

## FISIOLOGIA DO AMADURECIMENTO DE MAMÕES DE VARIEDADES COMERCIALIZADAS NO BRASIL<sup>1</sup>

ANDERSON FERNANDES SOUZA<sup>2</sup>, WILLIAM BATISTA DA SILVA<sup>3</sup>,  
YGOR SOUZA GONÇALVES<sup>4</sup>, MARCELO GOMES DA SILVA<sup>5</sup>,  
JURANDI GONÇALVES DE OLIVEIRA<sup>6</sup>

**RESUMO** - A emissão de etileno, a respiração e as transformações físicas e químicas em mamões da cv Golden e dos híbridos Tainung 01 e UENF/CALIMAN01 (UC01), colhidos no estágio 0 de maturação (fruto maduro com casca 100% verde) e mantidos a 25°C e 80% UR foram avaliados durante a fase de amadurecimento. Os resultados mostram diferenças significativas entre os genótipos, em todas as características avaliadas. O mamão 'Golden' apresentou taxas respiratória e de emissão de etileno bastante superiores às registradas para o Tainung 01 e UC01, indicando climatério característico. O mamão UC01 foi o que manteve a coloração verde de casca por mais tempo e apresentou a menor firmeza do fruto no estágio 0. Os resultados também mostram a relação entre os picos respiratório e de etileno, com a perda de firmeza. Houve aumento no teor de sólidos solúveis (SS) no mamão UC01, não observado nos demais. A acidez titulável (AT) e a razão SS/AT variaram durante o amadurecimento apenas na cv Golden. Os resultados indicam que os três genótipos mais comercializados no Brasil diferem fisiológica e bioquimicamente durante o amadurecimento, com os híbridos Tainung 01 e UC01 mostrando-se mais sensíveis à ação do etileno do que a cv. Golden, o que é importante ao manejo pós-colheita destes frutos.

**Termos para indexação:** *Carica papaya*, emissão de etileno, genótipos de mamoeiro, respiração.

## RIPENING PHYSIOLOGY OF VARIETIES OF PAPAYA COMMERCIALIZED IN BRAZIL

**ABSTRACT** - The emission of ethylene, respiration and physical and chemical changes of papaya Golden cultivar, and of the hybrids Tainung 01 and UENF/CALIMAN01 (UC01), harvested at 0 maturity stage (mature fruit with 100 % green skin) and stored at 25°C and 80% RH have been evaluated during the ripening. The results show significant differences between genotypes in all evaluated traits. The 'Golden' papaya had shown respiratory rates and ethylene emission higher than those recorded for the Tainung 01 and UC01, indicating characteristic climacteric. The papaya UC01 has been the one which kept the green color of the skin for longer time and has shown lower firmness of fruit in 0 maturity stage. The results also show the relationship between the respiratory and ethylene peaks, with loss of firmness. There was an increase in soluble solids (SS) in papaya UC 01, not observed in the others. The titratable acidity (TA) and the ratio SS/TA did vary during ripening only in papaya 'Golden'. The results indicate that the three genotypes more commercialized in Brazil differ physiologically and biochemically during ripening, with hybrids Tainung 01 and UC01 being more sensitive to the action of ethylene than the Golden cultivar, which is important to the postharvest management of these fruits.

**Index terms:** *Carica papaya*, emission of ethylene, papaya genotypes, respiration.

<sup>1</sup>(Trabalho 215-13). Recebido em: 20-05-2013. Aceito para publicação em: 13-02-2014.

<sup>2</sup>MSc, Doutorando em Genética e Melhoramento de Plantas e bolsista CNPq da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, CEP 28013-602. E-mail: [afernandessouza@yahoo.com.br](mailto:afernandessouza@yahoo.com.br)

<sup>3</sup>Mestrando em Produção Vegetal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, CEP 28013-602. E-mail: [williambatistadasilva@gmail.com](mailto:williambatistadasilva@gmail.com)

<sup>4</sup>Graduando em Agronomia e Bolsista de Iniciação Científica da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, CEP 28013-602. E-mail: [ygor.agrouenf@gmail.com](mailto:ygor.agrouenf@gmail.com)

<sup>5</sup>Professor Titular do LCFIS, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, CEP 28013-602. E-mail: [mgs@uenf.br](mailto:mgs@uenf.br)

<sup>6</sup>Professor Associado do LMGV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, CEP 28013-602. E-mail: [jugo@uenf.br](mailto:jugo@uenf.br)

## INTRODUÇÃO

No Brasil, a exploração comercial do mamão está baseada, principalmente, nos genótipos Golden e Tainung 01, que também são os mais exportados. Há cerca de oito anos foi comercialmente lançado o UENF/CALIMAN01 (UC01), o primeiro híbrido nacional, e mais recentemente a variedade Rubi INCAPER 511 (COSTA; PACOVA, 2003; RUGGIERO et al., 2011). Os frutos desses genótipos apresentam características distintas de tamanho, cor da casca e qualidade da polpa.

A cultivar Golden ou Sunrise Golden é uma linhagem originária da seleção massal entre plantas ‘Sunrise Solo’ ocorrida em pomares da empresa Caliman Agrícola SA, no Estado do Espírito Santo. O genótipo Tainung 01 é um híbrido do grupo Formosa, bastante produtivo e com grande aceitação nos mercados brasileiro e americano, e é resultante do cruzamento entre o ‘Sunrise Solo’ e uma seleção de polpa vermelha da Costa Rica. O UC01, também conhecido pelo nome de “Calimosa”, é um híbrido, obtido pelo cruzamento de um progenitor do grupo Solo com outro do grupo Formosa, apresentando várias características peculiares do grupo Formosa (COSTA; PACOVA, 2003).

O mamão, como fruto climatérico, quando colhido fisiologicamente maduro, passa por profundas mudanças na fase de amadurecimento, moduladas pelo etileno (LI et al., 2013). Na fase de amadurecimento, ele apresenta um pico de emissão de etileno, geralmente em concordância com a atividade respiratória máxima (JACOMINO et al., 2002; ONG et al., 2013). Porém, alguns autores já registraram a ocorrência do pico de emissão de etileno não coincidente com a emissão máxima de CO<sub>2</sub> (SILVA et al., 2003; RESENDE et al., 2012), ou mesmo, a ocorrência de mais de um pico de emissão de etileno (FONSECA et al., 2006). Essa falta de padrão no registro do tempo de ocorrência das emissões máximas de etileno e CO<sub>2</sub> no mamão não permite conclusões sobre a relação de causa e efeito entre a produção de etileno e a atividade respiratória.

O aumento nos níveis de produção de etileno desencadeia uma gama de transformações nos frutos, na coloração da casca, na firmeza, na cor e no sabor da polpa (LI et al., 2013). Como molécula gasosa, o etileno difunde-se livremente de uma célula para outra, através das membranas, atuando como ativador de uma cascata de sinais, que está relacionada com a expressão de genes ligados à resistência ao estresse biótico, abiótico e ao amadurecimento (LI et al., 2013; SIVAKUMAR; WALL, 2013). Essa função de coordenação do etileno é reforçada pela

capacidade de estimular sua própria síntese nos frutos climatéricos (GONÇALVES et al., 2013).

A respiração, que pode acompanhar a emissão de etileno, aumenta rapidamente durante o amadurecimento dos frutos climatéricos (OLIVEIRA; VITÓRIA, 2011). A intensidade da atividade respiratória e a ocorrência do pico de emissão de CO<sub>2</sub> dos frutos são dependentes da espécie vegetal e podem variar entre cultivares (KRONGYUT et al., 2011). A respiração, além de gerar energia, na forma de ATP, para a atividade celular, fornece também moléculas orgânicas fundamentais para várias rotas metabólicas (NUNES-NESE et al., 2010).

Considerando a interdependência entre a emissão de etileno e o processo respiratório, e a participação destes nas transformações físicas e químicas que ocorrem na fase de amadurecimento dos frutos climatéricos, a caracterização destes processos, em condição- padrão de armazenamento das principais variedades comercializadas no Brasil é fundamental para a determinação da qualidade dos frutos para o consumo. Essa caracterização, apesar de já ter sido feita em diferentes genótipos, como ‘Golden’, ‘Sunrise Solo’ e ‘Maradol’, entre outros, ainda não foi realizada em condição-padrão para as três cultivares mais comercializadas no Brasil (LAM, 1990; BRON; JACOMINO, 2006; GAYOSSO-GARCÍA et al., 2010). O objetivo deste trabalho foi caracterizar a fisiologia do amadurecimento dos mamões ‘Golden’, Tainung 01 e UC01, em condições de ambiente a 25°C e 80% UR.

## MATERIAL E MÉTODOS

Mamões no estágio 0 (fruto maduro com a casca 100 % verde) foram colhidos em pomar comercial da Empresa Caliman Agrícola SA, localizado no município de Linhares (19°15' S, 39°51'70" W), Espírito Santo, Brasil. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, pertence ao grupo Aw1, apresentando estação chuvosa no verão e seca no inverno, com precipitação média anual de 1.250 mm, temperatura média de 23 °C, com máxima de 30 °C e mínima de 19 °C, e UR de 83,5%. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, coeso e bem drenado, com textura arenosa, fase floresta subperenifolia, relevo plano e suavemente ondulado (platôs litorâneos) (MARINHO et al., 2008).

Os frutos foram transportados em caminhão sob refrigeração (15°C), para a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro acerca de 450 km ou seis horas do local de colheita. Foram utilizados frutos da cultivar Golden e dos híbridos Tainung

01 e UC01 (UENF/CALIMAN 01), selecionados visualmente e com uniformidade no tamanho, forma, peso, maturação e ausência de injúrias e doenças.

Os frutos foram armazenados em câmara refrigerada com cerca de 4 m<sup>3</sup> a 25 °C ± 1°C e 80% ± 5% UR, sendo amostrados com intervalo de dois dias, com exceção dos mamões Tainung 01, que foram avaliados diariamente por até 3 dias após a colheita, quanto à taxa respiratória, com o intuito de evitar a perda do climatério.

A cada amostragem, os frutos também foram analisados quanto à taxa de emissão de etileno, coloração da casca, firmeza do fruto (FF) e da polpa (FP), teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e razão SS/AT. Em cada amostragem, tomaram-se três repetições, com um fruto cada. Para as análises físicas e químicas, as amostragens foram feitas em, pelo menos, três frutos.

A taxa de emissão de etileno foi quantificada com o auxílio de espectrômetro fotoacústico acoplado a um laser de CO<sub>2</sub>. O etileno continuamente emitido pelos frutos foi transferido para a célula fotoacústica, utilizando-se de ar comprimido, como gás de arraste. Foi utilizada a linha de emissão 10P14 (949.479 cm<sup>-1</sup>) do laser de CO<sub>2</sub>, por ser intensamente absorvida pela molécula de etileno. A fim de se remover o CO<sub>2</sub> e os vapores de H<sub>2</sub>O da amostra, foram utilizados, respectivamente, filtros químicos de hidróxido de potássio (KOH) e cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>), em série. Adicionalmente, a amostra gasosa foi passada através de uma “armadilha” tipo “cold-trap” de nitrogênio líquido, para aprisionar as moléculas de água e pequenas moléculas de hidrocarbonetos que eventualmente tenham superado os filtros anteriores. O espectrômetro fotoacústico foi calibrado diariamente, utilizando uma mistura-padrão com 1 ppm de etileno diluído em ar sintético (WHITE MARTINS). Todo o procedimento seguiu o método descrito por Silva et al. (2003), com adaptações de Corrêa et al. (2012).

A quantificação da taxa respiratória foi realizada através da detecção do CO<sub>2</sub> emitido pelos frutos, utilizando-se de um analisador de gases na faixa do infravermelho (URAS14-ABB) conectado ao espectrômetro fotoacústico (SILVA et al., 2003; CORRÊA et al., 2012). O analisador foi conectado ao espectrômetro fotoacústico, em linha e em posição anterior aos filtros de KOH e CaCl<sub>2</sub>. Essa montagem experimental foi realizada para permitir a medição simultânea e em tempo real das emissões de etileno e de CO<sub>2</sub> dos frutos. Ambas as medidas foram realizadas a 25°C, com fluxo constante de 2 L h<sup>-1</sup>, e os resultados, expressos em mL.h<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> e mL.h<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup>, respectivamente para as emissões de etileno e CO<sub>2</sub>,

sempre considerando-se a massa fresca do fruto no momento da análise.

A coloração da casca foi determinada usando-se um colorímetro digital (Minolta, modelo CR-300, Japan) e tomando-se a média de 3 registros efetuados na região equatorial dos frutos, com os resultados expressos em valores de *L\**, *a\** e *b\** e em ângulo de cor ou *hue* (McGUIRRE, 1992).

A firmeza foi obtida utilizando-se de penetrômetro digital (FFT- model 53205, Italy) com ponteira de prova de 8 mm, sendo as medidas realizadas na região equatorial do fruto. A firmeza do fruto (FF) foi obtida a partir de quatro leituras realizadas em pontos equidistantes e diretamente sobre o fruto, sem a retirada da casca. A firmeza da polpa (FP) foi obtida após a tomada da FF e corte do fruto em sua região equatorial, tomando-se quatro leituras equidistantes em cada face, feitas diretamente sobre a polpa. Estes resultados foram expressos em Newton (N).

O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado, usando-se um refratômetro digital (ATAGO, model PR 201, Japan), com leitura direta do suco extraído de amostra da polpa em prensa manual, sendo os resultados expressos em °Brix.

A acidez titulável (AT) foi determinada por titulometria e de acordo com método indicado pelo IAL (2008), sendo os resultados expressos em g de ácido cítrico por 100 g de massa fresca de polpa (g 100 g<sup>-1</sup>MF). Os valores das medidas de SS e AT permitiram calcular a razão SS/AT.

O delineamento estatístico empregado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 4 (3 genótipos e 4 tempos de avaliação), com 3 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F), e as médias, comparadas pelo teste de diferença mínima significativa (LSD), utilizando o programa Statistical Analysis System (SAS) versão 9.0 (SAS, Institute Inc., Cary, NC, USA), em que  $p \leq 0,05$  foi considerado significativo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram diferenças significativas quanto à emissão de etileno entre os genótipos Golden, Tainung 01 e UC01. No mamão ‘Golden’, o pico de emissão de etileno ocorreu no terceiro dia, enquanto no Tainung 01 e no UC01 a emissão máxima foi registrada no segundo e no quinto dias, respectivamente (Figura 1A). A máxima emissão de etileno no mamão ‘Golden’ foi de 2,61 µL.h<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup>, sendo aproximadamente quatro e três vezes superior às emissões máximas dos mamões Tainung 01 (0,67 µL.h<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup>) e UC01 (0,86 µL.h<sup>-1</sup>).

kg<sup>-1</sup>), respectivamente.

Esses resultados diferem dos apresentados por Fonseca et al. (2006) para mamões 'Golden' e 'Sunrise Solo', pois relataram a ocorrência de dois picos de etileno, sendo o primeiro aos três e o segundo aos oito dias após a colheita dos frutos, no estágio 1, até 10% da coloração da casca amarela. Além da ocorrência de mais de um pico, esses autores verificaram menores emissões de etileno, com taxas máximas inferiores a 2,12 mL.h<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup>, e observaram também atraso na ocorrência do pico, pois aqueles frutos foram colhidos em estágio de amadurecimento mais avançado do que aqueles analisados neste trabalho. Como se pode verificar, a emissão de etileno pelo mamão é variável em função do genótipo pois Jacomino et al. (2002) e Krongyut et al. (2011) verificaram, em mamões das cultivares Sunrise Solo, Red Maradol e Kaek Dum, a ocorrência do pico de etileno aos quatro dias após a colheita, enquanto Ong et al. (2013) verificaram, em frutos da variedade Frangi, a ocorrência do pico de etileno aos seis dias após a colheita.

A respiração também diferiu bastante entre os genótipos Golden, Tainung 01 e UC01, seguindo tendência semelhante àquela observada para a emissão de etileno, com o pico respiratório ocorrendo ao mesmo tempo em que foi verificada a máxima emissão de etileno nos genótipos Golden e Tainung 01, enquanto no UC01 a maior taxa respiratória foi verificada no sétimo dia, não diferindo ( $p < 0,05$ ) da registrada no quinto dia (Figura 1B). O pico respiratório do mamão 'Golden' foi de 27,44 mL.h<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup>, enquanto do Tainung 01 foi de 10,60 mL.h<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> e no UC01 foi de 17,31 mL.h<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup>. Assim como o verificado para a emissão de etileno, a taxa respiratória nos frutos do grupo Formosa (Tainung 01) foi menor que nos demais materiais, enquanto no 'Golden', material do grupo Solo, foram verificadas as maiores taxas e, no mamão UC01, níveis intermediários, o qual é formado pela combinação de genitores dos dois grupos heteróticos.

A coincidência no tempo de ocorrência entre os picos de respiração e de etileno, observada neste trabalho, também foi relatada por Fonseca et al. (2006), Krongyut et al. (2011) e Ong et al. (2013). Essa coincidência não é uma resposta-padrão em mamão, como o verificado por Silva et al. (2003), que registraram a ocorrência de um pico respiratório com um dia de atraso em relação ao pico de etileno. Por outro lado, Bron e Jacomino (2006), ao avaliarem mamões 'Golden' em diferentes estágios de maturação, não observaram a ocorrência de climatério característico no padrão respiratório dos frutos. A grande variação de resultados relacionados

às emissões de etileno e de CO<sub>2</sub> pelos frutos das diversas variedades de mamão, encontrada na literatura, reforça a necessidade da caracterização dos principais materiais comercializados no Brasil, quanto às emissões desses gases durante o amadurecimento. Gayosso-García et al. (2010) avaliaram parâmetros fisiológicos e bioquímicos do amadurecimento do mamão 'Maradol' e observaram incremento na emissão de CO<sub>2</sub>, similar à observada neste trabalho durante o amadurecimento do mamão UC01.

Os resultados também mostraram diferenças significativas na coloração da casca entre os três genótipos durante o amadurecimento dos frutos (Tabela 1). O mamão 'Golden' apresentou coloração de casca mais clara, verificada pelos valores mais altos de  $L^*$  em relação aos registrados para o Tainung 01 e UC01, além de maior perda do verde, pelo aumento nos parâmetros  $a^*$  e maior amarelecimento, indicados pelo aumento nos valores de  $a^*$  e  $b^*$ , respectivamente. No primeiro dia após a colheita, a cor da casca dos mamões Tainung 01 e UC01 não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ), registrando valores do ângulo *hue* próximos a 121 °h, enquanto o 'Golden', devido à coloração verde-clara de sua casca, registrou ângulo *hue* de 112,1 °h (Tabela 1). Após sete dias da colheita e durante o amadurecimento, o ângulo de cor decresceu para 100,2 °h no mamão UC01 e para 82,0 e 86,3 °h nos genótipos Golden e Tainung 01. O decréscimo nos valores do ângulo *hue* verificado na casca, representa a mudança de cor de verde para amarela (MC GUIRE, 1992).

A variação da cor verde para a amarela, que ocorre na casca do mamão, é uma das mais características transformações que ocorrem durante o amadurecimento deste fruto (OLIVEIRA; VITÓRIA, 2011). Entre os genótipos avaliados, observou-se que, apesar de o mamão 'Golden' apresentar uma coloração de casca inicialmente verde mais clara, a cor amarelada do fruto, quando completamente maduro, não diferiu da cor de casca do Tainung 01, mas diferiu do UC01. O UC01, que se destacou dos demais por apresentar coloração da casca menos amarelada após sete dias, inicialmente apresentava cor de casca verde e igual à do mamão Tainung 01 (Tabela 1).

Esses resultados estão de acordo com os relatados na literatura e reforçam as diferenças genéticas entre os materiais, sendo que os mamões 'Golden' têm como característica a coloração verde-clara da casca no estágio 0, o que lhes confere maior tolerância à mancha fisiológica, enquanto os mamões Tainung 01 e UC01 são caracterizados pela coloração verde-escura (COSTA; PACOVA, 2003;

OLIVEIRA; VITÓRIA, 2011).

A firmeza é um atributo de qualidade importante, tanto para o manejo dos frutos, quanto para a aceitação pelo consumidor (CUQUEL et al., 2012). De modo geral, observa-se que a firmeza do fruto (FF) e a firmeza da polpa (FP) foram bastante semelhantes entre os genótipos 'Golden' e Tainung 01, e diferiram do UC01 durante o período pós-colheita. No primeiro dia após a colheita, a FF dos genótipos 'Golden' e Tainung 01 foi de cerca de 179 N e 169 N, respectivamente, não diferindo ( $p > 0,05$ ) entre si. Esta firmeza reduziu-se drasticamente entre o primeiro e o terceiro dia após a colheita, seguido de decréscimo menos intenso até o quinto e sétimo dia, quando foi registrado média de 15,5 N para a FF para estes dois genótipos (Figura 2A). No primeiro dia após a colheita, a FF do UC01 foi a menor entre todos os genótipos, com média de 126 N, e sem variação significativa ( $p > 0,05$ ) até o terceiro dia e, então, reduziu-se significativamente até o quinto e estabilidade até o sétimo dia após a colheita, quando foi verificado média de 1,0 N e menor ( $p < 0,05$ ) que o registrado para os outros genótipos. A firmeza da polpa (FP) da 'Golden', no primeiro dia após a colheita, foi de 94,6 N, não diferindo da média registrada para o Tainung 01, que foi de 84,8 N, mas diferindo ( $p < 0,05$ ) do UC01, cuja FP foi de 78,7 N, e sem diferir da FP do Tainung 01 (Figura 2B). Entre o primeiro e o terceiro dia após a colheita, a FP do UC01 não mudou significativamente, reduzindo-se a partir do quinto dia até o sétimo dia após a colheita quando a média foi de apenas 0,4 N. A FP dos genótipos 'Golden' e Tainung 01 decresceu significativamente entre o primeiro e o terceiro dia, quando a média era de 7,1 N, inferior à FP do UC01. Entre o terceiro e o sétimo dia após a colheita, a FP desses genótipos reduziu-se para 1,9 N, não diferindo da FP do mamão UC01.

Os frutos de mamoeiro, no início do processo de amadurecimento, apresentam polpa mais firme, independentemente do material genético e, em parte, devido à maior presença de células do pericarpo bastante compactas, do tipo parenquimáticas em estado túrgido (OLIVEIRA; VITÓRIA, 2011). Estas células vão perdendo essas características com a evolução do amadurecimento do fruto, ocorrendo a solubilização da parede celular e a deposição de substâncias pécticas nos espaços intercelulares (PEREIRA et al., 2009).

A perda de firmeza no mamão está diretamente relacionada à ação de pectinases, responsáveis pela hidrólise de componentes da parede celular, pois enzimas com esta ação, como a pectinametilesterase, a poligalacturonase, as celulases

e outras, como a endoxilânase, as glucanahidrolases e as transglucosidades aumentam a atividade durante a fase de amadurecimento do mamão, com forte participação do etileno na modulação da atividade dessas enzimas (KRONGYUT et al., 2011; INIESTRA-GONZÁLEZ et al., 2013). Os resultados apresentados também indicam forte evidência da ação do etileno e perda na firmeza dos frutos em todos os genótipos, assim como também mostram, de forma bastante clara, que a redução na firmeza foi mais pronunciada após aumento na produção de etileno pelos frutos.

Considerando-se os atributos de qualidade, coloração de casca, FF e FP, como indicadores do processo de amadurecimento do mamão, é possível inferir sobre a mais alta sensibilidade ao etileno apresentada pelo Tainung 01 e UC01, em relação ao 'Golden'. Esta afirmação deve-se ao fato de que, mesmo com níveis de emissão de etileno muito mais baixos que o 'Golden', esses níveis foram suficientes para desencadear as transformações decorrentes do amadurecimento. Sendo o mamão um fruto climatérico e considerando-se a maior sensibilidade do Tainung 01 e do UC01 ao etileno, menores concentrações endógenas desse hormônio já são suficientes para a transição da síntese de etileno do sistema I para a síntese via sistema II, com consequências importantes para o manejo e a vida de prateleira desses genótipos (COSTA et al., 2014).

O teor de SS variou entre os genótipos, com destaque para o Tainung 01 que apresentou as maiores médias (Tabela 2). No primeiro e no terceiro dias após a colheita, o teor de SS foi maior no Tainung 01 que no 'Golden' e não diferiu ( $p > 0,05$ ) do UC01. Estes genótipos não diferiram entre si a partir do quinto dia após a colheita. Não se observaram mudanças significativas nos teores de SS durante o amadurecimento dos frutos, exceto no genótipo UC01, que mostrou aumento entre o primeiro e o quinto dia após a colheita, também observado em mamões da variedade Frangi (ONG et al., 2013). Nos demais genótipos, não houve variações significativas neste teor durante o amadurecimento, como as já verificadas por outros autores (GOMEZ et al., 2002).

O valor médio do teor de SS (11,5 °Brix) verificado nos mamões UC01 esteve bem próximo da média relatada por Costa e Pacova (2003) para esse genótipo, que é de 11,8 °Brix. Esses valores também se assemelham aos resultados apresentados por Fontes et al. (2012), que avaliaram o efeito da adubação NPK em mamões UC01. No entanto, Moraes et al. (2007) avaliaram o híbrido UC01 cultivado no Rio Grande do Norte e encontraram valores médios para os teores de SS de 13,5 °Brix,

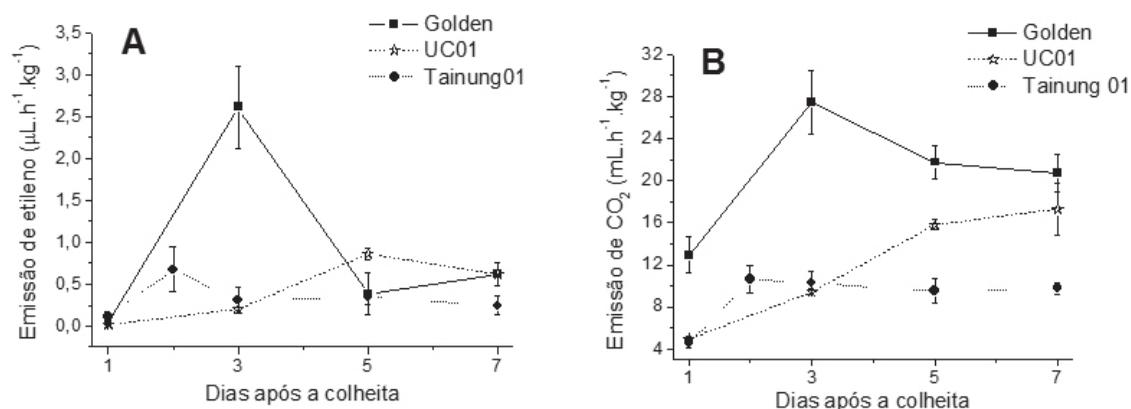
que é maior que os resultados relatados. O teor de SS verificado durante o amadurecimento do mamão Tainung 01 é semelhante aos valores apresentados por Souza et al. (2009), entre 11,7°Brix e 12,2°Brix, e maiores que os valores apresentados por Dias et al. (2011), entre 8,4°Brix e 9,3°Brix, e pouco menores que os de Lima et al. (2009), entre 12,6°Brix e 13,4°Brix, em mamões Tainung 01 adquiridos em diferentes estabelecimentos de Mossoró-RN. Os resultados de SS verificados para os mamões 'Golden' estão de acordo com os encontrados na literatura (CORRÊA et al., 2008; TEZZOTO et al., 2011).

Sabe-se que o mamão não acumula carboidratos de reserva na polpa, o que justifica a pequena variação no teor de SS durante o amadurecimento do fruto colhido (GOMES et al., 2002). Uma fonte de carboidratos utilizados em interconversões, o que pode justificar algum aumento neste teor durante o amadurecimento do mamão colhido, são os carboidratos estruturais de parede celular. A atividade das enzimas que agem sobre os componentes da parede celular, levando ao amaciamento da polpa do mamão, pode fornecer carboidratos mais simples e mesmo outros resíduos solúveis que poderão ser convertidos a açúcares ou fazer parte dos sólidos solúveis acumulados na polpa do fruto colhido em fase de amadurecimento (BRUMMELL, 2006). Estas transformações justificam as mudanças no teor de SS verificadas no UC01 durante o amadurecimento (Tabela 2) e devidas à maior atividade de decomposição de componentes de parede celular, indicada pela menor firmeza desses frutos no primeiro dia após a colheita (Figura 2B). As diferenças observadas nos teores de SS dos frutos, em relação aos níveis registrados na literatura, podem ser justificadas pela diferença no estágio de amadurecimento dos frutos utilizados nos diferentes experimentos, ou ainda por diferenças nas épocas de colheita ou no somatório de calor, ou quantidade de graus-dia acumulados durante a formação dos frutos (BERILLI et al., 2007).

A acidez titulável (AT) seguiu tendência similar à verificada para o teor de SS, observando-se pequena diferença entre os genótipos, entre o primeiro e o terceiro dia após a colheita (Tabela 2). No primeiro dia, o Tainung 01 apresentou a maior AT, enquanto no terceiro dia o destaque ficou por conta da 'Golden'. Não se observou nenhuma tendência marcante de aumento ou redução na AT, ao longo do amadurecimento dos frutos dos genótipos estudados. Os valores verificados foram inferiores aos observados por Fontes et al. (2012), entre 0,15 e 0,37 g 100 g<sup>-1</sup>MF, e de Morais et al. (2007), entre

0,13 e 0,20 g 100 g<sup>-1</sup>MF, mas estão de acordo com os valores apresentados por Oliveira-Jr. et al. (2007), Lima et al. (2009) e Gayosso-García et al. (2010), cuja variação esteve entre 0,05 a 0,11 g 100 g<sup>-1</sup>MF. Na literatura, também há relatos de não alteração na AT durante o amadurecimento do mamão Golden (CORRÊA et al., 2008), ou de aumento em mamões Tainung 01 (PEREIRA et al., 2006). Essa diversidade de resultados pode ser atribuída ao fato de essa variável ser dependente da época de colheita, dos níveis de adubação e do espaçamento, além de estar sujeita às variações de cada material genético na utilização de ácidos orgânicos como substratos do processo respiratório (SOUZA et al., 2009; FONTES et al., 2012).

A razão SS/AT é uma importante variável de qualidade na pós-colheita, pois expressa o equilíbrio entre a doçura e a acidez, representando, em parte, sensação agradável no paladar do consumidor (DIAS et al., 2011). Os valores desta razão nos mamões Tainung 01 e UENF/Caliman 01 (UC01) não apresentaram variação ao longo do amadurecimento, mas no mamão 'Golden' há aumento entre o 3° e 5° dia após a colheita (Tabela 2). Os mamões UC01 apresentaram valores significativamente maiores do que os observados em mamões 'Golden', mas não diferiram dos mamões Tainung 01. Os valores da relação SS/AT observados neste trabalho, nos três genótipos, foram maiores que os relatados por Fontes et al. (2012), com variação entre 32,8 e 78,5, mas inferiores aos resultados apresentados por Souza et al. (2009), que variaram entre 203,11 e 249,87, em mamões Tainung 01. Embora os teores de sólidos solúveis observados neste trabalho sejam relativamente baixos em relação a referências da literatura, a baixa acidez titulável observada propiciou maior percepção de doçura nos três genótipos avaliados.

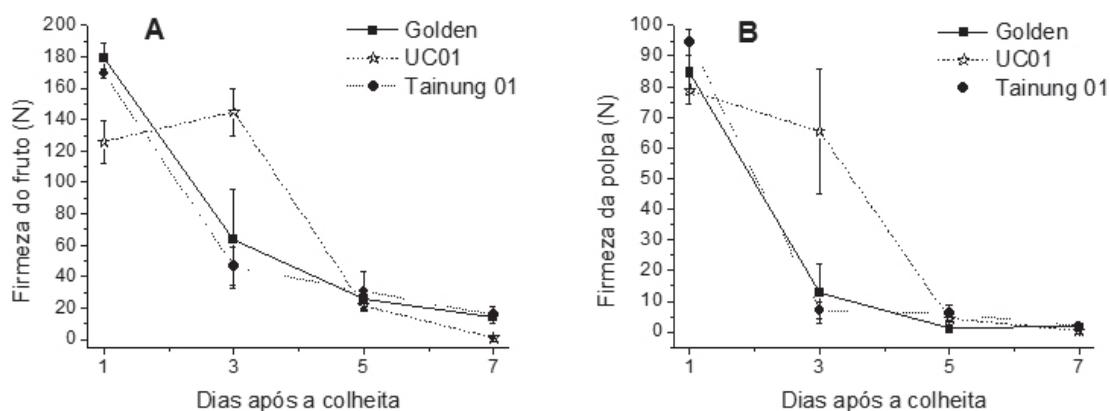


**FIGURA 1** - Emissão de etileno (A) e de CO<sub>2</sub> (B) em mamões 'Golden', Tainung 01 e UC01 em ambiente a 25°C e 80%UR. (Os valores representam a média de 3 repetições, e as barras verticais representam o erro-padrão da média).

**TABELA 1** - Desenvolvimento da coloração de casca em mamões de diferentes genótipos, armazenados em ambiente a 25°C e 80% UR.

Variável	Genótipos	Dias após a colheita			
		1	3	5	7
<i>L*</i>	Golden	57,3 Ca	63,5 Ba	73,3 Aa	71,6 Aa
	Tainung01	40,9 Cb	50,4 ABb	47,0 BCb	55,6 Ab
	UC01	40,2 Bb	42,8 ABc	45,6 ABb	51,4 Ab
<i>a*</i>	Golden	-17,5 Ba	-12,3 Ba	6,2 Aa	9,0 Aa
	Tainung01	-15,4 Ca	-11,7 Ca	-2,0 Bb	3,1 Ab
	UC01	-13,9 Ba	-13,0 Ba	-11,4 Bc	-7,0 Ac
<i>b*</i>	Golden	43,0 Ba	48,3 Ba	63,6 Aa	63,5 Aa
	Tainung01	26,2 Bb	36,3 ABb	34,8 ABb	46,0 Ab
	UC01	22,1 Bb	26,1 Bb	30,3 ABb	38,8 Ab
<i>hue</i>	Golden	112,1 Ab	104,3 Bb	84,4 Cb	82,0 Cc
	Tainung01	120,7 Aa	107,8 Bab	93,4 Cb	86,3 Db
	UC01	122,1 Aa	116,5 ABa	110,8 Ba	100,2 Ca

Médias seguidas de, pelo menos, uma letra comum, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) entre si. (Cada valor representa a média de 3 repetições).



**FIGURA 2** – Firmeza do fruto (A) e da polpa (B) em mamões ‘Golden’, Tainung 01 e UC01, em ambiente a 25°C e 80% UR. (Os valores representam a média de 3 repetições, e as barras verticais representam o erro-padrão da média).

**TABELA 2** - Teores de sólidos solúveis (SS) e de acidez titulável (AT) e da relação SS/AT em mamões de diferentes genótipos, armazenados a 25°C e 80% UR.

Características químicas	Genótipos	Dias após a colheita			
		1	3	5	7
SS (°Brix)	Golden	10,1 Ab	10,5 Ab	11,0 Aa	11,7 Aa
	Tainung01	12,4 Aa	12,2 Aa	12,8 Aa	11,4 Aa
	UC01	10,6 Bab	12,1 ABab	12,5 Aa	11,7 ABa
AT (g 100g <sup>-1</sup> )	Golden	0,08 Bb	0,11 Aa	0,07 Ba	0,09 Ba
	Tainung01	0,09 Aa	0,07 Ab	0,07 Aa	0,06 Aa
	UC01	0,05 Ac	0,07 Ab	0,07 Aa	0,06 Aa
Razão SS/AT	Golden	126,3 Bb	95,5 Cb	157,1 Aa	130,0 ABa
	Tainung01	137,8 Ab	174,3 Aa	182,9 Aa	190,0 Aa
	UC01	212,0 Aa	172,9 Aa	178,6 Aa	195,0 Aa

Médias seguidas de, pelo menos, uma letra comum, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) entre si. (Cada valor representa a média de 3 repetições).

## CONCLUSÕES

1-Em condições de ambiente a 25°C e 85% UR, o mamão 'Golden' apresenta taxas respiratórias e de emissão de etileno bastante maiores que as registradas para o Tainung 01 e UC01.

2-Os genótipos Tainung 01 e UC01 mostram-se mais sensíveis à ação do etileno do que a 'Golden', o que deve ser levado em consideração no manejo pós-colheita de seus frutos.

3-Considerando a firmeza como indicador de qualidade dos frutos, a vida-útil dos mamões 'Golden' e Tainung 01 é de aproximadamente três dias após a colheita, enquanto nos mamões UC01 é de cinco dias após a colheita.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à FAPERJ, pelas bolsas de estudo, de pesquisa e auxílio financeiro, e à Caliman Agrícola S. A., pelo fornecimento dos frutos.

## REFERÊNCIAS

- BERILLI, S.S.; OLIVEIRA, J.G.; MARINHO, A.B.; LYRA, G.B.; SOUZA, E.F.; VIANA, A.P.; BERNARDO, S.; PEREIRA, M.G. Avaliação da taxa de crescimento de frutos de mamão (*Carica papaya* L.) em função das épocas do ano e graus-dia acumulados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 11-14, 2007.
- BRON, I. U.; JACOMINO, A. P. Ripening and quality of 'Golden' papaya fruit harvested at different maturity stages. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 3, p. 389-396, 2006.
- BRUMMELL, D. A. Cell wall disassembly in ripening fruit. **Functional Plant Biology**, Collingwood, v.33, p.103-119, 2006.
- CORRÊA, S.F.; OLIVEIRA, J.G.; SANTOS, W.C.; SOUZA, A.F.; VARGAS, H.; SILVA, M.G.; MIKLOS, A. Application of the photoacoustic spectroscopy in the monitoring emission of C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> in passion fruit stored under different atmospheres. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.934, p.125-132, 2012.
- CORRÊA, S. F.; SOUZA, M. S.; PEREIRA, T.; ALVES, G. V. L.; OLIVEIRA, J. G.; SILVA, M. G.; VARGAS, H. Determination of thermal diffusivity in papaya pulp as a function of maturation stage. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.611-615, 2008.
- COSTA, A. F. S.; PACOVA, B. E. V. Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. In: MARTINS, D. S.; COSTA, A. F.S. (Ed.). **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória: INCAPER, 2003. p.59-102.
- COSTA, F.; CAPPELLIN, L.; FARNETI, B.; TADIELLO, A.; ROMANO, A.; SOUKOULIS, C.; SANSVINI, S.; VELASCO, R.; BIASIOLI, F. Advances in QTL mapping for ethylene production in apple (*Malus x domestica* Borkh.), **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.87, p.126-132, 2014.
- CUQUEL, F. L.; OLIVEIRA, C. F. S.; LAVORANTI, O. J. Sensory profile of eleven peach cultivars. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.32, n.1, p.70-75, 2012.
- DIAS, T. C.; MOTA, W. F.; OTONI, B. S.; MIZOBUTSI, G. P.; SANTOS, M. G. P. Conservação pós-colheita de mamão formosa com filme de PVC e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.2, p.666-670, 2011.
- FONSECA, M. J. O.; LEAL, N. R.; CENCI, S. A.; CECON, P. R.; BRESSAN-SMITH, R. E.; SOARES, A. G. Emissão de etileno e de CO<sub>2</sub> em mamão 'Sunrise Solo' e 'Golden'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.322-324, 2006.
- FONTES, R. V.; VIANA, A. P.; PEREIRA, M. G.; OLIVEIRA, J. G.; VIEIRA, H. D. Manejo da cultura do híbrido de mamoeiro (*Carica papaya* L.) do grupo 'formosa' UENF/CALIMAN - 01 para melhoria na qualidade do fruto com menor aplicação de adubação NPK. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.1, p.143-151, 2012.
- GAYOSSO-GARCÍA, L.; YAHIA, E.; MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. Effect of maturity stage of papaya Maradol on physiological and biochemical parameters. **American Journal of Agricultural and Biological**, New York, v.5, n.2, p.194-203, 2010.

- GOMEZ, M. L. P. A.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Evolution of soluble sugars during ripening of papaya fruit and its relation to sweet taste. **Journal of Food Science**, Chicago, v.67, p.442-447, 2002.
- GONÇALVES, C. X.; TIECHER, A.; CHAVES, F. C.; NORA, L.; ZHENGGUO, L.; LATCHÉ, A.; PECH, J. C.; ROMBALDI, C. V. Putative role of cytokinin in differential ethylene response of two lines of antisense ACC oxidase cantaloupe melons. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.86, p.511-519, 2013.
- IAL - Instituto Adolfo Lutz. Conservas vegetais, frutas e produtos de frutas. In: IAL- Instituto Adolfo Lutz (Ed.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo, 2008. p.571-591.
- INIESTRA-GONZÁLEZ, J. J.; LINO-LÓPEZ, G. J.; PAULL, R. E.; DE LA ROSA, A. P. B.; MANCILLA-MARGALLI, N. A.; SAÑUDO-BARAJAS, A. J.; IBARRA-JUNQUERA, V.; CHEN, N. J.; HERNÁNDEZ-VELASCO, M. Á.; OSUNA-CASTRO, J. A. Papaya endoxylanase biochemical characterization and isoforms expressed during fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.81, p.13-22, 2013.
- JACOMINO, A. P.; KLUGE, R. A.; BRACKMANN, A.; CASTRO, P. R. D. C. Ripening and senescence of papaya with 1-methylcyclopropene. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.2, p.303-308, 2002.
- KRONGYUT, W.; SRILAONG, V.; UTHAIRATANAKIJ, A.; WONGS-AREE, C.; ESGUERRA, E. B.; KANLAYANARAT, S. Physiological changes and cell wall degradation in papaya fruits cv. 'Kaek Dum' and 'Red Maradol' treated with 1- methylecyclopropene. **International Food Research Journal**, Selangor, v.18, n.4, p.1.251-1.259, 2011.
- LAM, P. F. Respiration rate, ethylene production and skin color change of papaya at different temperatures. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.269, p.257-266, 1990.
- LI, X.; ZHU, X.; MAO, J.; ZOU, Y.; FU, D.; CHEN, W.; LU, W. Isolation and characterization of ethylene response factor family genes during development, ethylene regulation and stress treatments in papaya fruit. **Plant Physiology and Biochemistry**, Amsterdam, v.70, p.81-92, 2013.
- LIMA, L. M.; MORAIS, P. L. D.; MEDEIROS, É. V.; MENDONÇA, V.; XAVIER, I. F.; LEITE, G. A. Qualidade pós-colheita do mamão formosa 'Tainung 01' comercializado em diferentes estabelecimentos no município de Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.3, p.902-906, 2009.
- MARINHO, A. B.; BERNARDO, S.; SOUSA, E. F.; PEREIRA, M. G.; MONNERAT, P. H. Produtividade e qualidade de frutos de mamão cultivar 'Golden' sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio no norte do Espírito Santo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.417-426, 2008.
- McGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.12, p.1254-1255, 1992.
- MORAIS, P. L. D.; SILVA, G. G.; MENEZES, J. B.; MAIA, F. E. N.; DANTAS, D. J.; SALES JÚNIOR, R. Pós-colheita de mamão híbrido UENF/CALIMAN 01 cultivado no Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.666-670, 2007.
- NUNES-NESE, A.; FERNIE, A. R.; STITT, M. Metabolic and signaling aspects underpinning the regulation of plant carbon nitrogen interactions. **Molecular Plant**, Shanghai, v.3, n.6, p.973-996, 2010.
- OLIVEIRA, J. G.; VITORIA, A. P. Papaya: nutritional and pharmacological characterization, and quality loss due to physiological disorders. An overview. **Food Research International**, Amsterdam, v.44, n.5, p.1306-1313, 2011.
- OLIVEIRA-JR., L. F. G.; CARLOS, L. A.; CORDEIRO, C. A. M.; COELHO, E. M.; ARAÚJO, T. R. Qualidade de mamão 'Golden' minimamente processado armazenado em diferentes temperaturas. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.8, n.3, p.219-224, 2007.
- ONG, M. K.; FORNEY, C. F.; ALDERSON, P. G.; ALI, A. Postharvest profile of a Solo variety 'Frangi' during ripening at ambient temperature. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.160, p.12-19, 2013.
- PEREIRA, M. E. C.; SILVA, A. S.; BISPO, A. S. R.; SANTOS, D. B.; SANTOS, S. B.; SANTOS, V. J. Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.6, p.1116-1119, 2006.

- PEREIRA, T.; ALMEIDA, P.S.G.; AZEVEDO, I.G.; CUNHA, M.; OLIVEIRA, J.G.; SILVA, M.G.; VARGAS, H. Gas diffusion in 'Golden' papaya fruit at different maturity stages. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.54, p.123-130, 2009.
- RESENDE, E. C. O.; MARTINS, P. F.; AZEVEDO, R. A. D.; JACOMINO, A. P.; BRON, I. U. Oxidative processes during 'Golden' papaya fruit ripening. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.24, n.2, p.85-94, 2012.
- RUGGIERO, C.; MARIN, S. L. D.; DURIGAN, J. F. Mamão, uma história de sucesso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, p.76-82, 2011. número especial
- SILVA, M. G.; SAINTS, E.; SHEL, M. S.; CARDOSO, S. L.; CAVALLI, A.; OLIVEIRA, J. G.; PEREIRA, M. G.; VARGAS, H. Effect of heat treatment on ethylene and CO<sub>2</sub> emissions rates during papaya (*Carica papaya* L.) fruit ripening. **Review of Scientific Instruments**, Melville, v.74, p.703-706, 2003.
- SIVAKUMAR, D.; WALL, M. M. Papaya fruit quality management during the postharvest supply chain. **Food Reviews International**, Philadelphia, v.29, n.1, p.24-48, 2013.
- SOUZA, T. V.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. S.; LEDO, C. A. S. Avaliação física e química de frutos de mamoeiro 'Tainung n°1', fertirrigado com diferentes combinações de fontes nitrogenadas. **Agrária**, Recife, v.4, n.2, p.179-184, 2009.
- TEZOTTO, J. V.; JACOMINO, A. P.; GODOY, A. E.; PEREIRA, E. C. C.; GALON, C. Z. Efeito do corte como dano mecânico na qualidade e na fisiologia de mamões 'Golden'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, p.241-247, 2011. Número especial.