembro de 2007.

Foram avaliados 127 acessos de *Capsicum* spp., caracterizados morfoagronomicamente por Sudré *et al.* (2005), Bento *et al.* (2007) e Lima *et al.* (2007). A cultivar Ikeda, descrita como suscetível (Ávila *et al.*, 2004), foi utilizada como controle positivo para reação de suscetibilidade ao PepYMV, totalizando assim 128 genótipos avaliados, em duas etapas, no período anteriormente citado.

Os acessos e a cultivar Ikeda foram semeados em bandejas de isopor de 128 células, com substrato organo-vegetal, e, após o surgimento de dois pares de folhas definitivas, as mudas foram transferidas individualmente para vasos plásticos contendo uma mistura de solo e substrato, na proporção 2:1. O experimento foi conduzido em gaiolas recobertas com tela antiáfídeo para evitar a disseminação do vírus por insetos vetores. Foram testadas oito plantas de cada acesso, em delineamento inteiramente casualizado, totalizando 1.280 plantas. Duas plantas de cada acesso foram utilizadas como testemunhas.

### **Inoculação e avaliação da resistência ao PepYMV**

Como fonte de inóculo foram utilizadas plantas de *Nicotiana debneyi* infectadas com o isolado 3 de PepYMV, obtido de planta de pimentão coletada no campo, no município de Igarapé, Estado de Minas Gerais (Truta *et al.*, 2004).

A inoculação foi feita via extrato vegetal tamponado em fosfato de potássio 0,05M, pH 7,2, que continha sulfato de sódio a 0,01%, utilizando-se carborundum (600 mesh) como abrasivo (Truta *et al.*, 2004). Os acessos foram inoculados no estágio de três a quatro folhas definitivas e reinoculados 48 horas após a primeira inoculação, para evitar a incidência de escapes. Em cada inoculação, foram inoculadas as folhas mais jovens completamente expandidas. As testemunhas de cada acesso foram inoculadas apenas com a solução tampão e o abrasivo.

A avaliação foi realizada 15 dias após a primeira inoculação, quando os sintomas começaram a surgir, sendo realizada a cada dois dias, persistindo por 39 dias. A avaliação foi feita visualmente utilizando-se uma escala de notas: nota 1 – plantas com ausência visual de sintomas; nota 2 – plantas com sintomas leves; nota 3 – plantas com sintomas medianos; nota 4 – plantas com sintomas intensos; e 5 – plantas com sintomas severos, tais como mosaico generalizado, mosaico bolhoso, distorção foliar e redução da área foliar.

Os acessos que obtiveram nota 1, neste experimento, foram novamente avaliados num segundo ensaio, que seguiu os mesmos procedimentos descritos anteriormente. Todas as plantas visualmente assintomáticas foram testadas pelo método sorológico ELISA indireto (Clark *et al.*, 1986) utilizando-se anti-soro policlonal produzido contra o isolado 3 do PepYMV (Truta *et al.*, 2004), com o objetivo de se confirmar a resistência destes acessos ao PepYMV.

O teste ELISA indireto foi realizado no Laboratório de Virologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa. Foram coletados aproximadamente 0,5 g de folhas jovens de acessos de *Capsicum* que obtiveram nota 1 na avaliação visual, de plantas sadias usadas como controle negativo e de plantas de *N. debneyi* infectadas pelo PepYMV que serviram como controle positivo. As folhas foram maceradas em almofariz, com 2,5 ml de tampão de extração (diluição 1:5). Os extratos foram acondicionados em frascos e mantidos à temperatura de 20° C negativos até a transferência para as placas de ELISA. Foram adicionados 100 µl de cada extrato nas cavidades da placa ELISA. Para cada acesso, foram realizadas quatro repetições. O anti-soro foi utilizado na diluição 1:10.000, e o conjugado, na diluição de 1:2000, ambos em tampão PEP (Clark *et al.*, 1986). Após a adição do substrato (*p*-nitrofenil-fosfato a 1 mg/ml), a placa foi incubada à temperatura ambiente, no escuro. Após a reação enzimática (cerca de 30 minutos), a intensidade de coloração foi medida em leitora Titertek Multiskan Plus MK II, a 405 nm. Valores de absorbância superiores a duas vezes a média do controle sadio foram considerados positivos quanto à presença de vírus, conforme Sutula *et al.* (1986).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foi possível visualizar os sintomas da infecção pelo vírus em vários estádios de desenvolvimento na planta, confirmando a virulência do isolado 3 de PepYMV utilizado para a inoculação dos acessos. Houve diferença significativa entre os 128 acessos de *Capsicum* spp. avaliados, que apresentaram sintomas distintos, desde plantas sem sintomas

visuais até plantas com mosaico bolhoso e com deformação foliar, demonstrando que há variabilidade para reação ao PepYMV no germoplasma testado. Nove acessos não apresentaram sintomas visuais e receberam a nota 1 (Tabela 1). Desses nove acessos, dois são da espécie *C. baccatum* var. *pendulum* (UENF1624 e UENF1732) e sete são da espécie *C. chinense* (UENF1703, UENF1730, UENF1732, UENF1751, UENF1755, UENF1764 e UENF1803). Dois acessos de *C. chinense*, PI159236 e PI152225, foram identificados como importantes fontes de resistência ao PepYMV por Cunha *et al.* (2004). Entretanto, até o presente momento não foi verificada descrição de fontes de resistência em *C. baccatum*.

Após a identificação visual dos acessos sem sintomas do vírus, foi realizado o teste sorológico ELISA indireto, com o objetivo de se confirmar a resistência desses acessos ao PepYMV. A presença ou não de sintomas em plantas inoculadas depende do isolado viral utilizado, da variedade testada e das condições ambientais em que as plantas se encontram (Rowhani, 1997).

Para a realização deste teste, foram utilizadas como controle negativo plantas de *Capsicum* inoculadas apenas com solução tampão (essas plantas foram as mesmas utilizadas como testemunhas negativas no experimento de campo). Como controle positivo, utilizaram-se plantas de *Nicotiana debneyi* inoculadas com os isolados 3 e 11 de PepYMV. Os resultados obtidos confirmaram a resistência dos acessos ao PepYMV, pois os valores da média das absorbâncias das amostras foram duas vezes inferiores aos da média dos controles negativos, conforme metodologia sugerida por Sutula *et al.* (1986) (Figura 1). Os controles positivos apresentaram valores de absorbância elevados, confirmando que o teste foi realizado corretamente e que o anti-soro utilizado reconhece o isolado viral.

Embora tivessem sido testados 14 acessos de *C. frutescens* e nove acessos de *C. annuum*, apenas acessos representantes das espécies *C. baccatum* var. *pendulum* e *C. chinense* foram resistentes ao PepYMV. Os dois acessos de *C. baccatum* foram coletados junto a produtores de Campos dos Goytacazes, RJ. Já os acessos de *C. chinense* tiveram procedências bastante distintas, abrangendo desde um acesso coletado em Viçosa, MG, dois acessos provenientes do Pará (UENF1764 e UENF1770, de Belém), um do Amazonas (UENF1751, de Parintins), e dois acessos provenientes do Peru (UENF1730 e UENF1755) (Tabela 1).

Juhász *et al.* (2006), ao avaliarem 355 acessos de *Lycopersicon esculentum* com o objetivo de identificar fontes de resistência ao PepYMV, verificaram que 52 não

apresentaram sintomas 30 dias após a inoculação. Porém, após a realização do ELISA, estes acessos não foram considerados fontes seguras de resistência ao PepYMV, pois os resultados indicaram a presença de vírus nas plantas inoculadas. Neste mesmo trabalho, também foram avaliados 21 acessos de espécies silvestres de *Lycopersicon*. Apenas um acesso, pertencente à espécie *L. hirsutum*, foi considerado resistente.

Lourenção *et al.* (2005), ao tentarem identificar fontes de resistência a tospovírus e potyvírus em *Lycopersicon esculentum*, avaliaram 16 genótipos para o primeiro vírus e 13 para o segundo vírus. Foram detectados apenas dois genótipos resistentes a potyvírus, e nenhum genótipo mostrou resistência a tospovírus.

Nascimento *et al.* (2007) identificaram seis híbridos experimentais e um híbrido comercial como resistentes ao vírus ao avaliarem 26 genótipos de *Capsicum* quanto à resistência ao PepYMV.

No Estado do Espírito Santo, onde surtos epidêmicos frequentes ocorrem (Inoue-Nagata *et al.*, 2003), observou-se que, em relação ao PepYMV, a situação em pimenta e pimentão é semelhante à em tomateiro, com cultivares sem resistência genética ao patógeno. Em se tratando do pimentão, alguns híbridos hoje disponíveis no mercado são resistentes ao vírus, mas a incorporação de resistência em outros híbridos que atendam às exigências dos diferentes mercados deve ser incentivada (Ávila *et al.*, 2004).

Os acessos identificados como resistentes, no presente trabalho, poderão ser utilizados em futuros programas de melhoramento que busquem, por meio de cruzamentos, a transferência dos seus genes de resistência, para a obtenção de híbridos e cultivares de polinização livre de pimentas e pimentões.

Nove acessos foram identificados como fonte de resistência ao *Pepper yellow mosaic virus*, pois não apresentaram sintomas nem infecção latente, e os valores de concentração viral determinados pelo ELISA indireto foram semelhantes aos verificados para plantas sadias. Desses nove acessos, dois são da espécie *C. baccatum* var. *pendulum* e sete, da espécie *C. chinense*.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro pela concessão da bolsa de Mestrado para a primeira autora. Aos pós-graduandos Leandro Simões Azeredo Gonçalves, Sarah Ola Moreira e Kenea Coelho e ao técnico José Manoel Miranda e sua equipe, pela valiosa ajuda na realização deste trabalho.

**LITERATURA CITADA**

- ÁVILA AC; INOUE-NAGATA AK; COSTA H; BOITEUX LS; NEVES LOQ; PRATES RS; BERTINI LA. 2004. Ocorrência de viroses em tomate e pimentão na região serrana do estado do Espírito Santo. *Horticultura Brasileira* 22: 655-658.
- AZEVEDO CP; CAFÉ FILHO AC; HENZ GP; REIS A. 2005. Pimentão: Antracnose arrasadora. *Cultivar HF*, 18-20.
- BENTO CS; SUDRÉ CP; RODRIGUES R; RIVA EM; PEREIRA MG. 2007. Descritores qualitativos e multicategóricos na estimativa da variabilidade fenotípica entre acessos de pimentas. *Scientia Agraria* 8: 146-153.
- BOITEUX LS; CUPERTINO FP; SILVA C; DUSI AN; MONTENESHICH DC. 1996. Resistance to *Potato virus Y* (pathotype 1-2) in *Capsicum annuum* and *Capsicum chinense* is controlled by two independent major genes. *Euphytica* 87: 53-58.
- CARVALHO SIC; BIANCHETTI LB; BUSTAMANTE PG; SILVA DB. 2003. *Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (Capsicum spp.) da Embrapa Hortaliças*. Brasília: Embrapa Hortaliças. 49p.
- CUNHA LCV; RESENDE RO; NAGATA T; INOUE-NAGATA AK. 2004. Distinct features of *Pepper yellow mosaic virus* isolates from tomato and sweet pepper. *Fitopatologia Brasileira* 29: 663-667.
- CRUZ CD. 2006. *Programa Genes versão Windows. Aplicativo Computacional em Genética e Estatística*. Viçosa: UFV. 648p.
- CLARK MF; LISTER RM; BAR-JOSEPH M. 1986. ELISA techniques. *Methods in Enzymology* 118: 742-766.
- ECHER MM; COSTA CP. 2002. Reaction of sweet pepper to the *potato virus Y* (PVY<sup>M</sup>). *Scientia Agricola* 59: 309-314.

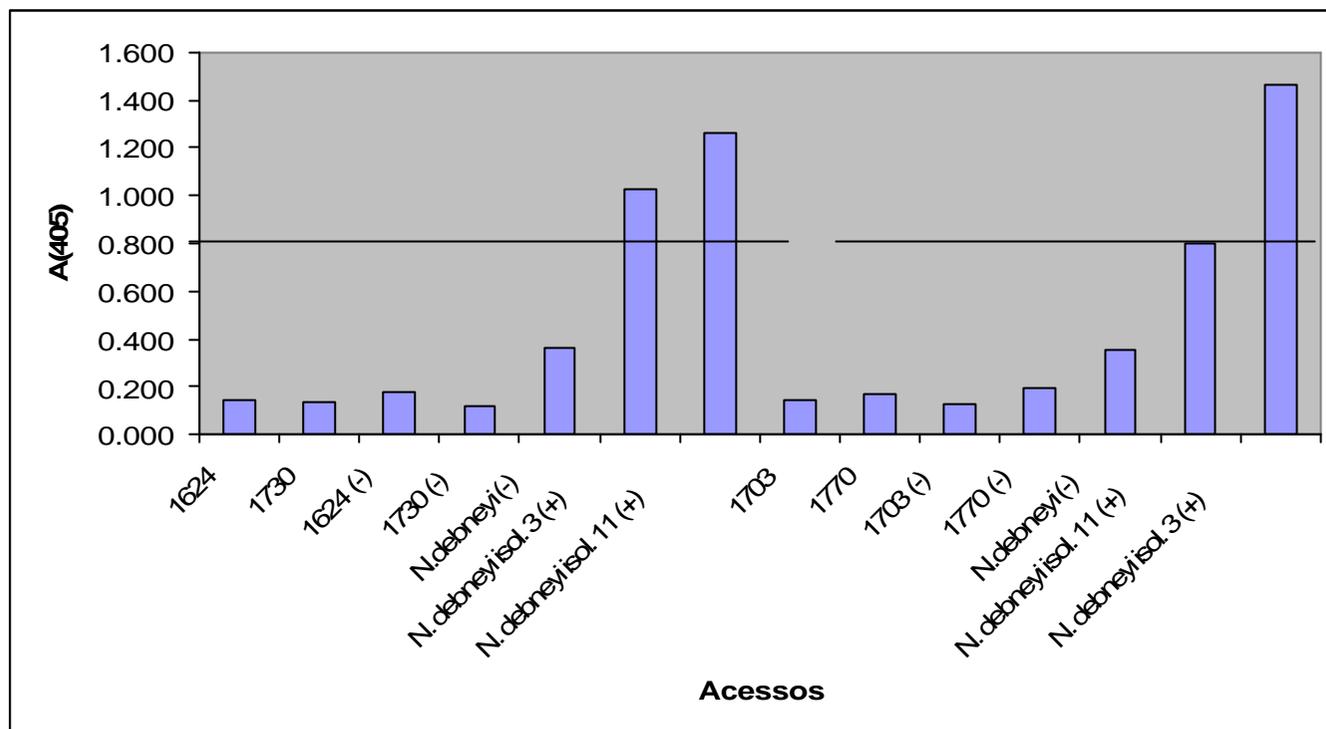
- INOUE-NAGATA AK; FONSECA MEN; LOBO TOTA; ÁVILA AC; MONTE DC. 2001. Analysis of the nucleotide sequence of the coat protein and 3' untranslated region of two Brazilian *Potato virus Y* isolates. *Fitopatologia Brasileira* 26: 45-52.
- INOUE-NAGATA AK; FONSECA MEN; RESENDE RO; BOITEUX LS; MONTE DC; DUSI AN; ÁVILA AC; VAN DER VLUGT RAA. 2002 *Pepper yellow mosaic virus*, a new potyvirus in sweetpepper, *Capsicum annuum*. *Archives of Virology*. 147: 849-855.
- INOUE-NAGATA AK; HENZ GB; RIBEIRO CSC; ÁVILA AC. 2003. Occurrence of *Pepper yellow mosaic virus – Potyvirus* in sweet pepper, pepper and tomato plants in Brazil. *Virus Reviews & Research* 8: 186-187.
- JUHÁSZ ACP; SILVA DJH; ZERBINI FM; SOARES BO; AGUILERA GAH. 2006. Screening of *Lycopersicon* sp. accessions for resistance to *Pepper yellow mosaic virus*. *Scientia Agricola* 63: 510-512.
- LIMA MCC; SUDRÉ CP; POLTRONIERI MC; GONÇALVES LSA; PEREIRA TNS; RODRIGUES R. 2007. Recursos genéticos em *Capsicum*: Estudo da diversidade genética de quatro espécies domesticadas e três silvestres e suas estruturas florais. Brasília: Embrapa (Comunicado Técnico).
- LOURENÇÃO AL; SIQUEIRA WJ; MELO AMT; PALAZZO SRL. 2005. Resistência de cultivares e linhagens de tomateiro a *Tomato chlorotic spot virus* e a *Potato virus Y*. *Fitopatologia Brasileira* 30: 609-614.
- MACIEL-ZAMBOLIM E; CAPUCHO HCAS; AVIA AC; INOUE-NAGATA AK; KITAJIMA EW. 2004. Surto epidemiológico de *Pepper yellow mosaic virus* em tomateiro na região Serrana do Estado do Espírito Santo. *Fitopatologia Brasileira* 29: 325-327.
- NASCIMENTO IR; VALLE LAC; MALUF WR; GONÇALVES LD; GOMES LAA; MORETO P; LOPES EAGL. 2007. Reação de híbridos, linhagens e progênies de pimentão à requeima causada por *Phytophthora capsici* e ao mosaico amarelo causado por *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV). *Ciência e Agrotecnologia* 31: 121-128.

- RIBEIRO CS da C. (2004) Pesquisa em *Capsicum* spp. na Embrapa. In: ENCONTRO NACIONAL DO AGRONEGÓCIO PIMENTA (*Capsicum* spp.), 1. Brasília, DF, (CD-ROM).
- ROWHANI A; UYEMOTA JK; GOLINO DA. 1997. A comparison between serological and biological assays in detecting grapevine leafroll associated virus. *Plant Disease* 81: 799-801.
- SUDRÉ CP; RODRIGUES R; RIVA EM; KARASAWA M; AMARAL JUNIOR AT. 2005. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. *Horticultura Brasileira* 23: 22-27.
- SUTULA CL; GILLET JM; MORRISSEY SM; RAMSDELL DC. 1986. Interpreting ELISA data and establishing the positive-negative threshold. *Plant Disease* 70: 722-726.
- TRUTA AAC; SOUZA ARR; NASCIMENTO AVS; PEREIRA RC; PINTO CMF; BROMMONSCHENKEL SH; CARVALHO MG; ZERBINI FM. 2004. Identidade e propriedades de isolados de potyvírus provenientes de *Capsicum* spp. *Fitopatologia Brasileira* 29: 160-168.

**Tabela 1.** Número de registro, espécie, procedência, médias das notas, resultado do ELISA indireto e avaliação final dos acessos de *Capsicum* spp. resistentes ao PepYMV. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007. (Table 1 – Register number, species, origin, mean rates, indirect ELISA result and final evaluation of 128 *Capsicum* accessions tested against PepYMV. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007).

| Nº UENF | Espécie  | Procedência   | <sup>1</sup> ELISA | <sup>2</sup> Avaliação |
|---------|--|---------------|--------------------|------------------------|
|         |  |               | Indireto           | final                  |
| 1624    | <i>C. baccatum</i> var.<br><i>pendulum</i>       | Campos, RJ    | -                  | R                      |
| 1703    | <i>C. chinense</i>                               | Viçosa, MG    | -                  | R                      |
| 1730    | <i>C. chinense</i>                               | Peru          | -                  | R                      |
| 1732    | <i>C. baccatum</i> var.<br><i>pendulum</i>       | Campos, RJ    | -                  | R                      |
| 1751    | <i>C. chinense</i>                               | Parintins, AM | -                  | R                      |
| 1755    | <i>C. chinense</i>                               | Peru          | -                  | R                      |
| 1764    | <i>C. chinense</i>                               | Belém, PA     | -                  | R                      |
| 1770    | <i>C. chinense</i>                               | Belém, PA     | -                  | R                      |
| 1803    | <i>C. chinense</i>                               | Campos, RJ    | -                  | R                      |
| 1422    | <i>C. annuum</i> var. <i>annuum</i><br>cv. Ikeda | Topseed       | +                  | S                      |

<sup>1</sup> (+) = Reação positiva indica presença do vírus, (-) = ausência do vírus; <sup>2</sup> R = resistência, S = suscetibilidade. <sup>1</sup> (+) = Positive reaction to the virus, (-) = negative reaction to the virus presence; <sup>2</sup> R = resistance, S = susceptibility).



**Figura 1.** Absorbâncias (405 nm) obtidas para alguns dos acessos de *Capsicum* spp. analisados para resistência ao PepYMV. 1624, 1730, 1703 e 1770: valores obtidos para plantas dos respectivos acessos, três semanas após inoculação com o PepYMV; 1624(-), 1730(-), 1703(-), 1770(-): valores obtidos para plantas saudias (não inoculadas) dos respectivos acessos; *N. debneyi* (-): valor obtido para planta sadia (não inoculada) de fumo; *N. debneyi* isol. 3 (+) e *N. debneyi* isol. 11 (+): valores obtidos para plantas de fumo, três semanas após inoculação com os isolados 3 e 11, respectivamente, de PepYMV. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007. (Absorbance (405 nm) for several *Capsicum* spp. accessions tested against PepYMV. Values 1624, 1730, 1703 e 1770: observed for plants of respective accessions three weeks after inoculation with the virus; 1624(-), 1730(-), 1703(-), 1770(-): values observed for healthy plants (non-inoculated plants) from respective accessions; *N. debneyi* (-): value observed for healthy tobacco plant (non-inoculated); *N. debneyi* isolate 3 (+) and *N. debneyi* isolate 11(+): value observed for tobacco plant three weeks after inoculation with PepYMV isolate 3 and 11. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007).

## **Respostas ecofisiológicas de plantas de pimenta infectadas com *Pepper yellow mosaic virus***

Cíntia dos Santos Bento<sup>1</sup>, Rosana Rodrigues<sup>1</sup>, Ângela Pierre Vitória<sup>2</sup>, Cláudia Pombo Sudré<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UENF, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal, Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, RJ, CEP 28013-602;

<sup>2</sup>UENF, Centro de Biociências e Biotecnologia, Laboratório de Ciências Ambientais. E-mail: [rosana@uenf.br](mailto:rosana@uenf.br)

### **RESUMO**

O *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV), espécie do gênero *Potyvirus*, pode ser encontrado na maioria das regiões produtoras de espécies de *Capsicum* do Brasil ocasionando grandes danos às culturas. Infecções por vírus alteram a fisiologia da planta de modo drástico, diminuindo a fotossíntese, aumentando a respiração e alterando os níveis de carboidratos. O presente trabalho teve por objetivo estudar as respostas ecofisiológicas de acessos de *Capsicum chinense* ao PepYMV. Dois acessos de pimenta, UENF1703 e UENF1785, caracterizados respectivamente como resistente e suscetível ao PepYMV, foram cultivados e inoculados com o este vírus. O experimento foi conduzido utilizando o delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições, em condições protegidas com tela antiafídeo para evitar a disseminação do vírus por insetos vetores. Os acessos foram inoculados no estádio de três a quatro folhas definitivas e reinoculados 48 horas após a primeira inoculação, para diminuir a incidência de escapes. Como controle negativo, três plantas de cada acesso foram inoculadas apenas com a solução tampão e o carborundum. As respostas ecofisiológicas das plantas ao vírus foram avaliadas utilizando-se os equipamentos: IRGA, fluorímetro, spad e espectrofotômetro. As seguintes variáveis foram avaliadas: intensidade de clorofila, pigmentos fotossintéticos (clorofila *a*, clorofila *b*, carotenóides, clorofila total, clorofila *a*/clorofila *b* e clorofila total/carotenóides), assimilação fotossintética (PN), condutância estomática (Gs), carbono interno (Ci), evapotranspiração (E), fluorescência mínima (Fo), fluorescência máxima (Fm), eficiência máxima do processo fotoquímico (Fv/Fo), eficiência quântica potencial (Fv/Fm) e coeficientes de extinção da fluorescência fotoquímica (qP) e não-fotoquímica (qN e NPQ). As avaliações tiveram início dois dias após a inoculação e foram realizadas em intervalos de dois em dois dias, durante 27 dias. Para as variáveis intensidade de pigmentação

verde das folhas, fluorescência mínima ( $F_0$ ) e fluorescência máxima ( $F_m$ ), não foram identificadas diferenças estatísticas entre os tratamentos. Observou-se uma queda nos valores das variáveis PN, Gs, Ci, E,  $F_v/F_0$ ,  $F_v/F_m$ , qP e qN para as plantas não inoculadas ao longo do tempo, indicando que outro fator, provavelmente, a alta temperatura, exerceu uma influência sobre as funções fisiológicas das plantas. Na análise de pigmentos, foi identificado um aumento de clorofila *a* e de carotenóides para as plantas suscetíveis inoculadas com o vírus, sugerindo que estas plantas estavam tentando elevar sua capacidade de absorção de luz e, com isso, minimizar as alterações fotossintéticas.

**Palavras-chave:** *Capsicum chinense*, resistência a vírus, troca gasosa, eficiência fotoquímica, fluorescência, pigmentos fotossintéticos.

## ABSTRACT

### **Physiological response in chili pepper plants infected with *Pepper yellow mosaic virus***

The *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV), a *Potyvirus* species, can be found in most *Capsicum* spp. production areas in Brazil, causing significant yield losses. Virus infection changes the plant physiology dramatically, reducing photosynthesis, increasing respiration and altering carbohydrate levels. The purpose of this study was to investigate the physiological responses in *Capsicum chinense* accessions to PepMV. Two chili pepper accessions, UENF1703 and UENF1785, resistant and susceptible to PepYMV, respectively, were grown and inoculated with the virus, using a completely randomized design with six replications. Plants were protected against insects to avoid virus dissemination. The accessions were inoculated when plants had 3-4 definitive leaves. A second inoculation was performed 48 hours after the first to decrease escape incidence. Three plants of each accession were inoculated with buffer only, as negative control. The following physiological characteristics were investigated: chlorophyll intensity; net photosynthetic rate (PN); stomatal conductance (Gs); internal carbon (CI); minimum fluorescence ( $F_0$ ); maximum fluorescence ( $F_m$ ); ratio of variable to maximum fluorescence ( $F_v/F_m$ ); effective quantum efficiency ( $F_v'/F_m'$ ); photochemical (qP) quenching and non-photochemical quenching (qN e NPQ); chlorophyll *a*; chlorophyll *b*; carotenoids; total chlorophyll, chlorophyll *a*/chlorophyll *b* ratio and total

chlorophyll /carotenoid ratio. Beginning two days after inoculation, data were collected every two days during 27 days. Despite the significance of the differences for all variables examined, no difference was detected between the treatment means. Decreasing values were observed for PN, Gs, CI, Fv/Fm, qP and qN in non-inoculated plants considering the period of the experiment, probably because another factor, such as high temperatures played a role in the physiological plant response. Chlorophyll *a* and carotenoid content increased in susceptible, virus-inoculated plants, which demonstrates an attempt to increase the photosynthetic activity of the plant in reaction to the virus.

**Keywords:** *Capsicum chinense*, virus resistance, gas exchange analysis, photochemistry, fluorescence, photosynthetic pigments.

Um dos vírus mais importantes na cultura do pimentão e das pimentas é o *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV), que ocorre na maioria das regiões produtoras, levando a perdas de até 100% na produção (Inoue-Nagata *et al.*, 2002; Reis *et al.*, 2006). Esse vírus pertence ao gênero *Potyvirus*, o mais numeroso dentre os vírus de plantas, contendo aproximadamente 20% das espécies descritas (Fauquet *et al.*, 2005).

Os principais sintomas ocasionados pelo PepYMV são mosaico severo, deformação foliar, nanismo das plantas e redução da área foliar (Maciel-Zambolim *et al.*, 2004). Isso provavelmente ocorre devido ao vírus causar alterações fisiológicas nas plantas, como aumento da taxa respiratória, redução da fotossíntese e alterações do equilíbrio hormonal (Hinrichs-Berger *et al.*, 1999). A alteração de processos fisiológicos causados por doenças virais é uma das principais causas de perda de produção em cultivos, em todo o mundo (Agrios, 1997). As alterações fisiológicas são frequentemente seguidas por alterações histológicas, tais como necrose de tecidos foliares, hipoplasia e/ou hiperplasia de células. Dentre as organelas, o cloroplasto é o mais afetado em razão da grande demanda por nucleotídeos e aminoácidos que são utilizados pelo vírus no processo de replicação (Hull, 2002).

A fotossíntese permite observar as alterações fisiológicas das plantas, por fornecer uma ligação entre o metabolismo interno da planta e o ambiente externo. Os pigmentos fotossintéticos absorvem parte da energia luminosa das plantas durante a fotossíntese e a emitem como fluorescência (Glynn *et al.*, 2003). A utilização da fluorescência vem sendo

muito usada no estudo da fotossíntese, por ser um método não destrutivo que possibilita a análise qualitativa e quantitativa da adsorção e aproveitamento da energia luminosa por meio do fotossistema II e possíveis relações com a capacidade fotossintética (Netto *et al.*, 2005).

Apesar da importância do PepYMV para as culturas do pimentão, pimentas e tomate, existe pouca informação relacionada aos efeitos fisiológicos do PepYMV nessas plantas. Logo, o comportamento viral no interior das células vegetais e a resposta fisiológica destas devem ser estudados, com o intuito de se buscar uma alternativa a mais no melhoramento genético visando à resistência ao vírus. Este trabalho teve como objetivo estudar as respostas ecofisiológicas da infecção por PepYMV em acessos de *Capsicum chinense* resistente e suscetível ao vírus.

## **MATERIAL E METODOS**

### **Material vegetal utilizado e condições de cultivo**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área de convênio da UENF com a PESAGRO-RIO, em Campos dos Goytacazes, RJ, no período de outubro a dezembro de 2007. Foram utilizados dois acessos de *Capsicum chinense*, UENF1703 e UENF1785, caracterizados morfoagronomicamente por Lima *et al.* (2007), e avaliados quanto à resistência ao PepYMV. Em estudo anterior, UENF 1703 foi identificado como resistente e UENF 1785 como suscetível ao PepYMV. Esses dois acessos foram escolhidos por pertencerem ao complexo gênico *annuum*, que possui uma boa taxa de cruzabilidade entre suas espécies, do qual também faz parte o pimentão (*C. annum* var. *annuum*). Os acessos foram semeados em bandejas de isopor de 128 células, com substrato organo-vegetal, e, após o surgimento de dois pares de folhas definitivas, as mudas foram transferidas individualmente para vasos plásticos de 500 ml, contendo uma mistura de solo e substrato, em proporção de 2:1. Foram utilizadas seis plantas de cada acesso, das quais três foram inoculadas com o vírus e três utilizadas como testemunhas negativas, totalizando quatro tratamentos: planta resistente sem inoculação (testemunha negativa), planta suscetível sem inoculação (testemunha negativa), planta resistente inoculada e planta suscetível inoculada.

O experimento foi conduzido em estruturas recobertas com tela antiafídeo para evitar a disseminação do vírus por insetos vetores. As estruturas de tela ficaram sob um politúnel recoberto com plástico de 150 micras de espessura.

### **Inoculação do PepYMV**

Como fonte de inóculo, foram utilizadas plantas de *Nicotiana debneyi* infectadas com o isolado 3 de PepYMV, cedido pelo Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa. O isolado foi obtido de planta de pimentão coletada no campo, no município de Igarapé no Estado de Minas Gerais (Truta *et al.*, 2004).

A inoculação foi feita via extrato vegetal tamponado em fosfato de potássio 0,05 M, pH 7,2, que continha sulfato de sódio a 0,01%, utilizando-se carborundum (600 mesh) como abrasivo (Truta *et al.*, 2004). Os acessos foram inoculados no estágio de três a quatro folhas definitivas e reinoculados 48 horas após a primeira inoculação, para diminuir a incidência de escapes. Foram inoculadas as folhas mais jovens em cada inoculação. A inoculação foi feita por meio de transmissão mecânica friccionando as folhas com o auxílio de gaze contendo o inóculo. Após a inoculação, as folhas foram lavadas com água para retirar o excesso do inóculo. Os controles negativos ficaram separados das plantas inoculadas.

### **Determinação da curva de luz e da curva diária de fotossíntese**

O melhor horário para se realizarem as medições das trocas gasosas no campo foi determinado a partir da elaboração de uma curva diária. Para tanto, foram feitas leituras das trocas gasosas no período entre 8h e 17h, com intervalos de 1h. Com o objetivo de se determinar a assimilação fotossintética e a condutância estomática em função da densidade de fluxo de fótons, foi feita uma curva de resposta de luz. Essas determinações foram feitas utilizando-se o analisador de gás carbônico no infravermelho (IRGA) portátil, de circuito fechado, modelo CIRAS-2 (*Portable Photosynthesis Systems, Hitchin, Hertfordshire, UK*). As medidas para confecção da curva de resposta de luz foram feitas variando a radiação fotossintética ativa (*PAR*) de 0 a 2000  $\mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  de fótons. A umidade e concentração de  $\text{CO}_2$  foram ajustadas em 80% e 375 ppm, respectivamente, conforme sugerido pelo fabricante do aparelho.

### **Determinação da intensidade de clorofilas da planta**

Para a obtenção da intensidade de pigmentação verde das folhas, foi utilizado o medidor de clorofila portátil SPAD-502 (Minolta, Japan). Esses dados foram obtidos antes das medidas de cinética de emissão da clorofila *a* e das trocas gasosas, para se obter uma padronização das folhas no que diz respeito ao teor de pigmento verde. As leituras tiveram início dois dias após a inoculação das plantas e foram feitas de dois em dois dias durante um período de 27 dias, totalizando 13 leituras. As medidas foram feitas em uma única folha de cada acesso, previamente identificadas com lã colorida.

### **Avaliação das trocas gasosas**

As medidas das trocas gasosas foram feitas utilizando-se o analisador de gás carbônico no infravermelho (IRGA) portátil, de circuito fechado, modelo CIRAS-2 (*Portable Photosynthesis Systems, Hitchin, Hertfordshire, UK*).

As avaliações, que tiveram início dois dias após a inoculação dos acessos, foram feitas em uma única folha de cada repetição de cada acesso no horário compreendido entre 08h30min e 11h30min horas da manhã (horário determinado com a curva diária de fotossíntese como o de máxima atividade fotossintética). Os intervalos de avaliação foram de dois em dois dias em um período de 27 dias, totalizando oito leituras, sempre utilizando as mesmas folhas.

As avaliações foram feitas nas plantas sem inoculação (controle negativo) e nas plantas inoculadas. As folhas foram “clipeadas” com o auxílio de uma cuveta *Parkinson* com 2,5 cm<sup>2</sup> de área foliar conectada ao CIRAS-2. Foi utilizada luz artificial saturante de 1700 μmol m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> de fótons (determinada pela curva de resposta de luz), 80% de umidade e 375 ppm de CO<sub>2</sub>.

As seguintes variáveis foram avaliadas: assimilação fotossintética (PN: μmol CO<sub>2</sub> m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>), taxa de evapotranspiração (*Es*: mmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>), condutância estomática (*Gs*: mmol H<sub>2</sub>O m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>) e carbono interno (*Ci*: ppm).

Após a assimilação fotossintética ter atingido valor constante, foram realizados três registros por folha das plantas referentes a cada tratamento.

Para uma melhor visualização dos dados, optou-se pela transformação dos dados originais de cada repetição de cada tratamento em porcentagem. Por meio destas porcentagens,

foi feita uma análise fatorial simples, que possibilita saber se houve mudanças nos parâmetros ao longo dos dias de avaliação. Os dados demonstrados representam a média das três repetições.

### **Emissão de fluorescência da clorofila *a***

Para a determinação da fluorescência da clorofila *a*, foi utilizado o fluorímetro modulado portátil FMS2 (*Hansatech*, UK). As medidas foram feitas na superfície adaxial de duas folhas intactas de cada repetição, totalmente expandidas e livres de necrose ou ferimentos.

As folhas foram mantidas no escuro por 30 minutos utilizando-se as pinças próprias do aparelho. Após a adaptação no escuro, foi iniciada luz de medição (aproximadamente  $6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  a 660 nm), seguida pela exposição à luz actínica (luz branca) de alta intensidade ( $10.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), aplicada por 0,8 segundos (Genty *et al.*, 1989; Van Kooten e Snel, 1990). Por meio desse procedimento, as seguintes variáveis foram registradas para análise posterior: fluorescência mínima ( $F_0$ ); fluorescência máxima ( $F_m$ ); eficiência máxima do processo fotoquímico ( $F_v/F_0$ ); eficiência quântica potencial ( $F_v/F_m$ ); e coeficientes de extinção da fluorescência fotoquímica ( $qP$ ) e não-fotoquímica ( $qN$  e  $NPQ$ ). As medições foram feitas de dois em dois dias em um período de 27 dias, totalizando 13 leituras.

Para analisar os dados da emissão de fluorescência da clorofila *a*, os dados obtidos pelo fluorímetro foram transformados em porcentagem. A análise estatística foi realizada utilizando-se o fatorial simples com o objetivo de se detectarem mudanças ao longo do tempo de avaliação entre os tratamentos. Os valores obtidos representam a média das três repetições de cada tratamento.

### **Quantificação dos pigmentos fotossintéticos**

Ao final do experimento, após a determinação das trocas gasosas e dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a* (técnicas não-invasivas), foi retirado um disco foliar de cada repetição com 13,23 mm de diâmetro (técnica invasiva), sendo cortados em tiras e colocados em frascos contendo 5 ml do solvente orgânico DMSO (Dimetilsulfóxido). Os frascos foram

envolvidos em papel alumínio, para que não houvesse degradação do DMSO e dos pigmentos com a luz.

Após cinco dias no escuro, foram coletados 200  $\mu$ l de solução de cada frasco e colocados em cavidades da placa ELISA para realização das leituras dos pigmentos: clorofila *a* (Clo *a*), clorofila *b* (Clo *b*) e carotenóides (Carot.). As leituras foram feitas em espectrofotômetro de absorção atômica (UV-160A *Shimadzu*) nos comprimentos de onda específicos para cada pigmento (665, 649 e 480 nm, respectivamente). Com as absorbâncias dos pigmentos clorofila *a* (clo *a*), clorofila *b* (clo *b*) e carotenóides, foram calculadas a quantidade de clorofila total, as razões entre clorofila *a*/clorofila *b*, e clorofila total/carotenóides conforme proposto por Wellburn (1994).

### **Análises dos dados**

As análises dos dados foram feitas utilizando o programa estatístico GENES (2006). Foram realizados a análise de variância (ANOVA) e, posteriormente, o teste de média Tukey em nível de 5% de probabilidade. Para a obtenção dos gráficos das trocas gasosas, foi utilizado o programa Excel.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Determinação da curva diária de fotossíntese e da curva de resposta de luz**

O melhor horário para a realização das leituras foi de 8h30min a 11h30min, uma vez que nesse período a assimilação fotossintética foi máxima (dados não mostrados). A curva de resposta de luz indicou intensidade de luz saturante de 1700  $\mu$ mol.  $\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  de fótons, sendo a mesma utilizada durante as leituras.

### **Determinação da intensidade de clorofilas da planta**

Houve diferenças significativas entre os tratamentos durante os dias de avaliação para a intensidade de clorofilas das plantas, porém o teste de comparação de médias (Tukey) não foi capaz de detectar diferenças entre os tratamentos (dados não mostrados). Isso provavelmente

ocorreu devido a alguma condição de estresse que não a presença do vírus na planta, uma vez que houve redução da intensidade de clorofilas também na testemunha resistente. As plantas suscetíveis quando não inoculadas tiveram valores de intensidade de clorofilas de 16,03 (inicial), atingindo o valor máximo no quarto dia (22,40) e o valor mínimo no décimo dia após a inoculação (9,83). Quando inoculadas, as plantas suscetíveis tiveram menor conteúdo de pigmentos a partir do terceiro dia após a inoculação, quando comparadas com as plantas suscetíveis não inoculadas. Isso faz supor que as plantas suscetíveis inoculadas estavam sendo prejudicadas em relação à sua atividade fotossintética, visto que o conteúdo de pigmentos está diretamente relacionado à clorofila, que aumenta a eficiência fotossintética, e ao conteúdo de carotenóides, que, ao contrário, diminui a eficiência fotossintética.

Considerando o acesso resistente, tanto as plantas não inoculadas quanto as inoculadas chegaram ao final do período de avaliação, ou seja, aos 27 dias após a inoculação, com os maiores teores de pigmento verde, sendo registrado um valor maior para a planta resistente não inoculada.

### **Avaliação das trocas gasosas**

Houve diferenças significativas entre os quatro tratamentos durante o período de avaliação. Contudo, com a realização do teste de Tukey, não foram observadas diferenças entre as médias dos tratamentos. Para as variáveis PN, Gs, E e Ci, foi detectada uma diferença entre os tratamentos nos dois primeiros dias de avaliação (Figuras 1, 2, 3 e 4), durante os quais as testemunhas negativas tiveram valores superiores aos das plantas inoculadas. Este resultado era esperado por se tratar de plantas não inoculadas e, por isso, com maior capacidade de realizar trocas gasosas. Porém, ao longo do período de avaliação, essa diferença não pôde mais ser observada, pois ocorreu uma queda dos valores obtidos nestas variáveis para os tratamentos sem inoculação, o que na realidade não era esperado, uma vez que as plantas não inoculadas deveriam manter os valores de PN, Gs, E e Ci praticamente constantes ou com uma pequena alteração ao longo dos dias de avaliação.

Esses resultados também devem ter ocorrido devido a algum fator que não a presença do vírus, como por exemplo, fator ambiental ou nutricional ocasionando um estresse nas plantas que mascarou os resultados. Provavelmente, as temperaturas altas neste período foram determinantes para que a influência do vírus se confundisse com uma resposta ao estresse

ambiental. Isto será melhor discutido no item a seguir. Embora sejam exigentes em calor, plantas de *Capsicum* têm melhor desenvolvimento quando submetidas a temperaturas entre 26° C e 30° C, sendo a média das mínimas ideal de 18° C, e das máximas em torno de 35° C. Temperaturas acima de 35° C prejudicam, inclusive, a formação dos frutos (Cruz e Makishima, 2004).

Entretanto, deve ser ressaltado que, apesar da temperatura excessivamente alta durante a condução do experimento, pôde-se observar que o acesso resistente, quando inoculado, manteve-se assintomático enquanto o acesso suscetível teve sintomas claros da doença. Isso indica que, embora a temperatura possa ter afetado a fisiologia da planta, o gene ou os genes que conferem resistência ao vírus mantiveram sua expressão. Este fato permite concluir que a resistência ao PepYMV em *C. chinense* é estável e mantém-se mesmo em condições adversas de temperatura e umidade relativa do ar, observação que é concordante com a literatura disponível, que afirma que fontes de resistência ao PepYMV no gênero *Capsicum* têm se mostrado eficientes e duradouras em condições de inoculação artificial, em nível de campo (Echer & Costa, 2002).

### **Emissão de fluorescência da clorofila *a***

Houve diferença significativa entre os tratamentos para a fluorescência da clorofila *a*. Porém, não foi possível detectar diferenças entre as médias pelos testes utilizados (Tukey e Duncan). O que pôde ser observado foi que os tratamentos sem inoculação obtiveram médias semelhantes às dos tratamentos inoculados, indicando que algum outro fator estava atuando nas plantas, fazendo com que elas sofressem um estresse que as impediam de realizarem a fotossíntese.

Essa hipótese pode ser confirmada pela redução ao longo do tempo das variáveis Fv/Fo e Fv/Fm indicadoras de estresses (Zanandrea *et al.*, 2006) nos tratamentos não inoculados (Tabelas 1 e 2). Porém, essa mesma redução também foi notada nas testemunhas nas variáveis qP e qN, reforçando a hipótese da ocorrência de estresse nas plantas, porém de origem não viral, já que estas não foram inoculadas. Os valores de Fv/Fm iniciaram-se em 0,75 e, ao final do décimo dia de avaliação, haviam decaído para 0,50. Plantas fisiologicamente saudáveis deveriam manter a eficiência quântica potencial (Fv/Fm) entre 0,75 e 0,85. Plantas com valores abaixo ou acima destes são consideradas estressadas (Bolhàr-Nordenkampf & Oquist,

1993). A diminuição fotossintética pode ser medida pela redução na eficiência quântica do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ), sendo esta utilizada como indicador de estresse, condição em que a planta é submetida a fatores que alteram a funcionalidade do fotossistema II (Dias & Marenc o, 2007).

Um dos fatores que podem ter influenciado os resultados acima foram as temperaturas altas no local de cultivo das plantas, ou seja, nas estruturas protegidas por telas antiafídeos posicionadas dentro de um politúnel. No período de outubro a dezembro, a temperatura média dentro da estrutura telada com antiafídeo foi de 20,3° C; entretanto, a máxima atingiu 42,9° C, e a mínima, 17,29° C, o que caracteriza uma grande amplitude de variação de temperatura. No politúnel, a temperatura média foi de 27,3° C, porém a máxima foi de 51,9° C, e mínima de 24,29° C. A temperatura ótima para a fotossíntese varia com o estágio de desenvolvimento das plantas, estando na faixa de 20 a 30° C para a maioria delas, sendo menor na fase de maturação (Acock *et al.*, 1990).

Além da temperatura alta, a umidade relativa baixa pode ter influenciado nos resultados, uma vez que a média foi de aproximadamente 35%. A umidade relativa baixa pode levar à redução das trocas gasosas (Oliveira *et al.*, 2002), pois, à medida em que a temperatura se eleva, a umidade relativa do ar decresce influenciando as respostas fisiológicas e metabólicas das plantas (Medina *et al.*, 1999).

### **Quantificação dos pigmentos fotossintéticos**

Para as variáveis clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total, carotenóides, clorofila *a*/clorofila *b* e clorofila total/carotenóides, foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. As plantas suscetíveis inoculadas com o vírus obtiveram os maiores valores para as variáveis clorofila *a*, carotenóides e clorofila total. Em relação à clorofila *a*, pode-se supor que o valor aumentado para as plantas suscetíveis inoculadas é uma resposta delas na tentativa de captar mais energia, afim de manterem o funcionamento normal do aparato fotossintético, melhorando a fotossíntese para se sobrepor à presença do vírus. Já que estas plantas estão produzindo maior teor de clorofila *a*, há necessidade de dissipar energia, e isto é feito pelo aumento do teor de carotenóides. Um maior valor de carotenóides pode ser justificado pelo fato de a planta tentar dissipar o excesso de energia transferindo a energia da clorofila *a* para os carotenóides, de modo a proteger o fotossistema II de danos

oxidativos relacionados com a radiação solar plena (Dias & Marengo, 2007). Nos tratamentos planta resistente não inoculada e planta suscetível não inoculada, era de se esperar valores superiores aos do tratamento planta suscetível inoculada, porém não foi o observado, provavelmente devido às plantas dos dois primeiros tratamentos estarem sofrendo mais com o estresse ambiental, tendo sua taxa fotossintética reduzida.

Em relação à variável clorofila *b*, os tratamentos planta resistente não inoculada e planta resistente inoculada apresentaram as mesmas médias (0,56), indicando que não houve alteração nesse pigmento nas plantas resistentes; o tratamento planta suscetível não inoculada foi o que apresentou a menor média (0,41) para essa variável ao contrário do tratamento planta suscetível inoculada, que conteve a maior média (0,91).

No tratamento planta suscetível não inoculada, foi observado o menor valor para a variável clorofila total (1,66). Devido aos valores reduzidos de clorofila *a* e clorofila *b*, o tratamento planta resistente não inoculada foi o que obteve o segundo menor valor para essa variável (1,99). Os tratamentos planta resistente inoculada e planta suscetível inoculada tiveram respectivamente médias de 2,33 e 3,14. Estes valores estão relacionados com os valores de clorofila *a* e *b* que cada tratamento obteve. Nas outras duas variáveis avaliadas (clorofila *a*/clorofila *b* e clorofila total/carotenóides), as médias obtidas pelos tratamentos foram bem semelhantes, não havendo diferenças entre as médias dos tratamentos (Tabela 3).

Os pigmentos fotossintéticos, como a clorofila *a*, *b* e carotenóides, são essenciais para o desenvolvimento das plantas, pois capturam energia solar usada na fotossíntese. A clorofila *a* é essencial para as plantas, porque tem a função de auxiliar a produção de oxigênio pela fotossíntese. A clorofila *b* não está relacionada diretamente com a transdução de energia da fotossíntese, porém a sua função é ampliar a faixa de luz que pode ser usada pela planta. Os carotenóides, assim como a clorofila *b*, são pigmentos acessórios, cuja principal função é a de antioxidante, prevenindo de danos fotooxidativos as moléculas de clorofila, pois, quando existe um excesso de energia no interior celular, esta é dissipada na forma de calor pelos carotenóides (Raven *et al.*, 2001). Portanto, as análises desses pigmentos tornam-se essenciais para a determinação das respostas ecofisiológicas das plantas submetidas à presença de patógenos como o PepYMV.

Em plantas de cana-de-açúcar inoculadas com o vírus do amarelecimento foliar (ScYLV), observaram-se redução na eficiência quântica fotoquímica potencial do fotossistema

II (PSII) e também redução nas taxas de troca líquida de CO<sub>2</sub>, nos conteúdos de pigmentos fotossintéticos foliares e na razão clorofila a/clorofila b (Gonçalves *et al.*, 2005).

Na interação entre amendoim e *Tomato spotted wilt virus* (TSWV), diferenças fisiológicas entre cultivares só foram observadas 70 dias após o plantio, sugerindo que o TSWV afeta a fisiologia numa fase mais tardia do desenvolvimento da planta (Rowland *et al.*, 2005). Este é um aspecto relevante que merece ser considerado também em futuras avaliações desta natureza: o período de tempo e a partir de que data, após a inoculação, os dados devem ser coletados.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro pela concessão da bolsa de Mestrado para a primeira autora. Aos pós-graduandos Leandro Simões Azeredo Gonçalves, Sarah Ola Moreira e Kenea Coelho e ao técnico José Manoel Miranda e sua equipe, pela valiosa ajuda na realização deste trabalho.

## LITERATURA CITADA

ACOCK B; ACOCK MC; PASTERNAK D. 1990. Interactions of CO<sub>2</sub> enrichment and temperature on carbohydrate production and accumulation in muskmelon leaves. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 115: 525-529.

AGRIOS GN. 1997. *Plant Pathology*. 4 ed. San Diego, California: Academic Press, 635p.

BOLHÀR-NORDENKAMPF HR; OQUIST G. 1993. Chlorophyll fluorescence as tool in photosynthesis research. In: HALL DO; SCURLOCK JMO; BOLHÀR-NORDENKAMPF HR; LEEGOOD RC; LONG SP. (Eds.) *Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual*. Londres: Chapman & hall, p. 193-206.

CRUZ CD. 2006. *Programa Genes versão Windows. Aplicativo Computacional em Genética e Estatística*. Viçosa: UFV. p. 648.

- CRUZ DMR; MAKISHIMA N. 1994. *Sistema de produção de pimentas (Capsicum spp.)*. v. 4. Brasília: SPI/Embrapa-CNPQ. (Versão eletrônica).
- DIAS DP; MARENCO RA. 2007. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42: 305-311.
- ECHER MM; COSTA CP. 2002. Reaction of sweet pepper to the *potato virus Y* (PVYM). *Scientia Agricola* 59: 309-314.
- FAUQUET CM; MAYO MA; MANIHOFF J; DESSELBERGER U; BALL LA. 2005. Virus Taxonomy. In: EIGHTH REPORT OF THE INTERNATIONAL COMMITTEE ON TAXONOMY OF VIRUSES. San Diego: Elsevier Academic Press. p. 1259.
- GLYNN P; FRASER C; GILLIAN A. 2003. Foliar salt tolerance of acer genotypes using chlorophyll fluorescence. *Journal of Arboriculture* 29: 61-65.
- GONÇALVES MC; VEGA J; OLIVEIRA JG; GOMES MA. 2005. Sugarcane yellow leaf virus infection leads to alterations in photosynthetic efficiency and carbohydrate accumulation in sugarcane leaves. *Fitopatologia Brasileira* 30: 10-16.
- HINRICHS-BERGER J; BERGER MH; BUCHENAUER H. 1999. Cytological responses of susceptible and extremely resistant potato plants to inoculation with potato virus Y. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 55: 143-150.
- HULL R. 2002. *Matthew's Plant Virology*. 4. ed.: Academic Press, p.1001.
- INOUE-NAGATA AK; FONSECA MEN; RESENDE RO; BOITEUX LS; MONTE DC; DUSI AN; ÁVILA AC; VAN DER VLUGT RAA. 2002. *Pepper yellow mosaic virus*, a new potyvirus in sweetpepper, *Capsicum annum*. *Archives of Virology* 147: 849-855.

- LIMA MCC; SUDRÉ CP; POLTRONIERI MC; GONÇALVES LSA; PEREIRA TNS; RODRIGUES R. 2007. Recursos genéticos em *Capsicum*: estudo da diversidade genética de quatro espécies domesticadas e três silvestres e suas estruturas florais. Brasília: Embrapa (Comunicado Técnico).
- MACIEL-ZAMBOLIM E; CAPUCHO HCAS; AVIA AC; INOUE-NAGATA AK; KITAJIMA EW. 2004. Surto epidemiológico de *Pepper yellow mosaic virus* em tomateiro na região Serrana do Estado do Espírito Santo. *Fitopatologia Brasileira* 29: 325-327.
- MEDINA CL; MACHADO E; MENEZES M. 1999. Condutância estomática e fotossíntese em laranjeira 'valência' sob deficiência hídrica. *Rev. Brasileira de Fisiologia Vegetal* 11: 29-34.
- NETTO AT; CAMPOSTRINI E; OLIVEIRA GJ. 2005. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulturae* 104: 199-209.
- OLIVEIRA MAJ; BOVI MLA; MACHADO EC; GOMES MMA; HABERMANN G; RODRIGUES JD. 2002. Fotossíntese, condutância estomática e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. *Scientia Agrícola* 59: 59-63.
- RAVEN PH; EVERT RF; EICHHORN SE. 2001. *Biologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A. 906 p.
- REIS A; DUVAL AMQ; INOUE-NAGATA AK; ÁVILA AC; LOPES CA. 2006. Manejo de doenças em pimentas no Brasil. In: II ENCONTRO NACIONAL DO AGRONEGÓCIO PIMENTA (*Capsicum* spp.), 1. Brasília, (CD-ROM).
- ROWLAND D; DORNER J; SORENSEN R; BEASLEY JP; TODD J. 2005. *Tomato spotted wilt virus* in peanut tissue types and physiological effects related to disease incidence and severity. *Plant Pathology* 54: 431-440.

- TRUTA AAC; SOUZA ARR; NASCIMENTO AVS; PEREIRA RC; PINTO CMF; BROMMONSCHENKEL SH; CARVALHO MG; ZERBINI FM. 2004. Identidade e propriedades de isolados de potyvírus provenientes de *Capsicum* spp. *Fitopatologia Brasileira* 29: 160-168.
- VAN KOOTEN O; SNEL JFH. 1990. The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. *Photosynthesis Research* 25: 147-150.
- WELLBURN AR. 1994. The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal Plant Physiology* 144: 307-313.
- ZANANDREA I; NASSI FL; TURCHETTO AC; BRAGA EJB; PETERS JA; BACARIN MA. 2006. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. *Revista Brasileira de Agrociência* 12: 157-161.
- ZERBINI JR FM; MACIEL-ZAMBOLIM E. 1999. A família potyviridea – parte I. In: LUZ WC; FERNANDES JMC; PRESTES AM; PICININI EC (eds). *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, v. 7, p. 1-66.

**Tabela 1.** Médias obtidas para a variável Fv/Fm em dois acessos de *Capsicum chinense* avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007.

| Tratamento                     | 1 <sup>1</sup>      | 2       | 3        | 4        | 5       | 6         | 7        | 8       | 9        | 10     |
|--------------------------------|---------------------|---------|----------|----------|---------|-----------|----------|---------|----------|--------|
| UENF1703<br>(não<br>inoculada) | 0,75Aa <sup>2</sup> | 0,72ABa | 0,68ABCa | 0,68ABCa | 0,42Da  | 0,55BCDab | 0,55BCDa | 0,47Da  | 0,53CDa  | 0,50Da |
| UENF1785<br>(não<br>inoculada) | 0,76Aa              | 0,77Aa  | 0,74ABa  | 0,72ABa  | 0,51Ca  | 0,66ABCa  | 0,62ABCa | 0,57BCa | 0,65ABCa | 0,50Ca |
| UENF1703<br>(inoculada)        | 0,75Aa              | 0,70ABa | 0,69Aba  | 0,70ABa  | 0,45Ca  | 0,45Cb    | 0,52BCa  | 0,35Cb  | 0,52BCa  | 0,40Ca |
| UENF1785<br>(inoculada)        | 0,76Aa              | 0,76Aa  | 0,74Aa   | 0,67ABa  | 0,40CDa | 0,59ABCab | 0,51BCDa | 0,41CDb | 0,54BCDa | 0,40Da |
| CV(%)                          | 11,77               |         |          |          |         |           |          |         |          |        |

<sup>1</sup> Dias de avaliação após a inoculação com o PepYMV.

<sup>2</sup> Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste de comparação de médias de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 2.** Médias obtidas para a variável Fv/Fo em dois acessos de *Capsicum chinense* avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007.

| Tratamento                     | 1                   | 2       | 3       | 4        | 5       | 6        | 7       | 8       | 9        | 10     |
|--------------------------------|---------------------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|----------|--------|
| UENF1703<br>(não<br>inoculada) | 3,10Aa <sup>1</sup> | 2,66Aab | 2,28ABa | 2,25ABa  | 1,60BCa | 1,30BCab | 1,27BCa | 0,90Cab | 1,18Ca   | 0,93Ca |
| UENF1785<br>(não<br>inoculada) | 3,23Aa              | 3,34Aa  | 2,85ABa | 2,63ABCa | 1,35Dab | 2,01BCDa | 1,84CDa | 1,37Da  | 1,85BCDa | 1,00Da |
| UENF1703<br>(inoculada)        | 2,95Aa              | 2,40Ab  | 2,24Aa  | 2,34Aa   | 0,88Bab | 0,86Bb   | 1,13Ba  | 0,55Bb  | 1,15Ba   | 0,88Ba |
| UENF1785<br>(inoculada)        | 3,239Aa             | 3,11Aab | 2,82ABa | 2,02BCa  | 0,70Db  | 1,53CDab | 1,07CDa | 0,72Dab | 1,23CDa  | 0,63Da |
| CV(%)                          | 21,35               |         |         |          |         |          |         |         |          |        |

<sup>1</sup>Dias de avaliação após a inoculação com o PepYMV.

<sup>2</sup>Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste de comparação de médias de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 3.** Médias obtidas para conteúdo de clorofila *a*, clorofila *b*, carotenóides, clorofila total e relação clorofila *a*/clorofila *b*, em dois acessos de *Capsicum chinense*, avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007.

| Tratamentos              | Clorofila <i>a</i> | Clorofila <i>b</i> | Carotenóides | Clorofila total | Clorofila <i>a</i> /Clorofila <i>b</i> | Clorofila total/Carotenóides |
|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------|-----------------|--|------------------------------|
| UENF1703 (não inoculada) | 1,43b <sup>1</sup> | 0,56a              | 0,53ab       | 1,99b           | 2,42a                                  | 4,5a                         |
| UENF1785 (não inoculada) | 1,24b              | 0,41a              | 0,37b        | 1,66b           | 2,60a                                  | 4,73a                        |
| UENF1703 (inoculada)     | 1,67ab             | 0,56a              | 0,47ab       | 2,33ab          | 2,53a                                  | 3,93a                        |
| UENF1785 (inoculada)     | 2,23a              | 0,91a              | 0,67a        | 3,14a           | 2,59a                                  | 4,48a                        |
| CV%                      | 32,43              | 42,10              | 26,91        | 34,37           | 23,81                                  | 10,89                        |

<sup>1</sup>Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de comparação de médias de Tukey, em nível de 5% de probabilidade

#### 4. RESUMO E CONCLUSÕES

O gênero *Capsicum* divide-se em dois grupos distintos considerando-se a pungência dos seus frutos. Um grupo é caracterizado por frutos não pungentes (pimentões) e um segundo grupo é formado por frutos que possuem alcalóides (capsaicinóides) que conferem pungência aos frutos (pimentas).

O cultivo das espécies desse gênero é uma atividade agrícola importante em várias partes do mundo, servindo como uma alternativa de renda para o pequeno agricultor, contribuindo para a fixação do homem no campo e, conseqüentemente, reduzindo o êxodo rural. As espécies de *Capsicum* possuem diversas formas de uso, pois podem ser usadas na alimentação na forma *in natura* e processada; na indústria farmacêutica ou cosmética como princípio ativo, dentre outras. Porém, alguns entraves vêm causando queda na produção, desestimulando os produtores. Dentre esses entraves, podem-se citar as doenças, que, além de queda na produção, causam aumento do seu custo devido ao uso de produtos químicos, que muitas vezes são usados de forma inadequada podendo causar danos tanto ao produtor quanto ao meio ambiente.

Entre as principais doenças, as causadas por vírus têm sido consideradas como um grande desafio para os produtores e pesquisadores das espécies de *Capsicum*. O mosaico amarelo do pimentão, causado pelo *Pepper yellow mosaic virus*, tem se disseminado rapidamente e possui potencial para se tornar um grave

problema para os produtores desta cultura. Os sintomas dessa doença são bem severos em função da rápida multiplicação viral no interior da célula vegetal, levando a diversas alterações fisiológicas como o aumento da taxa respiratória, a redução da taxa fotossintética e alterações hormonais. Um dos principais objetivos dos programas de melhoramento é encontrar fontes de resistência a essa doença. Para isto, os bancos de germoplasma servem como uma alternativa na busca de genes que confirmam resistência ao PepYMV.

Este trabalho teve como objetivo avaliar 127 acessos de *Capsicum* spp., existentes no banco de germoplasma da UENF, quanto à reação ao PepYMV para identificar acessos resistentes ao vírus, e estudar a resposta ecofisiológica de acessos de *Capsicum chinense* identificados como resistentes em condições de infecção com o vírus.

O experimento para avaliar a reação dos acessos de *Capsicum* ao PepYMV foi conduzido em condições protegidas, em telados antiafídeos, em duas etapas, no período de maio a novembro de 2007. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com oito repetições. Plantas de *Nicotiana debneyi* infectadas com o PepYMV foram utilizadas como fonte de inóculo. A inoculação foi realizada via extrato vegetal tamponado. Os acessos foram inoculados no estágio de três a quatro folhas definitivas e reinoculados num período de 48 horas após a primeira inoculação, para minimizar a incidência de escapes. As plantas foram avaliadas visualmente utilizando um sistema de notas, que variou de 1 a 5. Todas as plantas assintomáticas foram submetidas ao teste sorológico ELISA indireto. Dos 127 acessos inoculados, nove foram identificados como resistentes ao PepYMV, sendo dois acessos da espécie *C. baccatum* var. *pendulum* e sete da espécie *C. chinense*.

O estudo da influência do vírus na fisiologia das plantas resistentes foi conduzido no período de outubro a dezembro de 2007, com dois acessos de *Capsicum chinense*, um identificado como resistente e outro como suscetível na primeira fase do trabalho, considerando-se as mesmas condições experimentais. Determinaram-se as seguintes variáveis nas plantas inoculadas e nas testemunhas não inoculadas: intensidade de pigmentação verde das folhas (clorofila *a*, clorofila *b*, carotenóides, clorofila total, clorofila *a*/clorofila *b* e clorofila total/carotenóides), assimilação fotossintética (PN), condutância estomática (Gs), carbono interno (Ci),

evapotranspiração ( $E$ ), fluorescência mínima ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), eficiência quântica potencial ( $F_v/F_m$ ), eficiência máxima do processo fotoquímico ( $F_0/F_m$ ), eficiência quântica efetiva ( $F_v'/F_m'$ ), coeficientes de extinção da fluorescência fotoquímica ( $qP$ ) e não-fotoquímica ( $qN$  e  $NPQ$ ).

Para as variáveis intensidade de pigmentação verde das folhas,  $F_0$ ,  $F_m$  e  $F_v'/m'$ , não foram identificadas diferenças significativas entre os tratamentos. As variáveis assimilação fotossintética, condutância estomática, carbono interno, evapotranspiração, eficiência quântica potencial, eficiência máxima do processo fotoquímico, fluorescência fotoquímica e não-fotoquímica foram significativas pelo teste  $F$ , porém não foi possível detectar diferenças entre as médias. Em relação às variáveis clorofila  $a$ , clorofila  $b$ , carotenóides, clorofila total, clorofila  $a$ /clorofila  $b$  e clorofila total/carotenóides, os quatro tratamentos (planta resistente não inoculada, planta suscetível não inoculada, planta resistente inoculada e planta suscetível inoculada) foram significativos, e o tratamento planta suscetível inoculada obteve a maior média para as variáveis clorofila  $a$  e carotenóides. Os resultados indicaram que todas as plantas estavam sofrendo algum tipo de estresse que não somente a presença do vírus, muito provavelmente de causa ambiental relacionada à alta temperatura e à baixa umidade relativa do ar, uma vez que os tratamentos inoculados tiveram alterações fisiológicas ao longo do tempo nas variáveis avaliadas.

Os resultados obtidos nesses estudos permitiram chegar às seguintes conclusões:

- a) Nove acessos de *Capsicum* da coleção de germoplasma da UENF são resistentes ao *Pepper yellow mosaic virus*. Desses nove, dois são da espécie *C. baccatum* var. *pendulum* e cinco da espécie *C. chinense*.
- b) A resistência observada nos acessos é expressa inclusive em condições de alta temperatura e baixa umidade relativa do ar.
- c) A análise dos pigmentos fotossintéticos demonstrou a influência viral nas plantas suscetíveis inoculadas, já que estas tiveram os maiores valores de clorofila  $a$  e de carotenóides, o que sugere que essas plantas estavam produzindo uma maior quantidade de energia na tentativa de contornar a ação do vírus em suas células.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acock, B., Acock, M.C., Pasternak, D. (1990) Interactions of CO<sub>2</sub> enrichment and temperature on carbohydrate production and accumulation in muskmelon leaves. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115:525-529.

Agrios, G.N. (1997) *Plant Pathology*. 4. ed. San Diego, California: Academic Press, 635p.

Allahverdiev, S.R., Mavituna, M., Ganieva, R. (1998) Effects of salt stress and synthetic hormone polystimuline K on photosynthetic activity of *Trianea bogotensis* Karst. *Journal of Botany*, 22:19-23.

Araus, J.L., Casadesus, J.B., Nachit, M.M., Villegas, D., Aparicio, N., Royo, C. (2000) Some remarks on ecophysiological traits for breeding. Nouveaux défis Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, p. 620.

Ávila, A.C., Inoue-nagata, A.K., Costa, H., Boiteux, L.S., Neves, L.O.Q., Prates, R.S., Bertini, L.A. (2004) Ocorrência de viroses em tomate e pimentão na região serrana do estado do Espírito Santo. *Horticultura Brasileira*, 22:655-658.

Azevedo, C.P., Café filho, A.C., Henz, G.P., Reis, A. (2005) Pimentão: antracnose arrasadora. *Cultivar HF*, 18-20.

Bento, C.S., Sudré, C.P., Rodrigues, R., Riva, E.M., Pereira, M.G. (2007) Descritores qualitativos e multicategóricos na estimativa da variabilidade fenotípica entre acessos de pimentas. *Scientia Agrária*, 8:146-153.

Berger, P.H., Adams, M.J., Barnett, O.W., Brunt, A.A., Hammond, J., Hill, J.H., Jordan, R.L., Kashiwazaki, S., Rybicki, E.P., Spence, N., Stenger, D.C., Ohki, S.T., Uyeda, I., Van Zaayen, A., Valkonen, J.P., Vetten, H.J. (2005) Family Potyviridae. In: Fauquet, C.M., Mayo, M.A., Maniloff, J., Desselberger, U., Ball, L.A. (eds.) *Virus Taxonomy*. Eighth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. San Diego: Elsevier Academic Press, p. 819-841.

Bianchetti, L.B. (1996) *Aspectos morfológicos, ecológicos e biogeográficos de dez táxons de Capsicum (Solanaceae) ocorrentes no Brasil*. Tese (Mestrado em Botânica) – Brasília – DF, Universidade de Brasília – UNB, 174p.

Boiteux, L.S., Cupertino, F.P., Silva, C., Dusi, A.N., Monteneshich, D.C. (1996) Resistance to *Potato virus Y* (pathotype 1-2) in *Capsicum annuum* and *Capsicum chinense* is controlled by two independent major genes. *Euphytica*, 87:53-58.

Bolhàr-Nordenkamp, H.R., Oquist, G. (1993) Chlorophyll fluorescence as tool in photosynthesis research. In: Hall, D.O., Scurlock, J.M.O., Bolhàr-Nordenkamp, H.R., Leegood, R.C., Long, S.P. (Eds.) *Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual*. Londres: Chapman & hall, p. 193-206.

Bosland, P.W. (1996) *Capsicum: innovative uses of ancient crop*. In: Janick, J. (Eds.) *Progress in New Crop*. ASHS Press, Arlington, Virginia, p. 479-487.

Brunt, A.A., Crabtree, K., Dallwitz, M.J., Gibbs, A.J., Watson, L., Zurcher, E.J. (1996) Plant viruses Online: Descriptions and Lists from the Vide database; <http://biology.anu.edu> em 27/01/2007.

Bueno, L.C.S., Mendes, A.N.G., Carvalho, S.P. (2001) *Melhoramento genético de plantas: princípios e procedimentos*. Lavras: UFLA, 282p.

Campos, K.P. (2006) *Obtenção, caracterização molecular, morfológica e reprodutiva de híbridos entre espécies de Capsicum*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, p. 145.

Carrijo, I.V. (2001) Melhoramento de hortaliças no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas. Goiânia. <http://www.sbmp.org.br/cbmp2001/palestras/palestra6.htm> em 29/12/2007.

Carvalho, S.I.C., Bianchetti, L.B., Bustamante, P.G., Moita, A.W. (2001) Caracterização morfológica e documentação da coleção de germoplasma de *Capsicum* da Embrapa Hortaliças. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de plantas. Goiânia. <http://www.sbmp.org.br> em 28/12/2007.

Carvalho, S.I.C., Bianchetti, L.B., Bustamante, P.G., Silva, D.B. (2003) *Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (Capsicum spp.) da Embrapa Hortaliças*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 49p.

Chagas, R.M. (2007) *Alterações fotossintéticas e respostas oxidativas em plantas de cana-de-açúcar (Saccharum officinarum L.) tratadas com paraquat*. Tese (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ, 82p.

Choong, C.Y. (1998) *DNA polymorphisms in the study of relationships and evolution in Capsicum*. PhD Thesis, University of Reading.

- Costa, F.R., Pereira, T.N.S., Vitoria, A.P., Campos, K.P., Rodrigues, R., Silva, D.H., Pereira, M.G. (2006) Genetic diversity among *Capsicum* accessions using RAPD markers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 6:18-23.
- Costa, H., Ventura, J.A., Zambolim, E.M., Bastos, J.V.B., Caliman, L. (2003) Distribuição de *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV) em tomateiro na região serrana do Espírito Santo. *Fitopatologia Brasileira*, 28:S247-S248. (Resumo).
- Cunha, L.C.V., Nagata, T., Resende, R.O., Inoue-Nagata, A.K. (2002) Characterization of Brazilian potyvirus isolates from tomato and sweet pepper. *Virus Review & Research*, 7:148.
- Cunha, L.C.V., Resende, R.O., Nagata, T., Inoue-Nagata, A.K. (2004) Distinct features of Pepper yellow mosaic virus isolates from tomato and sweet pepper. *Fitopatologia Brasileira*, 29:663-667.
- Clark, M.F., Lister, R.M., Bar-Joseph, M. (1986) ELISA techniques. *Methods in Enzymology*, 118:742-766.
- Cruz, C.D. (2006) *Programa Genes versão Windows. Aplicativo Computacional em Genética e Estatística*. Viçosa: UFV. 648p.
- Cruz, D.M.R., Makisihima, N. (1994) Sistema de produção de pimentas (*Capsicum* spp.). v. 4. Versão eletrônica. Brasília: SPI/Embrapa-CNPH.
- De Boks, J.A., Huttinga, H. (1981) *Potato virus Y*. In: Descriptions plant viruses, n. 242. Kew, England: CMI/AAB.
- De Witt, D., Bosland, P.W. (1997) *Peppers of the world: an identification guide*. Ten Speed Press, Berkeley, California, p. 219.

Dias, D.P., Marengo, R.A. (2007) Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:305-311.

Embrapa Hortaliças: bases de dados (consultas “on-line”); <http://www.cnph.embrapa.br> em 17/01/2008.

Echer, M.M., Costa, C.P. (2002) Reaction of sweet pepper to the *potato virus Y* (PVYM). *Scientia Agricola*, 59:309-314.

Echer, M.M., Fernandes, M.C.A., Ribeiro, R.L.D., Peracchi, A.L. (2002) Avaliação de genótipos de *Capsicum* para resistência ao ácaro branco. *Horticultura Brasileira*, 20 (2):217-221.

Eshbaugh, W.H. (1970) A Biosystematic and Evolutionary Study of *Capsicum baccatum* (Solanaceae). *Brittonia*, 22:1, 31-43.

Eshbaugh, W.H. (1979) Biosystematic and evolutionary study of the *Capsicum pubescens* complex. *National Geographic Society Research Reports*, 143-162.

Eshbaugh, W.H., Guttman, S.I., Mcleod, M.J. (1983) The origin and evolution of domesticated *Capsicum* species. *J. Ethnobiol.* 3:49-54.

Faleiro, F.G., Ragagnin, V.A., Vinhadelli, W.S., Moreira, M.A., Stavely, J.R., Barros, E.G. (2001) Resistência de linhagens de feijoeiro a quatro raças de *Uromyces appendiculatus* isoladas em Minas Gerais, Brasil. *Fitopatologia Brasileira*, 26 (1):77-80.

Fauquet, C.M., Mayo, M.A., Maniloff, J., Desselberger, U., Ball, L.A. (2005) *Virus Taxonomy*. Eighth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. San Diego: Elsevier Academic Press, 1259p.

Filgueira, F.A.R. (2000) *Novo manual de dericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV, p. 402.

Flores, M.E.P. (2007) *Variabilidade genética de acessos de tomateiro (Lycopersicon esculentum Mill) com base na avaliação de fotossíntese, partição de fotoassimilados e produção*. Tese (Mestrado em Fitotecnia) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 48p.

Fontes, R.R. (2003) Apresentação. In: *Doenças do pimentão: diagnose e controle*. Brasília: Embrapa Hortaliças, p. 96.

Glynn, P., Fraser, C., Gillian, A. (2003) Foliar salt tolerance of acer genotypes using chlorophyll fluorescence. *Journal of Arboriculture*, 29:61-65.

Gonçalves, M.C., Vega, J., Oliveira, J.G., Gomes, M.M.A. (2005) Sugarcane yellow leaf virus infection leads to alterations in photosynthetic efficiency and carbohydrate accumulation in sugarcane leaves. *Fitopatologia Brasileira*, 30 (1):10-16.

Govindarajan, V.S. (1985) *Capsicum*: production, technology, chemistry, and quality. Part 1: History, botany, cultivation, and primary processing. In: Furia, T.E. (ed.) *Critical Reviews in Food Science and nutrition*. v. 22. Florida: CRC Press, Inc., p. 108-175.

Harlan, J.R., De Wet, J.M.J. (1971) Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon*, 20:509-517.

Heiser Júnior, C.B. (1976) Peppers. *Capsicum* (Solanaceae). In: Simmonds, N.W. (Eds.) *Evolution of Crop Plants*. Longman Scientific e Technical. Edinburgh, p. 265-268.

Hinrichs-berger, J., Berger, M.H., Buchenauer, H. (1999) Cytological responses of susceptible and extremely resistant potato plants to inoculation with potato virus Y. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 55:143-150.

- Hull, R. (2002) *Matthew's Plant Virology*. 4. ed.: Academic Press, p. 1001.
- IBPGR (1983) *Genetic resources of Capsicum*. Roma: IBPGR secretariat, p. 113.
- IBGE (2003) Censo Agropecuário/96. Sistema IBGE de recuperação Automática – SIDRA; <http://www.sidra.ibge.gov.br> em 29/01/2007.
- Inoue-Nagata, A.K., Fonseca, M.E.N., Lobo, T.O.T.A., Ávila, A.D., Monte, D.C. (2001) Analysis of the nucleotide sequence of the coat protein and 3' untranslated region of two Brazilian *Potato virus Y* isolates. *Fitopatologia Brasileira*, 26:45-52.
- Inoue-Nagata, A.K., Fonseca, M.E.N., Resende, R.O., Boiteux, L.S., Monte, D.C., Dusi, A.N., Ávila, A.C., Van Der Vlugt, R.A.A. (2002) *Pepper yellow mosaic virus*, a new potyvirus in sweetpepper, *Capsicum annuum*. *Archives of Virology*, 147:849-855.
- Inoue-Nagata, A.K., Henz, G.B., Ribeiro, C.S.C., Ávila, A.C. (2003) Occurrence of Pepper yellow mosaic virus – Potyvirus in sweet pepper, pepper and tomato plants in Brazil. *Virus Reviews & Research*, 8:186-187.
- Jones, J.B., Lacy, G.H., Bouzar, H., Stall, R.E., Achaad, N.W. (2004) Reclassification of the xanthomonads associated with bacterial spot disease of tomato and pepper. *Systematic. Appl. Microbiol.* 27:755-762.
- Juhász, A.C.P., Silva, D.J.H., Zerbini, F.M., Soares, B.O., Aguilera, G.A.H. (2006) Screening of *Lycopersicon* sp. accessions for resistance to *Pepper yellow mosaic virus*. *Scientia Agricola*, 63:510-512.
- Juhász, A.C. (2006) *Identificação de fontes de resistência ao PepYMV em acessos de tomateiro cultivado e silvestre do banco de germoplasma de hortaliças da UFV, análise da herança da resistência e alterações estruturais nos tecidos infectados*. Tese (Doutorado em Genética e melhoramento de Plantas) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, p. 83.

- Kimura, O. (1984) Enfermidades bacterianas do pimentão. *Informe Agropecuário*, 10 (113):39-41.
- Krause, G.H., Weis, E. (1991) Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basic. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 42:313-349.
- Kurozawa, C., Pavan, M.A., Krause-Sakate, R. (2005) Doenças das solanáceas (berinjela, jiló, pimentão e pimenta). *In: Kimati, H., Amorim, L., Rezende, J.A.M., Bergamin Filho, A., Camargo, L.E.A. (eds.) Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas*. 4 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 589-596.
- Kurozawa, C., Pavan, M.A. (1997) Doenças das solanáceas (berinjela, jiló, pimentão e pimenta). *In: Kimati, H., Amorim, L., Bergamin Filho, A.B., Camargo, L.E.A., Rezende, J.A.M. (eds.) Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas*. v. 2, 3 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 665-675.
- Lam-Sanchez, A. (1992) *Centros de origem das plantas cultivadas: tradução e compilação*. Jaboticabal: UNESP/FUNEP, p. 45.
- Lanteri, S., Pickersgill, B. (1993) Chromosomal structural changes in *Capsicum annum* L. and *C. chinense* Jacq. *Euphytica*, 67:155-160.
- Léonard, S., Chisholm, J., Laliberté, J., Sanfaçon, H. (2002) Interaction in vitro between the proteinase of tomato ringspot virus (genus nepovirus) and the eukaryotic translation initiation factor iso 4E from arabidopsis thaliana. *Journal of General Virology*, 83:2085-2089.
- Lima, M.C.C., Sudré, C.P., Poltronieri, M.C., Gonçalves, L.S.A., Pereira, T.N.S., Rodrigues, R. (2007) Recursos genéticos em *Capsicum*: estudo da diversidade genética de quatro espécies domesticadas e três silvestres e suas estruturas florais. Brasília: Embrapa. (Comunicado Técnico).

Lima, M.L.P., Lopes, C.A., Café filho, A.C. (2004) Estabilidade da resistência de *Capsicum* spp. ao oídio em telado e casa de vegetação. *Fitopatologia Brasileira*, 29 (5):519-525.

Lopes, C.A., Ávila, A.C. (2003) *Doenças do pimentão: diagnose e controle*. Brasília: Embrapa Hortaliças, p. 96.

Lourenção, A.L., Siqueira, W.J., Melo, A.M.T., Palazzo, S.R.L. (2005) Resistência de cultivares e linhagens de tomateiro a *Tomato chlorotic spot virus* e a *Potato virus Y*. *Fitopatologia Brasileira*, 30:609-614.

Lourenço, R.T., Bianchetti, L.D., Lins, T.C.L., Silva, N.J.M.L., Buso, G.C.S., Pozzobon, M., Ferreira, M.E. (1999) New putative *Capsicum* species collected in the Brazilian Atlantic Forest and their genetic relationship with cultivated peppers: a first genetic view using molecular markers. *Resumos do Congresso Nacional de Genética*, Gramado: SBG, p. 282.

Lucas, W.J. (2006) Plant viral movement proteins: agents for cell-to-cell trafficking of viral genomes. *Virology*, 344:169-184.

Lúcio, A.D., Souza, M.F., Heldwein, A.B., Lieberknecht, D., Carpes, R.H., Carvalho, M.P. (2003) Tamanho da amostra e método de amostragem para avaliação de características do pimentão em estufa plástica. *Horticultura Brasileira*, 21 (2):180-184.

Luz, F.F. (2001) Pimentas do gênero *Capsicum* spp. cultivadas em Roraima. *Anais do Simpósio de Recursos Genéticos para a América Latina e Caribe*, 3, Londrina, p. 189-191.

Maciel-Zambolim, E., Capucho, H.C.A.S., Avia, A.C., Inoue-Nagata, A.K., Kitajima, E.W. (2004) Surto epidemiológico de *Pepper yellow mosaic virus* em tomateiro na região serrana do estado do Espírito Santo. *Fitopatologia Brasileira*, 29:325-327.

Medina, C.L., Machado, E., Menezes, M. (1999) Condutância estomática e fotossíntese em laranjeira 'valência' sob deficiência hídrica. *Rev. Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 11:29-34.

Melo, A.M.T., Melo, P.C.T. (2003) Hiroshi Nagai (1935-2003) – Sua vida e contribuições à olericultura. *Horticultura Brasileira*, 21 (4): 1-734p.

Moscone, E.A., Scaldaferrro, M.A., Grabiele, M., Cecchini, N.M., García, Y.S., Jarret, R., Daviña, J.R., Ducasse, D.A., Barboza, G.E., Ehrendorfer, F. (2007) The evolution of chili peppers (*Capsicum* – Solanaceae): a cytogenetic perspective. *Acta Horticulturae*, 745:137-170.

Moura, F.C.A.G. (2006) Nichos de mercado para pimentas: experiência da Brasil Pepper, CD-ROM do *II Encontro Nacional do Agronegócio Pimenta (Capsicum spp.)*, 1, Brasília, 8p.

Nagai, H. (1983) Melhoramento de pimentão (*Capsicum annuum* L.) visando à resistência ao vírus Y. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 1 (2):3-9.

Nascimento, I.R., Valle, L.A.C., Maluf, W.R., Gonçalves, L.D., Gomes, L.A.A., Moreto, P., Lopes, E.A.G.L. (2007) Reação de híbridos, linhagens e progênies de pimentão à queima causada por *Phytophthora capsici* e ao mosaico amarelo causado por *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV). *Ciência Agrotecnologia*, 31:121-128.

Nascimento, I.R. (2005) *Heterose e capacidade combinatória de linhagens de pimentão resistentes ao mosaico amarelo causado por PepYMV (Pepper yellow mosaic virus)*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Lavras – MG, Universidade Federal de Lavras - UFLA, p.101.

Nass, L. (2001) Utilização de recursos genéticos vegetais no melhoramento. *In*: Nass, L., Valois, A.C.C., Melo, I.S., Valadares-Inglis, M.C. (eds.) *Recursos Genéticos e Melhoramento*. Rondonópolis: Fundação MT, p. 30-55.

Netto, D.A.M. (2003) *Validação e valoração da coleção núcleo de milho, subgrupo endosperma duro*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Lavras – MG, Universidade Federal de Lavras - UFLA, p.84.

Netto, A.T., Campostrini, E., Oliveira, G.J. (2005) Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulturae*, 104:199-209.

Oliveira, M.A.J., Bovi, M.L.A., Machado, E.C., Gomes, M.M.A., Habermann, G., Rodrigues, J.D. (2002) Fotossíntese, condutância estomática e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. *Scientia Agrícola*, 59:59-63.

Onus, A.N., Pickersgill, B. (2004) Unilateral incompatibility en *Capsicum* (Solanaceae): occurrence and taxonomic distribution. *Annals of Botany*, 94:289-295.

Parrella, G., Ruffel, S., Moretti, A., Morel, C., Palloix, A., Caranta, A. (2002) Recessive resistance genes against potyviruses are localized in collinear genomic regions of the tomato (*Lycopersicon* spp.) and pepper (*Capsicum* spp.) genomes. *Theoretical Applied Genetic*, 105:855-861.

Pickersgill, B. (1971) Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chili peppers (genus *Capsicum*). *Evolution*, 25: 683-691.

Pickersgill, B. (1980) Some aspects of interspecific hybridization in *Capsicum*. Unpublished and preliminary report presented at the IVth Eucarpia *Capsicum* working group meetings in Wageningen, the Netherlands.

Pickersgill, B. (1997) Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica*, 96:129-133.

Pozzobon, M.T., Schifino, W., Bianchetti, L.B. (2006) Chromosome numbers in wild and semidomesticated brazilian *Capsicum* L. (Solanaceae) species: do  $x=12$  and  $x=13$  represent two evolutionary lines? *Botanical Journal of the Linnean Society*, 151:259-269.

Purcifull, D.J., Edwardson, J., Hiebert, E., Gonsalves, D. (1984) Watermelon mosaic I potyvirus. In: (ed.) *Descriptions of plant virus no. 292*. Kew, England: CMI/AAB, 1-5p.

Queiroz, M.A. (2003) O estado da arte no melhoramento genético de algumas hortaliças no Brasil, CD-ROM dos *Anais do 2º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas*, Porto Seguro, BA, Brasil.

Ramos, S.R.R., Rodrigues, R., Pereira, T.N.S. (2000) Divergência genética em acessos de pimenta coletados no Rio de Janeiro. *Horticultura Brasileira*, 18:673-674.

Raven, P.H., Evert, R.F., Eichhorn, S.E. (2001) *Biologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A. p. 906.

Reifschneider, F.J.B. (2000) Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil. Brasília: Embrapa Comunicação Transferência de Tecnologia, p. 113.

Reifschneider, F.J.B., Lopes, C.A. (1998) Melhoramento genético para resistência a doenças de plantas. *Rev. Anu. Patol. Plan.* 6:329-366.

Reis, A., Duval, A.M.Q., Inoue-Nagata, A.K., Ávila, A.C., Lopes, C.A. (2006) Manejo de doenças em pimentas no Brasil. CD-ROM do *II Encontro Nacional do Agronegócio Pimenta (Capsicum spp.)*, 1, Brasília, DF.

Revers, F., Gall, O.L., Candresse, T., Maule, A.J. (1999) New advances in understanding the molecular biology of plant/potyvirus interactions. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 12 (5):367-376.

Ribeiro, R.V., Machado, E.C., Oliveira, R.F. (2006) Temperature response of photosynthesis and its interaction with light intensity in sweet orange leaf discus under non-photorespiratory condition. *Ciência e Agrotecnologia*, 30:670-678.

Ribeiro, C.S.C. (2004) Pesquisa em *Capsicum* spp. na Embrapa. CD-ROM do *Encontro Nacional do Agronegócio Pimenta (Capsicum spp)*, 1, Brasília, DF, p. 10.

Ribeiro, C.S.C., Cruz, D.M.R. (2002) Pimentão: tendência de mercado. *Cultivar hortaliças e frutas*, 14 (3): 16-19.

Rodrigues, M.A.A. (1998) Definição e ocorrência de fotoinibição; <http://www.ig.ufrj.br/almenara/fotoinibicao.html> em 20/01/2008.

Rowhani, A., Uyemota, J.K., Golino, D.A. (1997) A comparison between serological and biological assays in detecting grapevine leafroll associated virus. *Plant Disease*, 81:799-801.

Rowland, D., Dorner, J., Sorensen, R., Beasley, J.P., Todd, J. (2005) *Tomato spotted wilt virus* in peanut tissue types and physiological effects related to disease incidence and severity. *Plant Pathology*, 54:431-440.

Santos, H.S., Goto, R. (2004) Enxertia em plantas de pimentão no controle da murcha de fitóftora em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 22 (1):45-49.

Schuelter, A.R. (1996) Análise isozimática, dialélica e diversidade genética da pimenta silvestre (*Capsicum flexuosum* Sendt.). Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, p. 80.

Schultz, H.R. (1997) Water relations and photosynthetic response of two grapevine cultivars of different geographical origin during water stress. *Acta Horticulturae*, 427:251-265.

Scott, T.J., Knott, M. (1974) Cluster analysis methods for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, Raleigh, 30 (3): 507-512.

Silva, D.J.H., Moura, MC.C.L., Casali, V.W.D. (2001) Recursos genéticos do banco de germoplasma de hortaliças da UFV: histórico e expedições de coleta. *Horticultura Brasileira*, 19 (2):108-114.

Silva, N. (2003) Avanços no melhoramento de olerícolas – resistência a doenças em hortaliças. CD-Rom dos *Anais do 2º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas*, Porto Seguro, BA, Brasil.

Spetz, C., Taboada, A.M., Darwich, S., Ramsell, J., Salazar, L.F., Valkonen, J.P.T. (2003) Molecular resolution of a complex of potyviruses infecting solanaceous crops at the center of origin in Peru. *Journal of General Virology*, 84:2565-2578.

Sudré, C.P., Rodrigues, R., Riva, E.M., Karasawa, M., Amaral Junior, A.T. (2005) Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. *Horticultura Brasileira*, 23:22-27.

Sutula, C.L., Gillet, J.M., Morrissey, S.M., Ramsdell, D.C. (1986) Interpreting ELISA data and establishing the positive-negative threshold. *Plant Disease*, 70:722-726.

Taiz, L., Zeiger, E. (2004) *Fisiologia vegetal*. 3. ed.: Atmed, p. 719.

Teixeira, R. (1996) *Diversidade em Capsicum: análise molecular, morfoagronômica e química*. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, p. 81.

Tong, N., Bosland, P.W. (1999) *Capsicum tovarii*, a new member of the *Capsicum baccatum* complex. *Euphytica*, 109:71-77.

Truta, A.A.C., Souza, A.R.R., Nascimento, A.V.S., Pereira, R.C., Pinto, C.M.F., Brommonschenkel, S.H., Carvalho, M.G., Zerbini, F.M. (2004) Identidade e propriedades de isolados de potyvírus provenientes de *Capsicum* spp. *Fitopatologia Brasileira*, 29:160-168.

Truta, A.A.C. (2002) *Identidade e propriedade de isolados de potyvírus proveniente de Capsicum spp.* Tese (Doutorado em Agronomia - Fitopatologia) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, p. 68.

Valle, L.A.C., Maluf, W.R., Nascimento, I.R., Faria, M.V., Figueira, A.R., Gomes, L.A.A., Licursi, V., Moretto, P. (2002) Avaliação da resistência de híbridos experimentais de pimentão ao mosaico amarelo causado por *Pepper yellow mosaic virus* (PepYMV). *Horticultura Brasileira*, 20 (2): 346-347. (Suplemento 1).

Valls, J.F.M. (1988) Caracterização morfológica, reprodutiva e bioquímica de germoplasma vegetal. *Anais do Encontro sobre Recursos Genéticos*. Jaboticabal: FCAV, p. 106-120.

Valois, A.C.C., Salomão, A.N., Allen, A.C. (1996) *Glossário de recursos genéticos vegetais*. Brasília: Embrapa-SPI, 62p. (Embrapa - Cenargen. Documentos; n. 22).

Van Kooten, O., Snel, J.F.H. (1990) The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. *Photosynthesis Research*, 25:147-150.

Vasconcelos, E.S., Cruz, C.D., Bhering, L.L., Ferreira, A. (2007) Estratégias de amostragem e estabelecimento de coleções nucleares. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 42 (4):507-514.

Vilela-Morales, E.A., Valois, A.C.C., Nass, L.L. (1997) Recursos genéticos vegetales. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa - Cenargen, p. 78.

Viñals, F.N., Ortega, R.G., Garcia, J.C. (1996) *El cultivo de pimientos, chiles y ajies*. Madri: Mundi-Prensa, p.607.

Wellburn, A.R. (1994) The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal Plant Physiology*, 144:307-313.

Zanandrea, I., Nassi, F.L., Turchetto, A.C., Braga, E.J.B., Peters, J.A., Bacarin, M.A. (2006) Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. *Revista Brasileira de Agrociência*, 12:157-161.

Zerbini Jr, F.M., Carvalho, M.G., Maciel-Zambolim, E. (2006) *Introdução à virologia vegetal*. Viçosa: UFV, p. 145.

Zerbini Jr, F.M., Maciel-Zambolim, E. (1999) A família Potyviridae – Parte I. *In*: Luiz, W.C., Fernandes, J.M.C., Prestes, A.M., Picinini, E.C. *Revisão Anual de patologia de Plantas*. 7, p. 1-66.

## APÉNDICE

Tabela 1 - Dados de passaporte dos 128 acessos de *Capsicum* spp. avaliados quanto à resistência ao PepYMV. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007

| <b>Nº UENF</b> | <b>Espécie</b>                                     | <b>Nome comum</b>    | <b>Procedência</b>      |
|----------------|--|----------------------|-------------------------|
| 1490           | <i>Capsicum frutescens</i>                         | Malagueta            | Rio de Janeiro, RJ      |
| 1498           | <i>Capsicum chinense</i>                           | Pimenta              | Rio de Janeiro, RJ      |
| 1503           | <i>Capsicum chinense</i>                           | Pimenta              | México                  |
| 1553           | <i>Capsicum chinense</i>                           | Pimenta dedo-de-bode | Goiânia, GO             |
| 1559           | <i>Capsicum annuum</i> var. <i>glabriusculum</i>   | Pimenta ornamental   | Cachoeira de Macacu, RJ |
| 1567           | <i>Capsicum annuum</i> var. <i>annuum</i>          | Pimentão             | Bahia, BA               |
| 1611           | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i>      | Pimenta              | Viçosa, MG              |
| 1612           | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i>      | Pimenta              | Viçosa, MG              |
| 1613           | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i>      | Pimenta              | Viçosa, MG              |
| 1615           | <i>Capsicum chinense</i>                           | Pimenta              | Viçosa, MG              |
| 1616           | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i>      | Pimenta              | Viçosa, MG              |
| 1618           | <i>Capsicum chinense</i>                           | Pimenta              | Viçosa, MG              |
| 1622           | <i>Capsicum annuum</i> var. <i>annuum</i>          | Pimenta              | Estados Unidos          |
| 1623           | <i>Capsicum annuum</i> var. <i>annuum</i>          | Sancho Panza         | Campos, RJ              |
| 1624           | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i>      | Malagueta grande     | Campos, RJ              |
| 1625           | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i>      | Moranginho           | Campos, RJ              |
| 1626           | <i>Capsicum</i> . <i>annuum</i> var. <i>annuum</i> | Pimenta              | Campos, RJ              |

Tabela 1; Cont.

|       |   |                  |                  |
|-------|---|------------------|------------------|
| 1628  | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> | Dedão- de- moça  | Campos, RJ       |
| 1629  | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> | Pimenta          | Campos, RJ       |
| 1630  | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> | Pimenta Cambuci  | Campos, RJ       |
| 1631  | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> | Pimenta          | Celina, ES       |
| 1633  | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> | Pimenta          | Campos, RJ       |
| 1634  | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta          | Vargem Alta, ES  |
| 1635  | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> | Pitanguinha      | Miranda, MS      |
| 1636  | <i>Capsicum frutescens</i>                    | Malagueta        | Miranda, MS      |
| 1637  | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> | Pantaneira       | Miranda, MS      |
| 1638  | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> | Pimenta          | Manhuaçu, MG     |
| 1639  | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> | Pimentão Cambuci | Feltrin Sementes |
| 1640  | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta          | Viçosa, MG       |
| 1641  | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta          | Viçosa, MG       |
| 1642  | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> | Pimenta          | Viçosa, MG       |
| 1643a | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> | Pimenta          | Viçosa, MG       |
| 1643b | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> | Pimenta          | Viçosa, MG       |
| 1703  | <i>Capsicum chinense</i>                      | Biquinho         | Viçosa, MG       |
| 1704  | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> | Pimenta          | Viçosa, MG       |
| 1705  | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> | Pimenta          | Viçosa, MG       |

Tabela 1; Cont.

|      |   |                      |                |
|------|---|----------------------|----------------|
| 1706 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta vermelha     | Viçosa, MG     |
| 1707 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta              | São Luís, MA   |
| 1708 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta              | São Luís, MA   |
| 1709 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta dedo-de-moça | São Luís, MA   |
| 1710 | <i>Capsicum frutescens</i>                    | Malagueta            | São Luis, MA   |
| 1712 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta              | São Luis, MA   |
| 1713 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta              | São Luís, MA   |
| 1714 | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> | Pimenta              | Peru           |
| 1715 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta              | Peru           |
| 1716 | <i>Capsicum chacoense</i>                     | Pimenta passarinho   | Argentina      |
| 1717 | <i>Capsicum annuum</i> var. <i>annuum</i>     | Pimentão             | Renascença, PR |
| 1718 | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> | Pimenta              | Renascença, PR |
| 1719 | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> | Pimenta              | Renascença, PR |
| 1721 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta              | Ilhéus, BA     |
| 1722 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta              | Ilhéus, BA     |
| 1725 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta              | Ilhéus, BA     |
| 1726 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta              | Ilhéus, BA     |
| 1727 | <i>Capsicum frutescens</i>                    | Malagueta            | Ilhéus, BA     |
| 1730 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta chocolate    | Peru           |

Tabela 1; Cont.

|      |  |                       |                         |
|------|--|-----------------------|-------------------------|
| 1731 | <i>Capsicum frutescens</i>                       | Pimenta tabaco        | Petrolina, PE           |
| 1732 | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i>    | Pimenta               | Campos, RJ              |
| 1733 | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i>    | Pimenta               | Campos, RJ              |
| 1735 | <i>Capsicum frutescens</i>                       | Malagueta             | Celina, ES              |
| 1736 | <i>Capsicum chinense</i>                         | Pimenta               | São Domingos, ES        |
| 1737 | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i>    | Pimenta               | Cachoeira de Macacu, RJ |
| 1738 | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i>    | Pimenta               | Viçosa, MG              |
| 1739 | <i>Capsicum chinense</i>                         | Pimenta               | Itaguaí, RJ             |
| 1742 | <i>Capsicum chinense</i>                         | Pimenta               | Belém, PA               |
| 1743 | <i>Capsicum chinense</i>                         | Pimenta               | Soure, PA               |
| 1744 | <i>Capsicum chinense</i>                         | Pimenta               | Soure, PA               |
| 1745 | <i>Capsicum chinense</i>                         | Pimenta               | Soure, PA               |
| 1746 | <i>Capsicum chinense</i>                         | Pimenta               | Soure, PA               |
| 1747 | <i>Capsicum frutescens</i>                       | Pimenta tabasco       | Soure, PA               |
| 1748 | <i>Capsicum chinense</i>                         | Pimenta               | Soure, PA               |
| 1749 | <i>Capsicum chinense</i>                         | Pimenta               | Campos, RJ              |
| 1750 | <i>Capsicum annuum</i> var. <i>glabriusculum</i> | Pimenta               | Campos, RJ              |
| 1751 | <i>Capsicum chinense</i>                         | Pimenta roxa comprida | Parintins, AM           |
| 1752 | <i>Capsicum chinense</i>                         | Pimenta               | Ilhéus, BA              |

Tabela 1; Cont.

|      |                            |                        |              |
|------|----------------------------|------------------------|--------------|
| 1753 | <i>Capsicum chinense</i>   | Pimenta                | Ilhéus, BA   |
| 1755 | <i>Capsicum. chinense</i>  | Pimenta chocolate      | Peru         |
| 1757 | <i>Capsicum chinense</i>   | Pimenta                | Ilhéus, BA   |
| 1758 | <i>Capsicum chinense</i>   | Pimenta                | Ilhéus, BA   |
| 1761 | <i>Capsicum chinense</i>   | Pimenta                | Belém, PA    |
| 1762 | <i>Capsicum chinense</i>   | Pimenta                | Belém, PA    |
| 1763 | <i>Capsicum chinense</i>   | Pimenta                | Belém, PA    |
| 1764 | <i>Capsicum chinense</i>   | Pimenta                | Belém, PA    |
| 1765 | <i>Capsicum chinense</i>   | Pimenta                | Belém, PA    |
| 1766 | <i>Capsicum frutescens</i> | Pimenta                | Belém, PA    |
| 1767 | <i>Capsicum chinense</i>   | Pimenta cumari do Pará | Belém, PA    |
| 1768 | <i>Capsicum chinense</i>   | Pimenta                | Belém, PA    |
| 1770 | <i>Capsicum chinense</i>   | Pimenta                | Belém, PA    |
| 1771 | <i>Capsicum chinense</i>   | Pimenta tomate         | Bequimão, MA |
| 1772 | <i>Capsicum chinense</i>   | Pimenta Itapeuá        | Bequimão, MA |
| 1773 | <i>Capsicum chinense</i>   | Pimenta dedo-de-moça   | Bequimão, MA |
| 1774 | <i>Capsicum chinense</i>   | Pimenta Itapuá         | Bequimão, MA |
| 1775 | <i>Capsicum frutescens</i> | Pimenta camarão        | Bequimão, MA |
| 1776 | <i>Capsicum frutescens</i> | Malagueta grande       | Rosário, MA  |

Tabela 1; Cont.

|      |   |                        |              |
|------|---|------------------------|--------------|
| 1779 | <i>Capsicum frutescens</i>                    | Malagueta              | Bequimão, MA |
| 1780 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta murici amarela | Bequimão, MA |
| 1781 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta                | Bequimão, MA |
| 1782 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta de cheiro      | Bequimão, MA |
| 1784 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta de mesa        | São Luís, MA |
| 1785 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta bacuri amarela | São Luís, MA |
| 1786 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta murici         | São Luís, MA |
| 1787 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta murici         | São Luís, MA |
| 1788 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta de cheiro      | São Luís, MA |
| 1789 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta sapucaia       | São Luís, MA |
| 1790 | <i>Capsicum frutescens</i>                    | Malagueta              | São Luís, MA |
| 1792 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta olho maracanã  | São Luís, MA |
| 1793 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta dedo-de-moça   | São Luís, MA |
| 1794 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta amarela        | São Luís, MA |
| 1797 | <i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> | Pimenta                | Viçosa, MG   |
| 1798 | <i>Capsicum chinense</i>                      | Pimenta                | Campos, RJ   |
| 1799 | <i>Capsicum annuum</i> var. <i>annuum</i>     | Pimenta                | Bequimão, MA |
| 1800 | <i>Capsicum frutescens</i>                    | Malaqueta              | Bequimão, MA |
| 1802 | <i>Capsicum frutescens</i>                    | Malaqueta              | Campos, RJ   |

Tabela 1; Cont.

---

|      |                                    |                              |            |
|------|------------------------------------|------------------------------|------------|
| 1803 | <i>Capsicum chinense</i>           | Pimenta                      | Campos, RJ |
| 1805 | <i>Capsicum chinense</i>           | Pimenta                      | Campos, RJ |
| 1806 | <i>Capsicum chinense</i>           | Pimenta                      | Campos, RJ |
| 1808 | <i>Capsicum sp.</i>                | Pimenta                      | Campos, RJ |
| 1810 | <i>Capsicum sp.</i>                | Pimenta                      | Campos, RJ |
| 1811 | <i>Capsicum sp.</i>                | Pimenta                      | Campos, RJ |
| 1812 | <i>Capsicum sp.</i>                | Pimenta                      | Campos, RJ |
| 1422 | <i>Capsicum annuum var. annuum</i> | Pimentão Ikeda casca<br>dura | Topseed    |

---

Tabela 2- Características morfoagronômicas dos nove acessos de *Capsicum* resistentes ao *Pepper yellow mosaic virus*. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007

| <b>Nº UENF</b> | <b>Nome comum</b> | <b>Hábito de crescimento da planta</b> | <b>Cor do fruto maduro</b> | <b>Formato do fruto</b> | <b>Comprimento do fruto (mm)</b> | <b>Diâmetro do fruto (mm)</b> | <b>Pungência do fruto</b> |
|----------------|-------------------|--|----------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 1624           | pimenta           | ereto                                  | vermelho                   | alongado                | 76,69                            | 17,70                         | -                         |
| 1703           | Pimenta biquinho  | intermediário                          | vermelho                   | campanulado             | 24,86                            | 17,24                         | doce                      |
| 1730           | Pimenta chocolate | ereto                                  | marrom                     | alongado                | 120,63                           | 26,00                         | doce                      |
| 1732           | pimenta           | ereto                                  | vermelho                   | campanulado             | 30,19                            | 33,00                         | doce                      |
| 1751           | pimenta           | ereto                                  | vermelho<br>escuro         | alongado                | 59,41                            | 12,91                         | doce                      |
| 1755           | Pimenta chocolate | ereto                                  | marrom                     | alongado                | 120,0                            | 25,50                         | Picante médio             |
| 1764           | pimenta           | ereto                                  | vermelho                   | campanulado             | 47,40                            | 26,57                         | doce                      |
| 1770           | pimenta           | ereto                                  | vermelho                   | campanulado             | 45,65                            | 30,00                         | doce                      |
| 1803           | pimenta           | ereto                                  | vermelho                   | alongado                | 18,91                            | 5,28                          | doce                      |

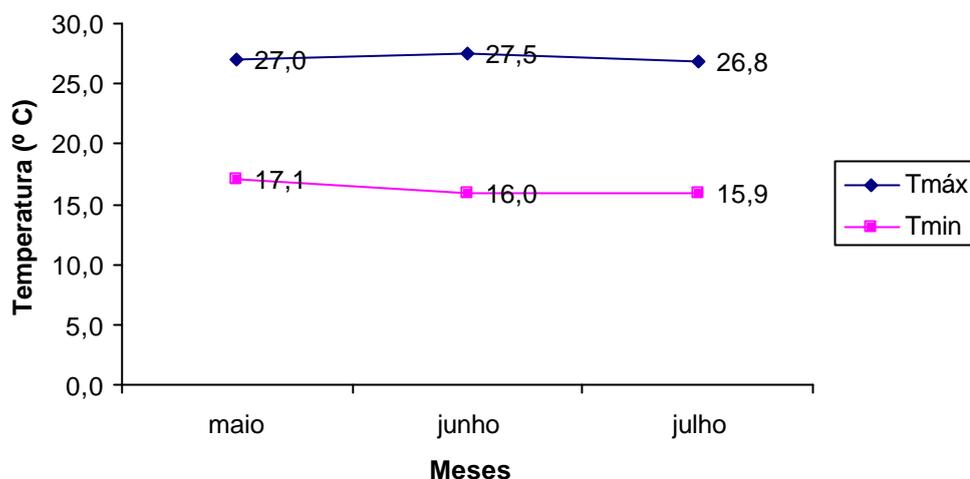


Figura 1 – Dados climáticos relativos à primeira parte do experimento de campo: temperatura máxima (Tmáx) e temperatura mínima (Tmín) registradas na Estação Evapotranspirométrica da PESAGRO, no período de maio a julho de 2007.

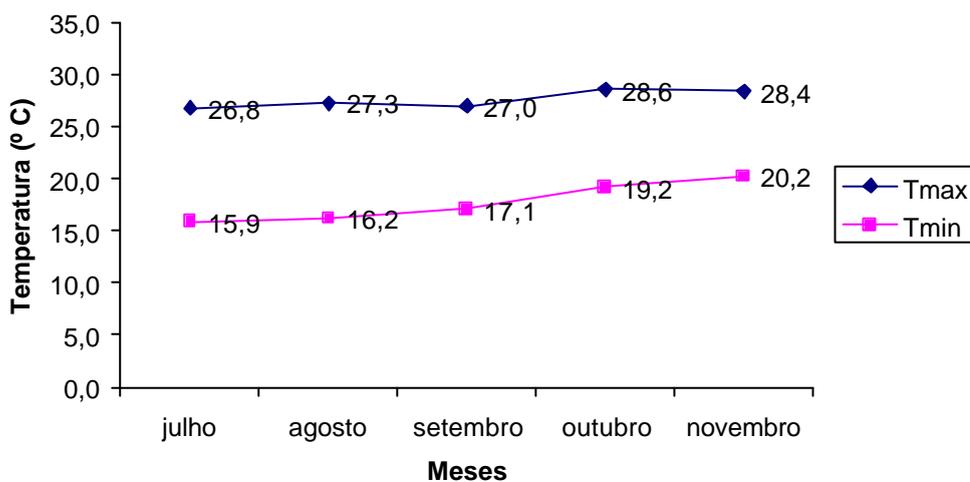


Figura 2 – Dados climáticos relativos à segunda etapa do experimento de campo: temperatura máxima (Tmáx) e temperatura mínima (Tmín) registradas na Estação Evapotranspirométrica da PESAGRO, no período de julho a novembro de 2007.

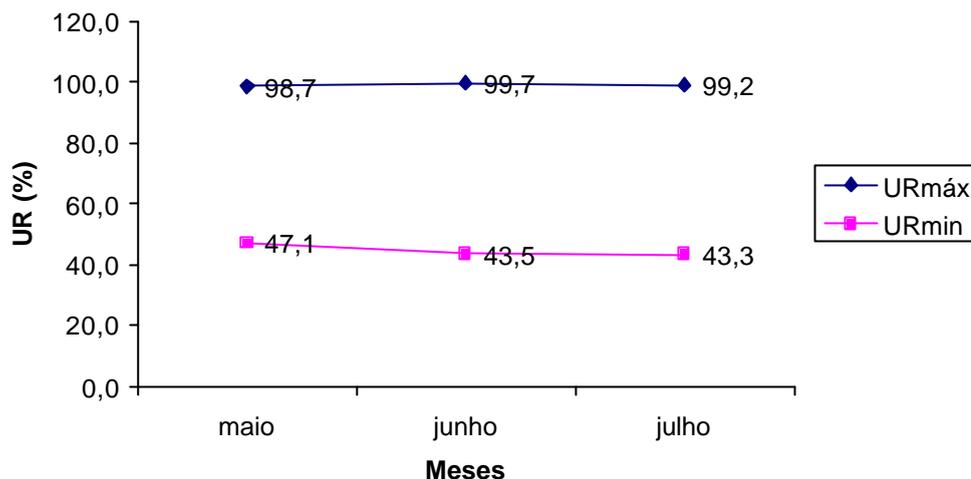


Figura 3 – Dados climáticos relativos à primeira etapa do experimento de campo: umidade máxima e mínima do ar registradas na Estação Evapotranspirométrica da PESAGRO, no período de maio a julho de 2007.

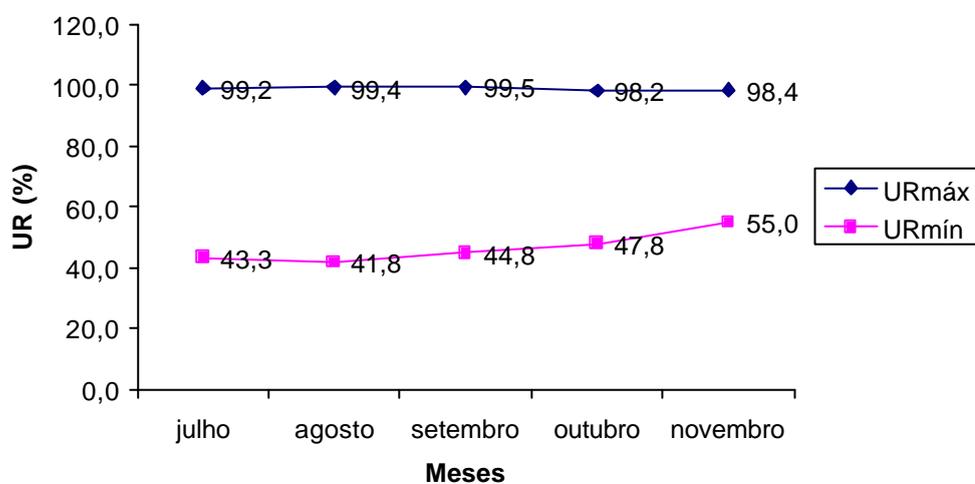


Figura 4 – Dados climáticos relativos à primeira etapa do experimento de campo: umidade máxima e mínima do ar registradas na Estação Evapotranspirométrica da PESAGRO, no período de julho a novembro de 2007.

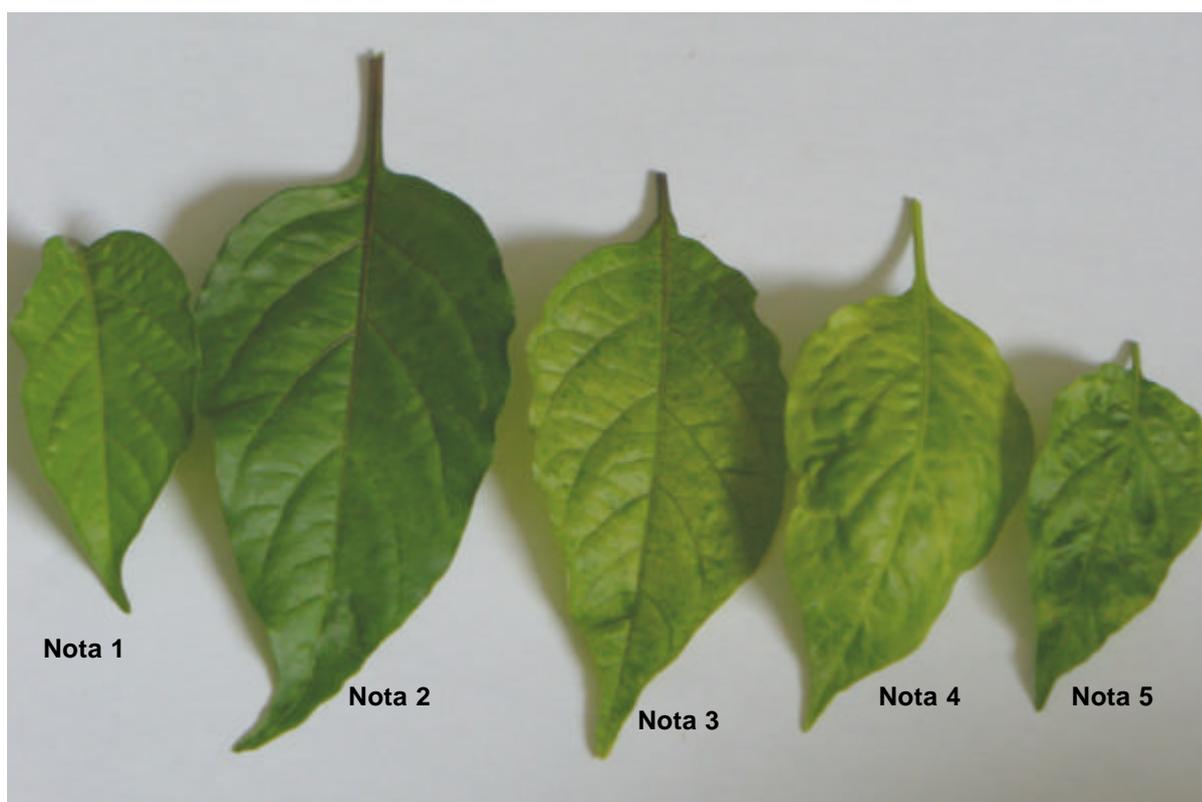


Figura 5 – Escala de notas utilizadas na avaliação dos 128 acessos de *Capsicum* spp. inoculados com o PepYMV: 1 = ausência de sintomas; 2 = sintomas leves; 3 = sintomas medianos; 4 = sintomas intensos; 5 = mosaico generalizado, mosaico bolhoso, distorção foliar e redução da área foliar.



Figura 6 – Variação dos estágios de infecção viral nos acessos avaliados. O acesso UENF1770 apresentou ausência de sintomas visuais do vírus. O UENF1727, sintomas medianos; UENF1742, sintomas intensos; e o UENF1615, sintomas de mosaico bolhoso.

Tabela 3 – Médias da reação ao mosaico amarelo do pimentão avaliada por meio de notas nos 75 acessos agrupados segundo o procedimento de Scott e Knott (1974). Campos dos Goytacazes, UENF, 2007

| Nº UENF | Média              | Grupo | Nº UENF | Média | Grupo | Nº UENF | Média | Grupo | Nº UENF | Média | Grupo |
|---------|--------------------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|
| 1800    | 4,000 <sup>1</sup> | a     | 1626    | 2,875 | c     | 1636    | 2,375 | d     | 1642    | 1,750 | e     |
| 1743    | 3,875              | a     | 1623    | 2,875 | c     | 1631    | 2,375 | d     | 1768    | 1,625 | e     |
| 1735    | 3,625              | a     | 1797    | 2,750 | c     | 1790    | 2,250 | d     | 1490    | 1,500 | e     |
| 1630    | 3,625              | a     | 1791    | 2,750 | c     | 1731    | 2,250 | d     | 1643b   | 1,500 | e     |
| 1639    | 3,375              | b     | 1718    | 2,750 | c     | 1785    | 2,250 | d     | 1714    | 1,375 | e     |
| 1771    | 3,250              | b     | 1786    | 2,750 | c     | 1503    | 2,125 | d     | 1616    | 1,375 | e     |
| 1772    | 3,250              | b     | 1782    | 2,750 | c     | 1713    | 2,125 | d     | 1733    | 1,250 | e     |
| 1628    | 3,250              | b     | 1707    | 2,750 | c     | 1611    | 2,125 | d     | 1737    | 1,125 | e     |
| 1622    | 3,250              | b     | 1638    | 2,750 | c     | 1498    | 2,000 | d     | 1770    | 1,000 | e     |
| 1615    | 3,250              | b     | 1635    | 2,750 | c     | 1706    | 2,000 | d     | 1703    | 1,000 | e     |
| 1559    | 3,125              | b     | 1625    | 2,750 | c     | 1775    | 2,000 | d     | 1730    | 1,000 | e     |
| 1722    | 3,125              | b     | 1721    | 2,625 | c     | 1746    | 2,000 | d     | 1624    | 1,000 | e     |
| 1752    | 3,125              | b     | 1739    | 2,625 | c     | 1637    | 2,000 | d     |         |       |       |
| 1629    | 3,125              | b     | 1780    | 2,625 | c     | 1634    | 2,000 | d     |         |       |       |
| 1613    | 3,125              | b     | 1633    | 2,625 | c     | 1618    | 2,000 | d     |         |       |       |
| 1799    | 3,000              | c     | 1744    | 2,500 | c     | 1747    | 1,875 | d     |         |       |       |
| 1567    | 3,000              | c     | 1794    | 2,375 | d     | 1641    | 1,875 | d     |         |       |       |
| 1781    | 3,000              | c     | 1792    | 2,375 | d     | 1640    | 1,875 | d     |         |       |       |
| 1765    | 3,000              | c     | 1788    | 2,375 | d     | 1612    | 1,875 | d     |         |       |       |
| 1766    | 3,000              | c     | 1710    | 2,375 | d     | 1719    | 1,750 | d     |         |       |       |
| 1738    | 2,875              | c     | 1736    | 2,375 | d     | 1643a   | 1,750 | d     |         |       |       |

<sup>1</sup>Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias proposto por Scott e Knott (1974), em nível de 1% de probabilidade.

Tabela 4 - Médias da reação ao mosaico amarelo do pimentão, avaliada por meio de notas nos 53 acessos agrupados segundo o procedimento de Scott e Knott (1974). Campos dos Goytacazes, UENF, 2007

| Nº UENF | Média              | Grupo | Nº UENF | Média | Grupo | Nº UENF | Média | Grupo | Nº UENF | Média | Grupo |
|---------|--------------------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|
| 1553    | 5,000 <sup>1</sup> | a     | 1727    | 3,000 | c     | 1787    | 2,250 | d     | 1762    | 1,500 | e     |
| 1810    | 4,875              | a     | 1716    | 3,000 | c     | 1745    | 2,250 | d     | 1618    | 1,500 | e     |
| 1615    | 4,750              | a     | 1725    | 2,875 | c     | 1806    | 2,125 | d     | 1764    | 1,000 | e     |
| 1712    | 4,000              | b     | 1784    | 2,750 | c     | 1802    | 2,125 | d     | 1755    | 1,000 | e     |
| 1779    | 3,875              | b     | 1761    | 2,750 | c     | 1767    | 2,125 | d     | 1770    | 1,000 | e     |
| 1774    | 3,875              | b     | 1749    | 2,750 | c     | 1708    | 2,125 | d     | 1730    | 1,000 | e     |
| 1758    | 3,500              | c     | 1726    | 2,750 | c     | lkeda   | 2,000 | d     | 1803    | 1,000 | e     |
| 1805    | 3,250              | c     | 1717    | 2,750 | c     | 1812    | 2,000 | d     | 1751    | 1,000 | e     |
| 1776    | 3,125              | c     | 1789    | 2,625 | c     | 1808    | 2,000 | d     | 1732    | 1,000 | e     |
| 1773    | 3,125              | c     | 1709    | 2,625 | c     | 1793    | 2,000 | d     | 1703    | 1,000 | e     |
| 1757    | 3,000              | c     | 1704    | 2,625 | c     | 1750    | 2,000 | d     | 1624    | 1,000 | e     |
| 1753    | 3,000              | c     | 1811    | 2,375 | d     | 1715    | 2,000 | d     |         |       |       |
| 1748    | 3,000              | c     | 1705    | 2,375 | d     | 1763    | 1,875 | d     |         |       |       |
| 1742    | 3,000              | c     | 1798    | 2,250 | d     | 1634    | 1,875 | d     |         |       |       |

<sup>1</sup>Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias proposto por Scott e Knott (1974), em nível de 1% de probabilidade.

Tabela 5 – Médias da reação ao mosaico amarelo do pimentão, avaliada por meio da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) nos 75 acessos, agrupados segundo o procedimento de Scott e Knott (1974). Campos dos Goytacazes, UENF, 2007

| Nº UENF | AACPD                | Grupo | Nº UENF | AACPD   | Grupo | Nº UENF | AACPD   | Grupo | Nº UENF | AACPD   | Grupo |
|---------|----------------------|-------|---------|---------|-------|---------|---------|-------|---------|---------|-------|
| 1800    | 94,8750 <sup>1</sup> | a     | 1628    | 63,2500 | d     | 1794    | 56,563  | e     | 1719    | 41,6250 | g     |
| 1743    | 86,0625              | b     | 1731    | 63,0625 | d     | 1618    | 56,563  | e     | 1733    | 37,5625 | h     |
| 1735    | 85,0625              | b     | 1780    | 62,4375 | d     | 1710    | 56,500  | e     | 1714    | 33,9375 | h     |
| 1771    | 83,5625              | b     | 1738    | 62,2500 | d     | 1633    | 56,125  | e     | 1737    | 33,1875 | h     |
| 1615    | 79,6250              | c     | 1567    | 62,1250 | d     | 1637    | 56,063  | e     | 1768    | 31,4375 | h     |
| 1772    | 78,5000              | c     | 1718    | 62,0000 | d     | 1792    | 55,250  | e     | 1770    | 30,0000 | h     |
| 1630    | 75,4375              | c     | 1782    | 61,8125 | d     | 1641    | 54,625  | e     | 1703    | 30,0000 | h     |
| 1781    | 74,8750              | c     | 1791    | 61,4375 | d     | 1790    | 54,375  | e     | 1730    | 30,0000 | h     |
| 1765    | 74,5625              | c     | 1744    | 61,3750 | d     | 1503    | 52,500  | f     | 1624    | 30,0000 | h     |
| 1639    | 73,2500              | c     | 1626    | 60,500  | e     | 1747    | 52,438  | f     |         |         |       |
| 1622    | 70,5000              | c     | 1635    | 60,250  | e     | 1498    | 52,188  | f     |         |         |       |
| 1613    | 69,1875              | d     | 1788    | 59,250  | e     | 1775    | 51,000  | f     |         |         |       |
| 1799    | 68,4375              | d     | 1739    | 59,063  | e     | 1490    | 49,250  | f     |         |         |       |
| 1766    | 67,8750              | d     | 1786    | 58,938  | e     | 1706    | 49,250  | f     |         |         |       |
| 1559    | 67,6875              | d     | 1636    | 58,500  | e     | 1642    | 49,063  | f     |         |         |       |
| 1638    | 65,7500              | d     | 1785    | 58,188  | e     | 1611    | 45,125  | g     |         |         |       |
| 1752    | 65,3125              | d     | 1721    | 57,875  | e     | 1746    | 44,875  | g     |         |         |       |
| 1722    | 64,3750              | d     | 1736    | 57,875  | e     | 1640    | 44,375  | g     |         |         |       |
| 1623    | 64,3750              | d     | 1631    | 57,875  | e     | 1643b   | 44,1875 | g     |         |         |       |
| 1625    | 64,1250              | d     | 1713    | 57,188  | e     | 1616    | 43,0000 | g     |         |         |       |
| 1707    | 63,8125              | d     | 1634    | 56,688  | e     | 1643a   | 42,4375 | g     |         |         |       |
| 1629    | 63,2500              | d     | 1797    | 56,563  | e     | 1612    | 41,7500 | g     |         |         |       |

<sup>1</sup>Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias proposto por Scott e Knott (1974), em nível de 1% de probabilidade.

Tabela 6 – Médias da reação ao mosaico amarelo do pimentão, avaliada por meio da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) nos 53 acessos agrupados segundo o procedimento de Scott e Knott (1974). Campos dos Goytacazes, UENF, 2007

| Nº UENF | AACPD                | Grupo | Nº UENF | AACPD   | Grupo | Nº UENF | AACPD   | Grupo |
|---------|----------------------|-------|---------|---------|-------|---------|---------|-------|
| 1774    | 90,5000 <sup>1</sup> | a     | 1709    | 49,5625 | e     | 1803    | 24,0000 | g     |
| 1615    | 87,6875              | a     | 1717    | 48,8750 | e     | 1764    | 24,0000 | g     |
| 1553    | 86,1250              | a     | 1802    | 48,8125 | e     | 1755    | 24,0000 | g     |
| 1712    | 83,2500              | a     | 1787    | 48,2500 | e     | 1751    | 24,0000 | g     |
| 1727    | 74,2500              | b     | 1749    | 48,1875 | e     | 1732    | 24,0000 | g     |
| 1810    | 74,0000              | b     | 1789    | 48,1250 | e     | 1703    | 24,0000 | g     |
| 1758    | 69,3125              | c     | 1808    | 48,0000 | e     | 1624    | 24,0000 | g     |
| 1757    | 67,3750              | c     | 1806    | 48,0000 | e     |         |         |       |
| 1805    | 67,0000              | c     | 1793    | 47,4375 | e     |         |         |       |
| 1779    | 66,2500              | c     | 1704    | 47,0625 | e     |         |         |       |
| 1761    | 63,6875              | c     | lkeda   | 46,5000 | e     |         |         |       |
| 1726    | 60,4375              | d     | 1705    | 46,1875 | e     |         |         |       |
| 1716    | 59,7500              | d     | 1715    | 44,8125 | e     |         |         |       |
| 1811    | 59,1250              | d     | 1745    | 44,5000 | e     |         |         |       |
| 1784    | 58,8750              | d     | 1708    | 44,5000 | e     |         |         |       |
| 1773    | 58,6875              | d     | 1750    | 42,0000 | f     |         |         |       |
| 1725    | 56,8750              | d     | 1812    | 40,5625 | f     |         |         |       |
| 1742    | 55,8750              | d     | 1634    | 39,5000 | f     |         |         |       |
| 1798    | 55,3750              | d     | 1763    | 38,0625 | f     |         |         |       |
| 1767    | 55,3125              | d     | 1618    | 30,9375 | g     |         |         |       |
| 1753    | 54,5000              | d     | 1762    | 29,8750 | g     |         |         |       |
| 1776    | 53,5000              | d     | 1770    | 24,0000 | g     |         |         |       |
| 1748    | 53,0625              | d     | 1730    | 24,0000 | g     |         |         |       |

<sup>1</sup>Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias proposto por Scott e Knott (1974), em nível de 1% de probabilidade.

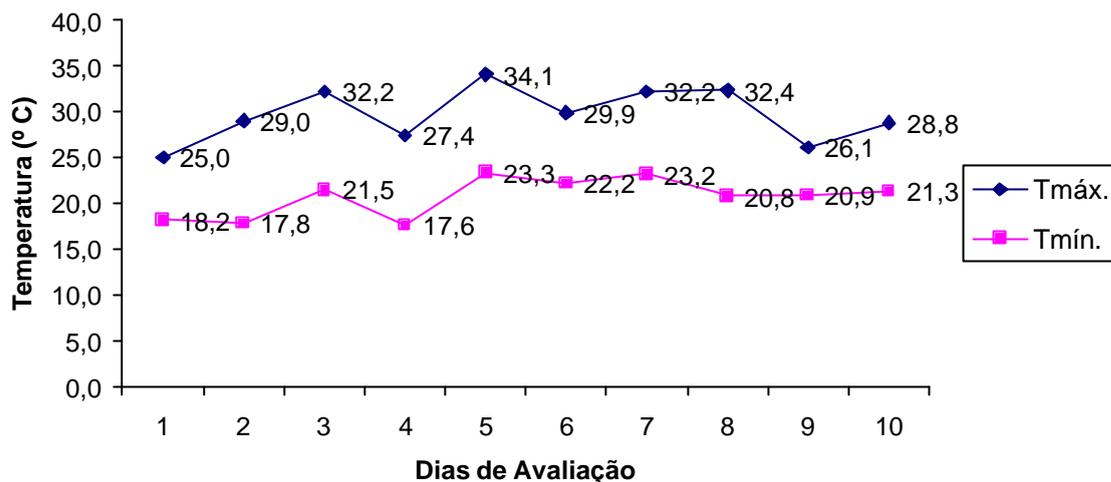


Figura 7 – Dados climáticos relativos aos dias de avaliações, do experimento de campo, da resposta ecofisiológica: temperatura máxima (Tmáx) e temperatura mínima (Tmín) registradas na Estação Evapotranspirométrica da PESAGRO, no período de novembro a dezembro de 2007.

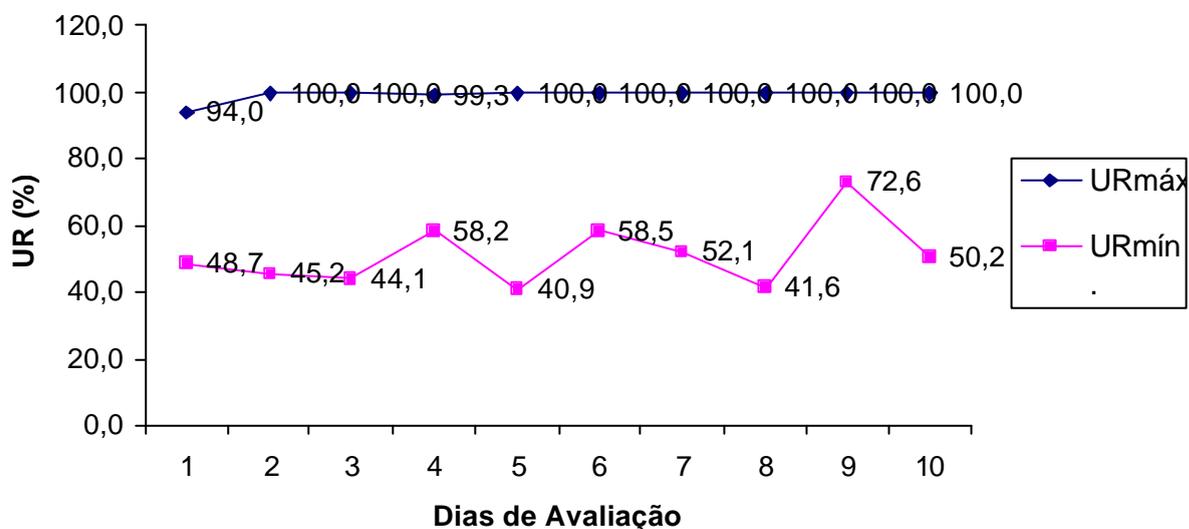


Figura 8 – Dados climáticos relativos aos dias de avaliações, do experimento de campo, da resposta ecofisiológica: umidade máxima e mínima do ar registradas na Estação Evapotranspirométrica da PESAGRO, no período de novembro a dezembro de 2007.

Tabela 7 - Análise de variância para a emissão da fluorescência da clorofila *a* e da determinação da intensidade de clorofila nos quatro tratamentos (planta resistente não inoculada, planta suscetível não inoculada, planta resistente inoculada e planta suscetível inoculada) nos acessos de *Capsicum chinense*. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007

|                             | Quadrados |                         | Médios                   |                          | FV/FM                | FV/FO              | qP                   | qNPQ                | NPQ                 | Intens. clorofila     |
|-----------------------------|-----------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
|                             | FV        | GL                      | FO                       | FM                       |                      |                    |                      |                     |                     |                       |
| Tempo                       | 9         | 596615.62 <sup>**</sup> | 5154402.38 <sup>**</sup> | 3203721.37 <sup>**</sup> | 0.1862 <sup>**</sup> | 8.62 <sup>**</sup> | 0.090 <sup>**</sup>  | 0.272 <sup>**</sup> | 0.362 <sup>**</sup> | 166,29 <sup>**</sup>  |
| Inoculação                  | 1         | 96050.21 <sup>**</sup>  | 158595.05 <sup>ns</sup>  | 527283.92 <sup>**</sup>  | 0.0735 <sup>**</sup> | 3.16 <sup>**</sup> | 0.043 <sup>**</sup>  | 0.147 <sup>**</sup> | 0.136 <sup>**</sup> | 266,11 <sup>**</sup>  |
| Genótipo                    | 1         | 328130.21 <sup>**</sup> | 111355.67 <sup>ns</sup>  | 48904.22 <sup>ns</sup>   | 0.0550 <sup>**</sup> | 2.47 <sup>**</sup> | 0.0004 <sup>ns</sup> | 0.112 <sup>**</sup> | 0.057 <sup>*</sup>  | 1631.72 <sup>**</sup> |
| Tempo*Inoculação            | 9         | 15102.48 <sup>*</sup>   | 41736.49 <sup>ns</sup>   | 62362.35 <sup>ns</sup>   | 0.0056 <sup>ns</sup> | 0.12 <sup>ns</sup> | 0.009 <sup>**</sup>  | 0.007 <sup>ns</sup> | 0.024 <sup>ns</sup> | 7.71 <sup>ns</sup>    |
| Tempo*Genótipo              | 9         | 21129.37 <sup>**</sup>  | 76775.78 <sup>ns</sup>   | 94068.73 <sup>ns</sup>   | 0.0051 <sup>ns</sup> | 0.30 <sup>*</sup>  | 0.003 <sup>ns</sup>  | 0.010 <sup>ns</sup> | 0.013 <sup>ns</sup> | 14.99 <sup>ns</sup>   |
| Inoculação*Tratamento       | 1         | 4687.50 <sup>ns</sup>   | 328601.00 <sup>*</sup>   | 237140.75 <sup>*</sup>   | 0.0180 <sup>ns</sup> | 0.43 <sup>ns</sup> | 0.003 <sup>ns</sup>  | 0.050 <sup>**</sup> | 0.060 <sup>*</sup>  | 0.03 <sup>ns</sup>    |
| Tempo*Inoculação*Tratamento | 9         | 17958.29 <sup>*</sup>   | 75029.26 <sup>ns</sup>   | 27114.31 <sup>ns</sup>   | 0.0022 <sup>ns</sup> | 0.07 <sup>ns</sup> | 0.001 <sup>ns</sup>  | 0.003 <sup>ns</sup> | 0.003 <sup>ns</sup> | 6.06 <sup>ns</sup>    |

<sup>\*</sup>Significância a 5% de probabilidade.

<sup>\*\*</sup>Significância a 1% de probabilidade.

<sup>ns</sup> Não significância.

Tabela 8 – Análise de variância para as trocas gasosas avaliadas nos quatro tratamentos (planta resistente não inoculada, planta suscetível não inoculada, planta resistente inoculada e planta suscetível inoculada), nos acessos de *Capsicum chinense*. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007

| FV                          | GL | Quadrados          |                      | Médios             |                      |
|-----------------------------|----|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
|                             |    | EVAP               | GS                   | PN                 | CI                   |
| Tempo                       | 7  | 4.69**             | 5698.67**            | 18.55**            | 5388.19**            |
| Inoculação                  | 1  | 9.03**             | 4474.20**            | 1.90 <sup>ns</sup> | 614.59 <sup>ns</sup> |
| Genótipo                    | 1  | 0.69 <sup>ns</sup> | 923.80 <sup>ns</sup> | 2.11 <sup>ns</sup> | 66.17 <sup>ns</sup>  |
| Tempo*Inoculação            | 7  | 0.74**             | 1372.04**            | 4.08**             | 890.50 <sup>ns</sup> |
| Tempo*Genótipo              | 7  | 1.72**             | 3784.25**            | 3.00**             | 844.53 <sup>ns</sup> |
| Inoculação*Tratamento       | 1  | 0.04 <sup>ns</sup> | 0.33 <sup>ns</sup>   | 2.01 <sup>ns</sup> | 4140.94**            |
| Tempo*Inoculação*Tratamento | 7  | 3.51*              | 784.71 <sup>ns</sup> | 1.54 <sup>ns</sup> | 521.40 <sup>ns</sup> |

<sup>\*</sup>Significância a 5% de probabilidade.

<sup>\*\*</sup>Significância a 1% de probabilidade.

<sup>ns</sup> Não significância.

Tabela 9 - Médias obtidas para a variável intensidade de clorofila em dois acessos de *Capsicum chinense* avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007

| Tratamentos                    | 1 <sup>1</sup>       | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7          | 8          | 9        | 10       |
|--------------------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|----------|----------|
| UENF1703<br>(não<br>inoculada) | 28,33Aa <sup>2</sup> | 28,23Aa   | 27,83Aa   | 25,97Aa   | 25,13ABa  | 24,43ABa  | 22,90ABa   | 21,20ABa   | 23,13ABa | 17,27Ba  |
| UENF1785<br>(não<br>inoculada) | 16,03ABCb            | 17,70ABCb | 20,53Ab   | 22,40Aab  | 21,43Aa   | 18,67ABab | 16,33ABCbc | 14,90ABCab | 12,53BCb | 9,83Cb   |
| UENF1703<br>(inoculada)        | 26,30Aa              | 25,70Aa   | 24,60ABab | 23,60ABab | 22,13ABa  | 21,03ABa  | 20,03ABab  | 17,23BCa   | 22,17ABa | 11,53Cab |
| UENF1785<br>(inoculada)        | 18,17ABb             | 18,03ABb  | 19,57Ab   | 17,67ABb  | 14,97ABCb | 13,33ABCb | 11,27BCb   | 10,70BCb   | 9,63Cb   | 7,57Cb   |
| CV(%)                          | 15,59                |           |           |           |           |           |            |            |          |          |

<sup>1</sup> Dias de avaliação após a inoculação com o PepYMV.

<sup>2</sup> Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste de comparação de médias de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 10 – Médias obtidas para a variável Fo em dois acessos de *Capsicum chinense* avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007

| Tratamentos                    | 1 <sup>1</sup>        | 2         | 3        | 4        | 5       | 6         | 7        | 8          | 9        | 10      |
|--------------------------------|-----------------------|-----------|----------|----------|---------|-----------|----------|------------|----------|---------|
| UENF1703<br>(não<br>inoculada) | 528,2BCa <sup>2</sup> | 537,0Bca  | 663,0Ba  | 727,8Ba  | 639,2Ba | 1117,5Ab  | 540,5BCa | 525,8BCab  | 657,0Ba  | 373,7Ca |
| UENF1785<br>(não<br>inoculada) | 482,8BCDa             | 484,5BCDa | 523,7BCa | 569,5BCa | 644,5Ba | 1012,7Ab  | 381,0CDa | 442,7BCDb  | 563,5BCa | 284,0Da |
| UENF1703<br>(inoculada)        | 543,5BCDa             | 576,8BCDa | 693,5BCa | 695,8BCa | 736,5Ba | 1551,2Aa  | 504,2CDa | 557,7BCDab | 742,8Ba  | 398,5Da |
| UENF1785<br>(inoculada)        | 489,3BCDa             | 474,2BCDa | 574,0BCa | 605,7BCa | 641,7Ba | 1032,70Ab | 408,8CDa | 644,3Ba    | 649,5Ba  | 309,5Da |
| CV(%)                          | 14,06                 |           |          |          |         |           |          |            |          |         |

<sup>1</sup> Dias de avaliação após a inoculação com o PepYMV.

<sup>2</sup> Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste de comparação de médias de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 11 – Médias obtidas para a variável Fm em dois acessos de *Capsicum chinense* avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007

| Tratamentos                    | 1 <sup>1</sup>        | 2          | 3          | 4         | 5           | 6         | 7         | 8         | 9          | 10      |
|--------------------------------|-----------------------|------------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|------------|---------|
| UENF1703<br>(não<br>inoculada) | 2142,8Aa <sup>2</sup> | 1951,8ABa  | 2141,2Aa   | 2321,8Aa  | 1348,7BCDab | 2557,17Aa | 1221,5CDa | 1006,3CDa | 143,75BCa  | 737,2Da |
| UENF1785<br>(não<br>inoculada) | 2047,5Ba              | 2099,7Ba   | 2025,7Ba   | 2060,5Ba  | 1689,8BCa   | 3062,8Aa  | 1096,5CDa | 1047,2CDa | 1597,0BCa  | 576,7Da |
| UENF1703<br>(inoculada)        | 2149,3BCa             | 1957,7BCDa | 2247,3ABCa | 2320,3Aba | 1381,3DEFab | 2842,8Aa  | 1061,3EFa | 864,5Fa   | 1600,3CDEa | 760,5Fa |
| UENF1785<br>(inoculada)        | 2067,3ABCa            | 1948,5ABCa | 2189,2ABa  | 1823,7BCa | 1095,2DEb   | 2522,7Aa  | 841,0DEa  | 1117,0DEa | 1417,8CDa  | 507,3Ea |
| CV(%)                          | 15,26                 |            |            |           |             |           |           |           |            |         |

<sup>1</sup> Dias de avaliação após a inoculação com o PepYMV.

<sup>2</sup> Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste de comparação de médias de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 12 – Médias obtidas para a variável Fv em dois acessos de *Capsicum chinense* avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007

| Tratamentos                    | 1 <sup>1</sup>        | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7        | 8        | 9         | 10      |
|--------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|---------|
| UENF1703<br>(não<br>inoculada) | 1614,7Aa <sup>2</sup> | 1414,8Aa  | 1478,2Aa  | 1594,0Aa  | 774,8Bab  | 1439,7Ab  | 681,0Ba  | 480,5Ba  | 780,5Ba   | 363,5Ba |
| UENF1785<br>(não<br>inoculada) | 1564,7ABa             | 1615,2ABa | 1502,0ABa | 1491,0ABa | 1045,3BCa | 2050,2Aa  | 715,5CDa | 604,5CDa | 1033,5BCa | 292,7Da |
| UENF1703<br>(inoculada)        | 1605,8Aa              | 1380,8ABa | 1553,8Aa  | 1624,5Aa  | 644,8Cab  | 1291,7ABb | 557,2Ca  | 306,8Ca  | 857,5BCa  | 362,0Ca |
| UENF1785<br>(inoculada)        | 1577,7Aa              | 1474,3Aa  | 1615,2Aa  | 1218,0ABa | 453,5Cb   | 1490,0Ab  | 432,2Ca  | 472,7Ca  | 768,3BCa  | 197,8Ca |
| CV(%)                          | 20,74                 |           |           |           |           |           |          |          |           |         |

<sup>1</sup> Dias de avaliação após a inoculação com o PepYMV.

<sup>2</sup>Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste de comparação de médias de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 13 – Médias obtidas para a variável qP em dois acessos de *Capsicum chinense* avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007

| Tratamentos                    | 1 <sup>1</sup>       | 2       | 3      | 4       | 5       | 6        | 7        | 8        | 9        | 10      |
|--------------------------------|----------------------|---------|--------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|---------|
| UENF1703<br>(não<br>inoculada) | 0,94ABa <sup>2</sup> | 0,96Aa  | 0,97Aa | 0,93ABa | 0,79BCa | 0,91ABa  | 0,87ABCa | 0,92ABa  | 0,83ABCa | 0,72Ca  |
| UENF1785<br>(não<br>inoculada) | 0,94Aa               | 0,93Aa  | 0,97Aa | 0,96Aa  | 0,77Ba  | 0,93Aa   | 0,90ABa  | 0,92Aa   | 0,89ABa  | 0,75Ba  |
| UENF1703<br>(inoculada)        | 0,93Aa               | 0,95Aa  | 0,96Aa | 0,96Aa  | 0,83ABa | 0,77BCb  | 0,83ABa  | 0,85ABab | 0,84ABa  | 0,64Cab |
| UENF1785<br>(inoculada)        | 0,91ABA              | 0,93ABa | 0,95Aa | 0,94Aa  | 0,80ABa | 0,86ABab | 0,86ABa  | 0,78Bb   | 0,87ABa  | 0,58Cb  |
| CV(%)                          | 6,72                 |         |        |         |         |          |          |          |          |         |

<sup>1</sup> Dias de avaliação após a inoculação com o PepYMV.

<sup>2</sup> Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste de comparação de médias de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 14 – Médias obtidas para a variável qN em dois acessos de *Capsicum chinense* avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007

| Tratamentos                    | 1 <sup>1</sup>       | 2        | 3        | 4         | 5       | 6       | 7       | 8        | 9       | 10        |
|--------------------------------|----------------------|----------|----------|-----------|---------|---------|---------|----------|---------|-----------|
| UENF1703<br>(não<br>inoculada) | 0,20CDa <sup>2</sup> | 0,17Da   | 0,29BCDa | 0,37ABCa  | 0,57Aab | 0,52Aab | 0,47ABa | 0,38ABCa | 0,51Aa  | 0,29BCDb  |
| UENF1785<br>(não<br>inoculada) | 0,08Da               | 0,16BCDa | 0,13CDb  | 0,17BCDb  | 0,41Ab  | 0,42Ab  | 0,36Aa  | 0,33ABa  | 0,40Aa  | 0,30ABCab |
| UENF1703<br>(inoculada)        | 0,22DEa              | 0,16Ea   | 0,31CDEa | 0,29CDEab | 0,58Aa  | 0,63Aa  | 0,52ABa | 0,46ABCa | 0,53ABa | 0,36BCDab |
| UENF1785<br>(inoculada)        | 0,14Ba               | 0,14Ba   | 0,17Bab  | 0,24Bab   | 0,64Aa  | 0,58Aa  | 0,51Aa  | 0,47Aa   | 0,52Aa  | 0,45Aa    |
| CV(%)                          | 20,27                |          |          |           |         |         |         |          |         |           |

<sup>1</sup> Dias de avaliação após a inoculação com o PepYMV.

<sup>2</sup>Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste de comparação de médias de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 15 – Médias obtidas para a variável NPQ em dois acessos de *Capsicum chinense* avaliados quanto à resposta ecofisiológica ao PepYMV. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007

| Tratamentos                    | 1 <sup>1</sup>       | 2       | 3        | 4        | 5       | 6      | 7        | 8        | 9       | 10       |
|--------------------------------|----------------------|---------|----------|----------|---------|--------|----------|----------|---------|----------|
| UENF1703<br>(não<br>inoculada) | 0,18BCa <sup>2</sup> | 0,14Ca  | 0,60ABCa | 0,40ABCa | 0,50Aa  | 0,53Aa | 0,45ABa  | 0,28ABCa | 0,49Aa  | 0,18BCa  |
| UENF1785<br>(não<br>inoculada) | 0,07Ca               | 0,14BCa | 0,12BCa  | 0,14BCb  | 0,45Aa  | 0,44Ab | 0,32ABCa | 0,28ABCa | 0,39ABa | 0,21ABCa |
| UENF1703<br>(inoculada)        | 0,20Ca               | 0,12Ca  | 0,16Ca   | 0,27BCab | 0,54ABa | 0,76Aa | 0,50ABa  | 0,32BCa  | 0,52ABa | 0,25BCa  |
| UENF1785<br>(inoculada)        | 0,12Ca               | 0,12Ca  | 0,12Ca   | 0,22BCab | 0,68Aa  | 0,72Aa | 0,47ABa  | 0,37BCa  | 0,51ABa | 0,32BCa  |
| CV(%)                          | 33,30                |         |          |          |         |        |          |          |         |          |

<sup>1</sup> Dias de avaliação após a inoculação com o PepYMV.

<sup>2</sup>Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste de comparação de médias de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.